

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL**  
**FACULTAD REGIONAL VILLA MARÍA**  
***INGENIERÍA QUÍMICA***

*Obtención de almidón acetilado a partir de  
afrechillo de arroz*

Alumnas:

Pairetti, Yuliana

Villalba Césere, Ariela Zoé

Director:

Mg.Ing. Baccifava, Rubén Luis

2022

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Firma de las alumnas:

Pairetti Yuliana: .....

Villalba Césere Ariela Zoé: .....

Aceptado por la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional  
Villa María el día ..... del mes ..... del año .....

**APROBADA POR SU CONTENIDO Y ESTILO.**

Presidente del Tribunal: .....

Primer Miembro Vocal: .....

Segundo Miembro Vocal: .....

Nota final de aprobación: ..... .....

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

## AGRADECIMIENTOS

A la realización de este proyecto final de grado han contribuido directa o indirectamente muchas personas, algunas de las cuales queremos mencionar especialmente:

- ✓ A los Ingenieros Rubén Baccifava y Luciano Cesarini quienes fueron nuestros guías y supervisores a lo largo de estos meses.
- ✓ Destacamos afectuosamente la ayuda del Ingeniero Miguel Rosa quien siempre se mostró predispuesto a nuestras solicitudes.
- ✓ Al Ingeniero Hugo Dellavedova, Ingeniero Daniel Gilli, Ingeniera Noelia Vanden Braber e Ingeniera Paula Sarmiento quienes atendieron a nuestras consultas repetidas veces contribuyendo de forma positiva a la realización del proyecto.
- ✓ A Santiago Andrés Carrera, Oficina de Empleo Villaguay, y Carlos Díaz, director del Parque Nacional Villaguay quienes han proporcionado constantemente sugerencias muy valiosas y reales sobre la localización de dicho proyecto.
- ✓ A nuestras familias, amigos y compañeros que de forma desmedida nos brindaron su apoyo incondicional desde el primer día que comenzamos a vivir esta experiencia.

Fue un placer cerrar esta etapa con la realización de este proyecto final de grado que nos acerca un poco a la realidad de nuestros futuros trabajos, esperamos haber tenido la sabiduría y el criterio en todo momento de haber acertado.

Por ultimo y no menos importante un agradecimiento especial a nuestra prestigiosa Universidad Tecnológica Nacional por brindarnos un espacio y los conocimientos necesarios para poder ejercernos hoy en día como profesionales, a la calidad técnica y humana que dispone de su entusiasmo por incrementar la enseñanza.

**Hoy no solo nos llevamos un título, sino la experiencia y la felicidad de haber sido parte.**

*Yuliana y Ariela*

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

## RESUMEN

El siguiente proyecto se basa en el estudio técnico-económico con objetivo de evaluar la factibilidad de instalar una planta dedicada a la producción de almidón acetilado a partir de afrechillo de arroz. Involucra el estudio de mercado, que brinda información acerca de los consumidores potenciales del producto, la descripción de las distintas opciones viables de producción y posterior selección del proceso más apto para su elaboración. Además, se realiza un análisis de indicadores económicos financieros que determinan la viabilidad del proyecto e influyen al momento de instalar la planta en Entre Ríos, Argentina. Es necesario realizar, por otra parte, los balances de masa y energía que son utilizados como entrada para el diseño y adopción óptima de los equipos involucrados.

El almidón acetilado es un producto de calidad alimenticia ampliamente requerido para el uso como espesante, agente de recubrimiento, estabilizante y otras aplicaciones. Debido a la eficiencia de los secadores utilizados posee una concentración final del 88% por lo que se recomienda la acreditación de certificaciones de calidad e inocuidad alimentaria.

La modificación química por esterificación utilizando anhídrido acético como agente modificante, es el método que se elige y se detalla en el presente proyecto final de grado.

**Palabras claves:** almidón, acetilación, afrechillo de arroz.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Índice

AGRADECIMIENTOS.....	3
Listado de Abreviaturas .....	15
1 Fundamentos y objetivos .....	20
1.1 Generalidades del proyecto .....	20
1.2 Objetivos generales .....	20
1.3 Objetivos específicos.....	20
2 Descripción del producto, propiedades y usos, materias primas e insumos.....	23
2.1 Descripción de los insumos y materias primas .....	23
2.1.1 Arroz.....	23
2.1.2 Afrechillo de arroz.....	27
2.1.3 Anhídrido acético .....	29
2.1.4 Hidróxido de sodio .....	31
2.1.5 Ácido clorhídrico .....	33
2.1.6 Agua .....	35
2.2 Descripción del producto .....	37
2.2.1 Almidón .....	37
2.2.2 Almidón nativo .....	39
2.2.3 Almidón acetilado .....	40
3 Estudio de mercado.....	43
3.1 Análisis del producto.....	43
3.1.1 Mercado mundial y nacional .....	43
3.1.2 Importaciones .....	44
3.1.3 Exportaciones.....	44
3.1.4 Precio .....	45
3.2 Análisis de materias primas .....	45
3.2.1 Arroz.....	45
3.2.2 Afrechillo de arroz.....	47
3.2.3 Hidróxido de sodio (NaOH).....	48
3.2.4 Ácido clorhídrico (HCl).....	50
3.2.5 Anhídrido acético ((CH <sub>3</sub> CO) <sub>2</sub> O).....	50
3.3 Análisis de producto intermedio .....	51
3.3.1 Almidón nativo .....	51

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

3.4	Análisis de subproductos .....	53
3.4.1	Alimento balanceado .....	53
3.5	Análisis de la demanda insatisfecha .....	53
3.6	Análisis FODA .....	55
3.6.1	Definiciones .....	55
4	Capacidad de la planta .....	58
4.1	Introducción .....	58
4.2	Proyección a 10 años de la demanda de almidón acetilado.....	58
4.3	Producción óptima en función de la demanda .....	59
4.4	Requerimiento de materias primas e insumo .....	60
5	Localización .....	63
5.1	Macro localización .....	63
5.1.1	Disponibilidad de materia prima.....	63
5.1.2	Disponibilidad de mercado o zonas de consumo .....	64
5.1.3	Disponibilidad de transporte .....	66
5.1.4	Disponibilidad de parques industriales.....	69
5.1.5	Disponibilidad de mano de obra.....	71
5.1.6	Disponibilidad de calidad de vida.....	73
5.1.7	Análisis ponderado .....	75
5.2	Micro localización .....	76
5.2.1	Análisis ponderado .....	77
5.2.2	Parque Industrial Villaguay .....	78
6	Descripción y selección del proceso de producción .....	82
6.1	Introducción .....	82
6.2	Descripción breve del proceso.....	82
6.2.1	Obtención de almidón nativo .....	82
6.2.2	Obtención de almidón acetilado.....	84
6.2.3	Obtención de subproducto para alimentación ganadera .....	86
6.3	Diagrama de flujo general.....	87
7	Balance de masa y de energía .....	90
7.1	Introducción .....	90
7.2	Balances de masa y energía .....	92

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

7.2.1	Sección 100 - Obtención de almidón nativo .....	92
7.2.2	Sección 200 – Obtención de almidón acetilado .....	101
7.2.3	Sección 300 – Obtención de subproducto para alimentación ganadera .....	108
7.3	Adopción de bombas de proceso.....	111
7.4	Resumen final de producción .....	118
8	Diseño y adopción de equipos .....	120
8.1	Introducción.....	120
8.2	Consideraciones.....	121
8.3	Recepción y almacenamiento de materias primas, insumos y producto final .....	122
8.3.1	Tanque de almacenamiento de solución NaOH al 46% TA-1 .....	122
8.3.2	Tanque de almacenamiento de solución de HCl al 34% TA-2.....	122
8.3.3	Silo de almacenamiento de afrechillo de arroz SA-1 .....	123
8.3.4	Silo de almacenamiento de almidón acetilado SA-2.....	123
8.3.5	Silo de almacenamiento de producto para alimentación ganadera SA-3.....	124
8.4	Preparación solución de NaOH al 0,4% T-1.....	124
8.5	Remojo ME-1.....	127
8.6	Premolienda y separación de germen.....	127
8.6.1	Molino de martillo M-1 .....	127
8.6.2	Mezcladora y amasadora de pasta ME-2 .....	128
8.6.3	Tanque de almacenamiento de agua TA-4.....	128
8.6.4	Hidrociclón HC-1 .....	129
8.6.5	Consideraciones: .....	129
8.7	Molienda húmeda M-2 .....	131
8.8	Separación y lavado de fibra C-1 .....	131
8.9	Preconcentración C-2 .....	133
8.10	Reacción .....	134
8.10.1	Reactor R-1.....	134
8.10.2	Tanque agitado para preparación de solución de HCl al 0,5 M T-2 .....	137
8.11	Concentración C-3.....	139
8.12	Secado S-1.....	140
8.13	Molienda y tamizado M-3.....	140
8.14	Mezclado subproducto T-3 .....	141
8.15	Centrifugación C-4.....	143
8.16	Secado subproducto S-2 .....	143
9	Servicios auxiliares .....	145

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

9.1	Introducción .....	145
9.2	Agua .....	145
9.2.1	Tratamiento de agua para caldera .....	147
9.2.2	Bombas para el transporte de agua fría.....	148
9.2.3	Vapor.....	150
9.2.4	Diagrama de abastecimiento de vapor.....	152
9.2.5	Dimensiones de las tuberías de distribución de vapor .....	152
9.3	Gas natural.....	153
10	Introducción .....	155
10.1	Principios higiénicos de las materias primas y productos terminados .....	155
10.1.1	Almacenamiento y transporte de materias primas y productos terminados...	155
10.2	Condiciones generales de las instalaciones.....	156
10.2.1	Instalaciones.....	156
10.2.2	Ventilación.....	157
10.2.3	Almacenamiento de residuos y materiales no comestibles .....	158
10.2.4	Abastecimiento de agua .....	158
10.2.5	Instalaciones sanitarias .....	158
10.2.6	Estación de lavado de manos.....	159
10.3	Equipos y utensilios .....	159
10.3.1	Materiales.....	159
10.3.2	Diseño, construcción y mantenimiento.....	159
10.4	Requisitos de higiene del establecimiento .....	160
10.4.1	Conservación.....	160
10.4.2	Limpieza y desinfección.....	160
10.4.3	Programa de limpieza y desinfección .....	160
10.4.4	Sistema de control de plagas.....	161
10.4.5	Almacenamiento de sustancias peligrosas .....	161
10.5	Higiene de personal y requisitos sanitarios .....	161
10.5.1	Capacitación sobre higiene.....	161
10.5.2	Higiene del personal.....	162
10.5.3	Estado de salud y heridas.....	163
10.6	Requerimientos de higiene en la elaboración .....	163
10.6.1	Control de materias primas e insumos.....	163



# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

10.6.2	Sistema de control proceso productivo .....	164
10.6.3	Control producto terminado .....	164
10.7	Planillas de control.....	168
10.8	Trazabilidad e información al consumidor.....	169
10.9	Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control .....	169
10.9.1	Identificación de los peligros, análisis de riesgos y determinación de las medidas para su control.....	169
10.9.2	Identificación de los puntos críticos .....	171
10.9.3	Límites críticos para cada punto crítico.....	172
10.9.4	Procedimientos de vigilancia y control .....	172
10.9.5	Medidas correctivas que deberán tomarse en cada caso .....	172
11	Control automático de procesos.....	178
11.1	Introducción.....	178
11.2	Control automático de procesos .....	178
11.3	Automatización de R-1 .....	179
11.3.1	Secuencia de arranque.....	179
11.3.2	P&ID.....	181
11.4	Hoja de especificaciones .....	181
11.4.1	Transmisores de caudal .....	181
11.4.2	Válvulas multigiro de globo.....	183
11.4.3	Interruptor de nivel.....	185
11.4.4	Transmisor de nivel .....	186
11.4.5	Transmisor de temperatura.....	187
11.4.6	Transmisor de pH.....	189
12	Obras Civiles.....	192
12.1	Introducción.....	192
12.2	Ubicación.....	192
12.3	Descripción detallada de los edificios .....	193
12.3.1	Edificio 1 - Portería .....	193
12.3.2	Edificio 2 - Estacionamiento.....	193
12.3.3	Edificio 3 - Administración.....	194
12.3.4	Edificio 4 – Comedor .....	197
12.3.5	Edificio 5 - Baños y Vestuarios .....	198
12.3.6	Edificio 6 – Laboratorio .....	199

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

12.3.7	Edificio 7 – Oficina supervisor.....	200
12.3.8	Edificio 8 – Mantenimiento.....	200
12.3.9	Edificio 9 – Depósito.....	201
12.3.10	Edificio 11 - Producción producto principal.....	202
12.3.11	Edificio 10 – Producción de subproducto .....	203
12.4	Almacenamiento y servicios auxiliares.....	203
13	Instalaciones eléctricas .....	206
13.1	Introducción.....	206
13.2	Elementos de la instalación eléctrica.....	206
13.2.1	Transformador.....	206
13.2.2	Tableros .....	208
13.2.3	Generador de emergencia.....	209
13.2.4	Conductores eléctricos .....	210
13.2.5	Iluminación .....	211
13.2.6	Tomacorrientes.....	212
13.2.7	Puesta a tierra .....	213
13.3	Requerimientos de energía eléctrica.....	215
13.3.1	Iluminación .....	215
13.3.2	Cálculo de la fuerza motriz .....	219
14	Higiene y seguridad.....	223
14.1	Marco legal.....	223
14.2	Higiene y seguridad en el establecimiento.....	223
14.2.1	Sanidad industrial .....	223
14.2.2	Medicina del trabajo.....	231
14.2.3	Instalaciones eléctricas.....	232
14.2.4	Ventilación.....	232
14.2.5	Seguridad contra incendios .....	232
14.2.6	Protección personal .....	240
14.2.7	Manipulación de sustancias químicas.....	242
14.2.8	Seguridad en la señalización de la planta.....	242
15	Organización industrial.....	249
15.1	Introducción.....	249
15.2	Naturaleza jurídica.....	249

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

15.2.1	Ventajas .....	249
15.2.2	Desventajas.....	250
15.3	Estructura organizativa .....	250
15.3.1	Organización jerárquica.....	250
15.4	Organización de la empresa .....	252
15.5	Descripción de los departamentos y puestos de trabajo .....	255
15.5.1	Gerencia.....	255
15.5.2	Departamento de producción.....	256
15.5.3	Departamento de administración .....	258
15.5.4	Departamento de ventas y logística.....	260
15.5.5	Departamento de compras .....	261
15.5.6	Departamento de calidad, diseño y desarrollo .....	262
15.5.7	Departamento de RRHH.....	263
15.5.8	Departamento de mantenimiento.....	263
15.6	Plan de trabajo .....	265
16	Tratamiento de efluentes.....	268
16.1	Introducción .....	268
16.2	Definiciones .....	268
16.3	Tipos de tratamiento de efluentes.....	270
16.4	Normativa sobre el vertido de efluentes.....	270
16.5	Caracterización de los efluentes de planta .....	274
16.6	Determinación del método de tratamiento de efluentes .....	275
17	Estudio económico financiero.....	277
17.1	Introducción .....	277
17.2	Inversiones .....	277
17.2.1	Activos fijos .....	277
17.2.2	Activos nominales.....	283
17.2.3	Capital de trabajo .....	285
17.2.4	Inversión total necesaria.....	285
17.3	Costos de producción .....	286
17.3.1	Costos directos.....	287
17.3.2	Costos indirectos .....	289
17.3.3	Costo total de producción .....	290

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

17.4	Financiación del proyecto .....	292
17.5	Gastos fijos, variables y ventas.....	293
17.6	Costo unitario .....	295
17.6.1	Ingreso por ventas .....	295
17.7	Evaluación económica del proyecto.....	297
17.7.1	Estado de resultados .....	297
17.7.2	Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR).....	299
17.7.3	Criterios de evaluación .....	299
17.7.4	Valor actual neto (VAN) .....	299
17.7.5	Tasa interna de retorno (TIR) .....	300
17.7.6	Período de recuperación de la inversión (PRI).....	300
17.7.7	Análisis de sensibilidad.....	301
17.8	Resumen del estudio económico financiero.....	302
18	Conclusiones.....	303
19	Bibliografía .....	304
20	Anexo 1: Control de Calidad.....	307
	POES-01 Limpieza y desinfección de pisos .....	307
	POES-02 Limpieza y desinfección de manos .....	308
	Técnica de titulación ácido – base para la determinación de concentración de NaOH (T – 01 – MP). .....	309
	Técnica de titulación ácido – base para la determinación de concentración de HCl (T – 02 – MP ). .....	309
	Técnica de determinación del grado de pureza de un compuesto mediante cromatografía gaseosa (T – 03 – MP).....	310
	Técnica de determinación de la densidad (T – 04 – MP).....	311
	Técnica para la determinación de humedad por termobalanza (T – 05 – MP;T – 01 – PT) .....	312
	Técnica para determinación de porcentaje de grasas mediante extracción tras una hidrólisis previa (T – 02 – PT) .....	313
	Técnica para la determinación de anhídrido sulfuroso (T – 03 – PT).....	314
	Técnica para la determinación de % de grupos acetilo (T – 04 – PT).....	314
21	Anexo 2: Higiene y seguridad.....	317
	Fichas técnicas de datos de seguridad .....	317
22	Anexo 3: Planimetría.....	326

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

22.1	Plano 1: Distribución general de la planta .....	326
22.2	Plano 2: Distribución de equipos.....	326
22.3	Plano 3: Elevaciones .....	326
22.4	Plano 4: Servicios Auxiliares e Instalaciones eléctricas .....	326
22.5	Plano 5: Isométrico .....	326
22.6	Plano 6: Flowsheet .....	326
22.7	Plano 7: Equipo diseñado y automatizado R-1 .....	326
22.8	Plano 8: Equipo diseñado HC-1 .....	326



# LISTADO DE ABREVIATURAS

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

**Listado de Abreviaturas**

A: ampere  
AAz: Afrechillo de arroz.  
AFIP: Administradora Federal de Ingresos Públicos  
AOAC: Association of Official Agricultural Chemists  
AS: Análisis de Sensibilidad  
ASTM: American Society for Testing and Materials  
BO: Boletín Oficial  
CAA: Código Alimentario Argentino  
CABA: Ciudad Autónoma de Buenos Aires  
CAFAGDA: Cámara Argentina de Fabricantes de Almidones, Glucosa, Derivados y Afines.  
cm: centímetro  
cm<sup>2</sup>: centímetro cuadrado  
cm<sup>3</sup>: centímetro cúbico  
Co. Ltd.: Sociedad Anónima de Responsabilidad Limitada.  
Cp: Calor específico  
DIN: Instituto Alemán para la Normalización  
EM: Energía Metabolizable  
EPP: Elemento de Protección Personal  
FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.  
FDA: Administración de Medicamentos y Alimentos  
FePSA: Ferro Expreso Pampeano S.A.  
FNE: Flujo Neto de Efectivo  
FOB: Free On Board  
FODA: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas  
g: Gramo  
gN: gigaNewton  
GS: Grado de Sustitución.  
h: hora  
ha: hectárea  
HC: Horario Comercial  
hp: horse power  
HPLC: Cromatografía Líquida de Alta Eficacia  
HR: Horario Rotativo  
ICSC: Consejo Internacional de Centros Comerciales  
lm: lumen  
INDEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria  
IRAM: Instituto Argentino de Normalización y Certificación  
ISO: Organización Internacional de Normalización  
IUPAC: Unión Internacional de Química Pura y Aplicada  
IVA: Impuesto sobre el Valor Añadido  
kcal: kilocaloría  
kg: kilogramo  
kJ: kiloJoule  
km: kilómetro  
kPa: kiloPascal  
kVA: kilovoltiamperios  
kW: kiloWatt  
l: litro  
lx: lux  
m: metro  
m<sup>2</sup>: metro cuadrado  
m<sup>3</sup>: metro cúbico  
MAGyP: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca.  
Mcal: megacaloría  
MERCOSUR: Mercado Común del Sur.  
MEyH: Ministerio de Economía y Hacienda  
mg: miligramo  
ml: mililitro  
mm: milímetro  
mmHg: milímetro de mercurio  
mN: miliNewton  
MP: Materia Prima  
mPas: miliPascal por segundo  
MS: Materia Seca  
N: Newton  
N: normalidad  
NCA: Nuevo Central Argentino  
NEA: Región Noreste  
NEMA: National Electrical Manufacturers Association  
NOA: Región Noroeste  
PI: Parque Industrial  
PVC: Policloruro de Vinilo.



**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

PEA: Población Económicamente Activa  
PLC: Controlador Lógico Programable  
PM: Peso Molecular  
ppm: parte por millón  
PR: Período de Recupero  
PRI: Período de recuperación de la inversión  
PT: Producto Terminado  
Q: calor  
R.D: Real Decreto  
R: registro  
rpm: revoluciones por minuto  
RRHH: Recursos Humanos  
S.A. de C.V: Sociedad Anónima de capital variable.  
S.A: Sociedad Anónima.  
S.A.I.C: Sociedad en Comanditas Simples.  
S.C.A: Sociedad de en Comanditas por Acciones.  
S.R.L: Sociedad de Responsabilidad Limitada.  
SCADA: Supervisión, Control y Adquisición de Datos  
SGC: Sistema de Gestión de Calidad  
SISA: Sistema Integrado de Información Sanitaria Argentina.  
SPD: Protector contra Sobretensiones  
T: técnica  
t: tonelada  
TAED: tetraacetililenodiamina  
TD: Tasa de Desocupación.  
Tg: Temperatura de Gelatinización  
TIR: Tasa Interna de Retorno  
TMAR: Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento  
TNA: Tasa Nominal Anual  
TOR: Tasa Interna de Rentabilidad del Capital Propio  
TPA: Tasa de Porcentaje Anual  
USD: Dólar Estadounidense  
USMCA: Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá.  
V: voltios  
VAN: Valor Actual Neto  
 $\Delta H$ : variación de entalpía  
 $\Delta T$ : variación de temperatura

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

$\lambda$ : energía de cambio de fase

%p/p: porcentaje peso en peso

%p/v: porcentaje peso volumen

°: grados

°Brix: grados Brix

°C: grado Celsius



# CAPÍTULO 1

## FUNDAMENTOS Y OBJETIVOS

# **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

## **1 Fundamentos y objetivos**

### **1.1 Generalidades del proyecto**

En el presente proyecto se describe y evalúa la posibilidad de llevar a cabo la producción de almidón acetilado a partir de afrechillo de arroz a nivel industrial en una planta ubicada en el litoral argentino.

Los almidones nativos son empleados en una amplia variedad de productos tanto en la industria de alimentos como en otras industrias. En los alimentos, los almidones pueden influir en la textura, viscosidad, formación de gel, adhesión, retención de humedad, formación de película y homogeneidad. Sin embargo, en la industria, el uso es restringido debido a que presentan un rango limitado de propiedades físicas y químicas apropiadas para ciertos tipos de procesos tecnológicos. Estas desventajas de los almidones nativos pueden mejorarse mediante modificaciones, con ellas se obtienen almidones con atributos específicos que pueden resistir condiciones extremas de procesamiento ampliando sus aplicaciones industriales y otorgando mayor valor agregado.

La modificación química del almidón, elegida para el proyecto en cuestión, está directamente relacionada con las reacciones de los grupos hidroxilo del polímero de almidón. En general, la esterificación de los polisacáridos con ácidos orgánicos y derivados de éste es una de las transformaciones más versátiles.

### **1.2 Objetivos generales**

El presente proyecto presenta dos objetivos generales:

- Determinar la factibilidad técnica y económica-financiera de producir almidón acetilado en Argentina.
- Aplicar los conocimientos adquiridos durante el transcurso de la carrera de ingeniería química para el desarrollo del proyecto, así como definir adecuadamente los procesos productivos involucrados.

### **1.3 Objetivos específicos**

En cuanto a los objetivos específicos, el presente proyecto cuenta con 8:

- Definir mediante un estudio de mercado, las características de los proveedores de materias primas, de los consumidores del producto terminado, y los mercados que estos mismos integran, determinando la forma en que nuestro producto puede introducirse en ellos.
- Establecer la capacidad de producción óptima, teniendo en cuenta la demanda insatisfecha calculada en el estudio de mercado.

## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

- Evaluar la mejor ubicación, donde podría llevarse a cabo el proyecto, teniendo en cuenta la metodología de puntuaciones ponderadas.
- Realizar una ardua investigación bibliográfica acerca de las diferentes alternativas de proceso para la producción de almidón acetilado y seleccionar la más conveniente.
- Emplear ingeniería básica y de detalle para efectuar los balances de masa, energía, diseño, dimensionamiento y distribución de los equipos involucrados en el proceso y en los servicios auxiliares.
- Determinar la distribución de las instalaciones en la planta mediante la realización de planos que presenten las dimensiones, ubicaciones específicas y generales de cada una.
- Incluir la investigación de procesos de apoyo relacionados con control de calidad de materias primas, proceso y productos terminados, tratamiento de efluentes, control automático de procesos, instalaciones eléctricas, organización de la empresa, higiene y seguridad.
- Desarrollar un análisis económico financiero, estableciendo la inversión inicial necesaria y los indicadores económicos de proyecto: TIR, PRI y VAN.



# CAPÍTULO 2

## DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO, PROPIEDADES Y USOS, MATERIAS PRIMAS E INSUMOS

## **2 Descripción del producto, propiedades y usos, materias primas e insumos**

### **2.1 Descripción de los insumos y materias primas**

#### **2.1.1 Arroz**

##### **Generalidades**

El arroz es una especie perteneciente a la familia de las gramíneas, cuya semilla debidamente procesada constituye la base alimentaria de más de un tercio de la población mundial. Este cereal ocupa el segundo lugar en la producción a nivel global después del maíz. Las bondades nutricionales del arroz han trascendido por su importancia, dado que esta gramínea es la que mayor aporte calórico brinda de todos los cereales. El almidón es el componente principal del grano de arroz, y se encuentra en un rango que va del 70% al 80%. Se compone de amilosa y amilopectina siendo la proporción de cada una la que determina las características culinarias del producto. A mayor proporción de amilopectina, más viscosos y pegajosos estarán los granos entre sí (Bernardi, 2017).

##### **Morfología del grano**

El grano de arroz (arroz con cáscara o paddy) se compone de una cubierta protectora exterior, la cáscara y la cariósida o fruto del arroz (arroz integral o pardo, llamado también arroz descascarillado). El arroz integral o pardo se compone de las capas exteriores: pericarpio, tegumento o cubierta seminal y nucela; del germen o embrión; y del endospermo. El pigmento de color pardo del arroz integral lo contiene el pericarpio que es la capa más externa del grano. Las células del endospermo son de pared delgada y están envueltas en amiloplastos que contienen gránulos de almidón compuesto. Las dos capas de las células más exteriores abundan en proteínas y lípidos y tienen amiloplastos y gránulos de almidón compuesto más pequeño que el endospermo interior (Almarza, 2007).

En la Figura 2.1. se puede observar la morfología del grano de arroz, en donde se distinguen claramente sus diferentes partes.

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

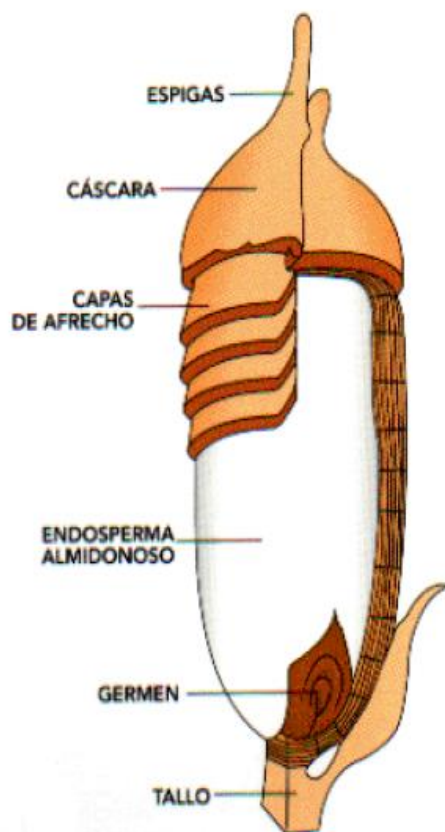


Figura 2-1 Morfología del grano de arroz.  
Fuente: Corporación arrocerá nacional.

## 2.1.1.1 Composición química

Entre las fracciones del grano de arroz, el salvado posee el máximo contenido energético y proteico mientras que, la cáscara el mínimo. En la Tabla 2.1. se muestra la composición aproximada del arroz con cáscara y de sus fracciones de elaboración al 14% de humedad.

En la Tabla 2.2. se muestra el contenido de vitaminas y minerales. Las vitaminas del grupo B se concentran en las capas de salvado al igual que el  $\alpha$ - tocoferol (Vitamina E) y fósforo. Como se puede ver el arroz elaborado pierde gran contenido de riboflavina (Vitamina B2) llevándose la mayor parte el salvado de arroz.

A modo de resumen de la Tabla 2.2., el afrechillo de arroz es el que tiene más vitaminas y el arroz elaborado es el que se queda con la menor cantidad. En relación a los minerales, el mayor contenido lo constituye el fósforo del cual la mayor parte queda retenida en el salvado ocurriendo la misma situación respecto al calcio.

En la Tabla 2.3., se puede observar el contenido de aminoácidos, donde se puede apreciar claramente que todas las fracciones de arroz tienen un alto contenido de Leucina, Fenilalanina - Tirosina, y Valina; dentro de estas fracciones las que presentan menores valores son el salvado de arroz, cáscara de arroz y arroz elaborado respectivamente (Almarza, 2007).



**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Tabla 2-1 Composición del arroz con cáscara y de sus fracciones de elaboración al 14% de humedad.

Fracciones	Proteína cruda (gN*5,95)	Grasa cruda (g)	Fibra cruda (g)	Ceniza cruda (g)	Carbohidratos (g)	Energía (kcal)	Densidad (g/ml)
Arroz con cáscara	5,80 – 7,70	1,50 – 2,30	7,20 – 10,40	2,90 – 5,20	64,00 – 73,00	378,00	1,17 – 1,23
Arroz integral	7,10 – 8,30	1,60 – 2,80	0,60 – 1,00	1,00 – 1,50	73,00 – 87,00	363,00 – 385,00	1,31
Arroz elaborado	6,30 – 7,10	0,30 – 0,50	0,20 – 0,50	0,30 – 0,80	77,00 – 89,00	349,00 – 373,00	1,44 – 1,46
Salvado de arroz	11,30 – 14,90	15,00 – 19,70	7,00 – 11,40	6,60 – 9,90	34,00 – 62,00	399,00 – 476,00	1,16 – 1,29
Cáscara de arroz	2,00 – 2,80	0,30 – 0,80	34,50 – 45,90	13,20 – 21,00	22,00 – 34,00	265,00 – 332,00	0,67 – 0,74

Fuente: Marcela Beatriz Rodríguez Almarza, 2007.

Tabla 2-2 Contenido de vitaminas y minerales del arroz cáscara y de sus fracciones de elaboración al 14% de humedad.

Fracciones	Arroz con cáscara	Arroz integral	Arroz elaborado	Salvado de arroz	Cáscara de arroz
Tiamina (Vitamina B1) (mg)	0,26-0,33	0,29-0,61	0,02-0,11	1,20-2,40	0,09-0,21
Riboflavina (Vitamina B2) (mg)	0,06-0,11	0,04-0,14	0,02-0,06	0,18-0,43	0,05-0,07
Niacina (mg)	2,90-5,60	3,50-5,30	1,30-2,40	26,70-49,90	1,60-4,20
α-Tocoferol (mg)	0,90-2,00	0,90-2,50	0,00-0,30	2,60-13,30	0,00
Calcio (mg)	10,00-80,00	10,00-50,00	10,00-30,00	30,00-120,00	60,00-130,00
Hierro (mg)	1,40-6,00	0,20-5,20	0,20-2,80	8,60-43,00	3,90-9,50
Zinc (mg)	1,70-3,10	0,60-2,80	0,60-2,30	4,30-25,80	0,90-4,00
Fosforo (g)	0,17-0,39	0,17-0,43	0,08-0,15	1,10-2,50	0,03-0,07

Fuente: Marcela Beatriz Rodríguez Almarza, 2007.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Tabla 2-3 Contenido de aminoácidos del arroz con cáscara y de sus fracciones de elaboración al 14% de humedad.

Fracciones	Arroz con cáscara	Arroz integral	Arroz elaborado	Salvado de arroz	Cáscara de arroz
Histidina	1,50-2,80	2,30-2,50	2,20-2,60	2,70-3,30	1,60-2,00
Isoleucina	3,00-4,80	3,40-4,40	3,50-4,60	2,70-4,10	3,20-4,00
Leucina	6,90-8,80	7,90-8,50	8,00-8,20	6,90-7,60	8,00-8,20
Lisina	3,20-4,70	3,70-4,10	3,20-4,00	4,80-5,40	3,80-5,40
Metionina + Cisteína	4,50-6,20	4,40-4,60	4,30-5,00	4,20-4,80	3,50-3,70
Fenilalanina + Tirosina	9,30-10,80	8,60-9,30	9,30-10,40	7,70-8,00	6,60-7,30
Treonina	3,00-4,50	3,70-3,80	3,50-3,70	3,80-4,20	4,20-5,00
Triptófano	3,00-4,50	3,70-3,80	3,50-3,70	3,80-4,20	4,20-5,00
Valina	4,60-7,00	4,80-6,30	4,70-6,50	4,90-6,00	5,50-7,50

Fuente: Marcela Beatriz Rodríguez Almarza, 2007.

### 2.1.1.1 Cultivo y producción nacional

En Argentina, la siembra de arroz se lleva a cabo desde la primera quincena de septiembre hasta octubre y la cosecha se realiza durante los meses de febrero hasta el mes de abril.

El arroz es una planta semiacuática que se desarrolla en suelos inundados dada la presencia de un tejido parenquimático denominado “aerénquima”, tejido especializado que permite la llegada de oxígeno del aire hasta las raíces, oxigenando la rizosfera. Por esta razón, la inundación del sembradío es un requisito fundamental para obtener altos rendimientos, y esto se debe a que (Bernardi, 2017):

- Evita el estrés de la planta.
- Se regula la disponibilidad de nutrientes.
- Impide la competencia de algunas malezas.
- Se adecua a un microclima que favorece su evolución.
- Previene plagas y enfermedades.

### 2.1.1.1 Procesamiento industrial

El procesamiento industrial consiste en someter el arroz cáscara a un proceso de secado, el descascarillado, el pulimento para obtener arroz blanco apto para el consumo y algunos subproductos y derivados como el arroz partido, afrechillo, cáscara, etc. El proceso de secado puede ser realizado tanto por el productor como por el molino, aunque este último le transfiere los costos al primero en caso de llevar a cabo la tarea.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

En su etapa industrial como se muestra en la Figura 2.2. el arroz puede o no pasar por un proceso de parbolizado (precocción), para luego ser sometido al descascarillado inicial, con lo que se obtiene el arroz integral. El proceso de parbolizado del arroz se realiza en molinos de mayor nivel tecnológico y requiere una mayor escala de producción. En el país hasta el año 2017 sólo lo tienen dos plantas: Molinos Río de la Plata y Química Estrella. Luego, el arroz integral pasa por un segundo descascarillado y pulido que da lugar al arroz blanco. Los subproductos derivados de estas etapas son el afrechillo y la cáscara de arroz. (Anino, Noviembre 2017).

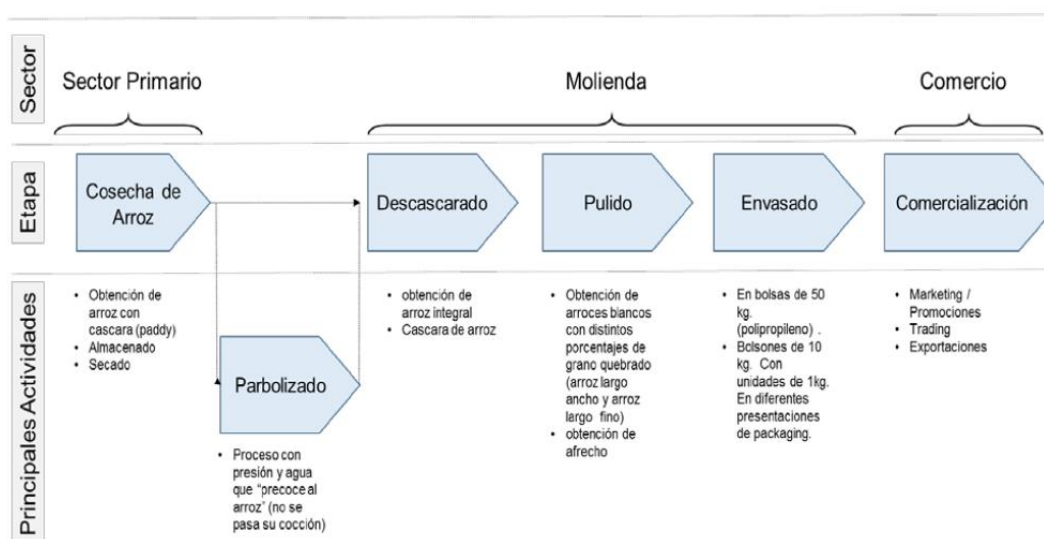


Figura 2-2 Proceso de Industrialización del arroz.  
Fuente: Minagro.

### 2.1.1.1 Rendimiento

El rendimiento industrial del arroz entero obtenido en el procesamiento de arroz es variable dependiendo de las variedades usadas, los métodos de cosecha, los tratamientos postcosecha aplicados y la calidad del proceso industrial. El arroz elaborado tiene un rendimiento de 52-70%, de pulido 10-12%, el cual a su vez se compone de afrechillo (3%), harinilla (5-8%) y germen (2%) (Almarza, 2007).

### 2.1.2 Afrechillo de arroz

#### Generalidades

Como se mencionó anteriormente en el punto 2.1.1.5. el afrechillo de arroz es uno de los subproductos que se obtienen de la industrialización del arroz, el cual se estima, aproximadamente entre el 10% y el 15% del arroz procesado que se ofrece, en la región litoral. El principal destino actual de éste sub producto es la utilización como forraje para alimentación de bovinos.

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

## Composición química

En la Tabla 2.4. se puede observar la composición química del afrechillo de arroz.

Tabla 2-4 Composición química del afrechillo de arroz.

Propiedad	Valor
Materia seca	91,00
Proteína bruta	11,00-15,00
FDN	33,00
Grasa	7,00-22,00
Cenizas	12,80
Almidón	34,00-46,00
Digestibilidad in vitro MS	70,00
Energía Metabolizable (Mcal EM/ kg MS)	2,50-2,80
Calcio	0,08
Fósforo	1,70

Fuente: INTA,2014.

La principal característica del afrechillo de arroz es su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados (4% de ácido linoleico). Además, contiene una lipasa capaz de hidrolizar sus triglicéridos, en consecuencia, el grado de enranciamiento del aceite presente en el afrechillo es muy elevado, principalmente en regiones de clima cálido y húmedo, sumado a esto, condiciones de almacenamiento inadecuadas. Se estima que los niveles de oxidación son del 1% por hora, por ende, en unas pocas horas, se alcanza un nivel de oxidación considerable en el subproducto. Este efecto provoca una disminución significativa de la ingesta de éste sub producto por parte del ganado bovino, llegando a situaciones de rechazo de su consumo, esto provee un indicador directo de la necesidad de desarrollar alternativas para dar valor agregado al afrechillo de arroz. El deterioro de los lípidos que componen el afrechillo de arroz se debe a dos transformaciones químicas, más conocidas como rancidez, que además de reducir sus características como alimento, producen compuestos volátiles que imparten olores y sabores causantes del rechazo por parte del ganado (Mendez, 2015). Existen dos tipos de rancidez:

- Hidrolítica o lipólisis, debida a la acción de la enzima lipasa por lo cual se generan ácidos grasos libres.
- Oxidativa u oxidación, debida al deterioro de los ácidos grasos insaturados presentes.

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

## Industrialización y cadena de valor

Las características nutricionales del afrechillo de arroz no se ven afectadas con el transcurso del tiempo. Se debe destacar que en la principal región arrocerera de nuestro país no existe ninguna planta que procese el afrechillo. La obtención de almidones modificados es un proceso que agrega valor al afrechillo de arroz en la industrialización del arroz, haciendo que este subproducto deje de ser un problema para la industria para pasar a ser una nueva alternativa de negocio, ofreciendo al mercado un nuevo producto de calidad (Mendez, 2015).

### 2.1.3 Anhídrido acético

#### Generalidades

El anhídrido acético, comúnmente abreviado  $\text{Ac}_2\text{O}$ , es uno de los anhídridos carboxílicos más simples cuya estructura molecular se presenta en la Figura 2.3. Con fórmula química  $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ , es uno de los reactivos más ampliamente usados en síntesis orgánica. Es un líquido incoloro, que huele fuertemente a vinagre (ácido acético) debido a su reacción con la humedad del aire. El anhídrido acético se disuelve en agua hasta aproximadamente un 2,6% ( $m/m$ ). Sin embargo, una solución acuosa de anhídrido acético no es estable porque este se descompone en unos pocos minutos en una solución de ácido acético.

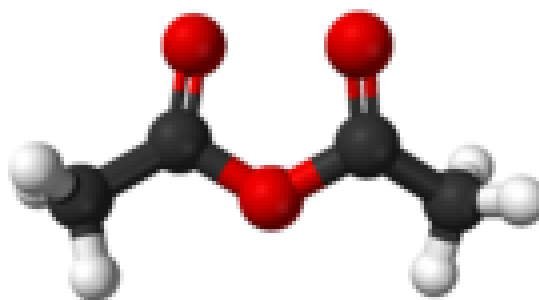


Figura 2-3 Estructura molecular del  $\text{Ac}_2\text{O}$ .  
Elaboración Propia.

#### Propiedades físicas y químicas

En la Tabla 2.5 adjunta se pueden observar las principales propiedades físicas y químicas del anhídrido acético.

Tabla 2-5 Propiedades física y químicas del anhídrido acético.

Propiedad	Valor/Característica
Estado físico	Líquido
Color	Incoloro
Olor	Picante

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

pH	3
Punto de fusión (°C)	-73,00
Punto inicial de ebullición (°C) a 101,3kPa	139,50
Punto de inflamación (°C)	49,00
Presión de vapor (kPa) a 75,1°C	10,00
Densidad (g/cm <sup>3</sup> ) a 20°C	1,08
Densidad de vapor (aire=1)	3,53
Temperatura de autoinflamación (°C) - (DIN 51794)	330,00
Viscosidad dinámica (mPas) a 20°C	0,91
Tensión superficial (mN/m) a 25 °C	31,93

Fuente: Carl Roth, 2018.

### Obtención

Industrialmente el anhídrido acético puede ser producido por alguna de las siguientes vías mencionadas a continuación:

- Oxidación del acetaldehído con O<sub>2</sub>, formándose ácido peracético CH<sub>3</sub>C(=O)OOH que reacciona catalíticamente con otra molécula de acetaldehído para dar el anhídrido acético.
- Pirólisis del ácido acético a cetena CH<sub>2</sub>=C=O, la cual a continuación en una segunda etapa reacciona con una molécula de ácido acético para formar el anhídrido acético.
- Carbonilación catalítica (empleando monóxido de carbono) del acetato de metilo.

En el laboratorio, el anhídrido acético puede prepararse, con buen rendimiento, mediante:

- Reacción entre el cloruro de acetilo y el acetato de sodio
$$CH_3COCl + CH_3COO^-Na^+ \rightarrow NaCl + CH_3COOCOCH_3$$
- Reacción entre el cloruro de acetilo y el ácido acético.
- Reducción del anhídrido maleico con diazeno.

### Usos y aplicaciones

El Ac<sub>2</sub>O es ampliamente empleado en química para la acetilación de alcoholes y aminas.

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

La mayor parte de la producción de anhídrido acético va a parar a la fabricación de acetato de celulosa (plásticos y fibras textiles). Otras aplicaciones, por ejemplo, son la síntesis de la tetraacetililenodiamina (TAED) en la industria de detergentes, y la síntesis de fármacos tales como el ácido acetilsalicílico (aspirina) o el paracetamol. También puede actuar como deshidratante y como reactivo principal para la síntesis de ácido acético.

## 2.1.4 Hidróxido de sodio

### Generalidades

El hidróxido de sodio, hidróxido sódico o hidrato de sodio, también conocido como soda cáustica o sosa cáustica, lejía o lejía de soda, es un hidróxido cáustico ampliamente usado en la industria. Es un compuesto iónico sólido blanco que consiste en cationes de sodio  $\text{Na}^+$  y aniones hidróxido  $\text{OH}^-$ . El nombre IUPAC del compuesto es hidróxido de sodio, y su fórmula molecular semidesarrollada es  $\text{NaOH}$  ilustrada en la Figura 2.4.

A temperatura ambiente es un sólido cristalino, blanco, sin olor y que absorbe rápidamente dióxido de carbono y humedad del aire. Es una sustancia muy corrosiva. Cuando se disuelve en agua o cuando se neutraliza con algún ácido libera gran cantidad de calor.

Se comercializa generalmente como solución al 50% en peso o en estado sólido en forma de pellets, hojuelas, barras y tortas. Es una sustancia exclusivamente producida por el hombre y por tal razón no se encuentra en la naturaleza en su estado normal.

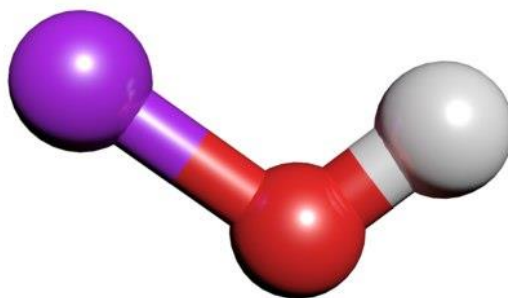


Figura 2-4 Estructura molécula del  $\text{NaOH}$ .  
Elaboración propia.

### Propiedades químicas

El hidróxido de sodio es una base fuerte, se disuelve con facilidad en agua generando gran cantidad de calor y disociándose por completo en sus iones, es también muy soluble en etanol y metanol. Reacciona con ácidos, compuestos orgánicos halogenados y con metales como el aluminio, estaño y zinc generando hidrógeno, que es un gas combustible altamente explosivo. La hidratación paulatina del hidróxido de sodio genera seis diferentes hidratos:  $\text{NaOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaOH}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaOH}\cdot 3,5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaOH}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaOH}\cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaOH}\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . La gran afinidad del

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

hidróxido de sodio por el agua causa una reducción en la presión de vapor del agua y por tal razón es un muy buen agente secante.

## Propiedades físicas

En la Tabla 2.6. se pueden observar las propiedades físicas más importantes de esta base fuerte.

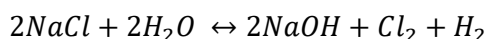
Tabla 2-6 Propiedades físicas del hidróxido de sodio.

Propiedad	Valor
Gravedad específica	2,13 puro 1,22; 20% solución acuosa 1,43; 40% solución acuosa 1,52; 50% solución acuosa
pH	14; solución 5%
Solubilidad en agua (g/ml)	1,11
Peso molecular (g/mol)	40,00
Estado físico	Sólido
Punto de ebullición (°C) (760 mmHg)	1.39; puro 105,00; solución acuosa 6% en peso 120,00; solución acuosa 34% peso 150,00; solución acuosa 55% en peso
Punto de fusión (°C)	318,00; puro
Presión de vapor (mmHg)	0,00; puro

Fuente: Elvers B. y Hawkins S.

## Obtención

De forma general, el hidróxido de sodio se produce por electrólisis de soluciones acuosas de cloruro de sodio o por la reacción de carbonato de sodio con hidróxido de calcio. La forma más común de producción de hidróxido de sodio es como solución al 50% por electrólisis de cloruro de sodio. En esta reacción se genera hidróxido de sodio, cloro e hidrógeno de acuerdo con la siguiente ecuación:



## Usos y aplicaciones

Normalmente las aplicaciones del hidróxido de sodio requieren de soluciones diluidas. Se usa en la manufactura de jabones y detergentes, papel, explosivos, pigmentos y productos del petróleo y en la industria química en general. Se usa también en el procesamiento de fibras de algodón, en electroplateado, en limpieza de metales, recubrimientos óxidos, extracción electrolítica y como agente de ajuste de pH. Se presenta también en forma comercial en



# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

limpiadores para estufas y drenajes. En la industria de alimentos tiene importancia en los procesos de pelado químico.

## 2.1.5 Ácido clorhídrico

### Generalidades

El ácido clorhídrico conocido también como, ácido hidroc্লórico, ácido muriático, cloruro de hidrógeno o hidroc্লoruro se puede encontrar como gas licuado, donde se conoce como cloruro de hidrógeno, o como soluciones acuosas de diferentes concentraciones, que corresponden al ácido propiamente dicho. En la Figura 2.5. se adjunta su estructura molecular.

A temperatura ambiente, el cloruro de hidrógeno es un gas incoloro o ligeramente amarillo con olor fuerte. En contacto con el aire, el gas forma vapores densos de color blanco debido a la condensación con la humedad atmosférica. El vapor es corrosivo y, a concentraciones superiores a 5 ppm, puede causar irritación. La forma acuosa, comúnmente conocida como ácido muriático o clorhídrico es un líquido sin olor a bajas concentraciones y humeante de olor fuerte para concentraciones altas.

Está disponible comercialmente como un gas anhidro o en forma de soluciones acuosas. El ácido clorhídrico comercial contiene entre 33% y 37% de cloruro de hidrógeno en agua.

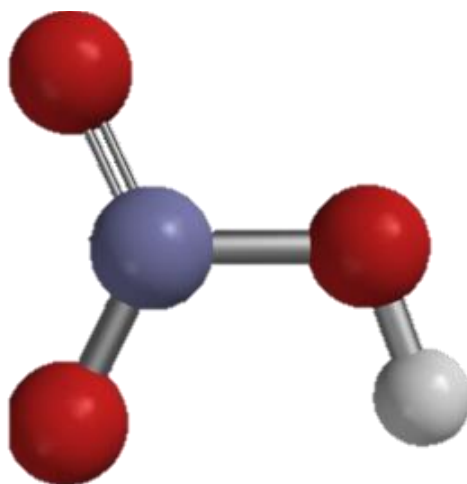


Figura 2-5 Estructura molecular del HCl.  
Elaboración propia.

### Propiedades químicas

El gas anhidro no es generalmente activo, pero sus soluciones acuosas son uno de los ácidos más fuertes y activos. Al entrar en contacto con óxidos metálicos y con hidróxidos forma cloruros. Descompone las zeolitas, escorias y muchos otros materiales silíceos para formar ácido silícico. Reacciona con los carbonatos básicos liberando dióxido de carbono y agua. Se oxida en presencia de oxígeno y catalizador, por electrólisis o por medio de agentes oxidantes

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

fuertes para producir cloro. En general, esta sustancia es incompatible con: acetatos, anhídrido acético, alcoholes más cianuro de hidrógeno, 2- amino etanol, hidróxido de amonio, carburo de calcio, carburo de cesio acetileno, ácido cloro sulfónico, 1,1- difluoroetileno, etilen diamina, etileneimina, flúor, sulfato mercúrico, oleum, ácido perclórico, permanganato de potasio, óxido de propileno, carburo de rubidio acetileno, perclorato de plata + tetracloruro de carbono, sodio, hidróxido de sodio, ácido sulfúrico y acetato de vinilo.

### Propiedades físicas

En la Tabla 2.7. se pueden observar las propiedades físicas más importantes de este ácido fuerte.

Tabla 2-7 Propiedades físicas del ácido clorhídrico.

Propiedad	Valor
Peso Molecular (g/mol)	36,46
Estado físico	Líquido
Punto de Ebullición (°C)) (760 mmHg)	-84,90; anhidro 53,00; solución acuosa 37%
Punto de Fusión (°C)	-114,80; anhidro -74,00; solución acuosa 37%
Presión de Vapor (mmHg)	30780,00; anhidro 20 °C 19613,00; anhidro 0 °C 158,00; solución acuosa 37% 20 °C
Gravedad Específica (Agua = 1)	1,18; solución acuosa 37%
Densidad del Vapor (Aire = 1)	1,26
pH	0,10 (1N); 2,01 (0.01N)
Solubilidad en Agua	67,00; 20 °C 82,00; 0 °C

Fuente: Elvers B. y Hawkins S.

### Obtención

El cloruro de hidrógeno se produce comercialmente por cualquiera de las siguientes vías:

- Proceso de NaCl y ácido sulfúrico: se hace reaccionar cloruro de sodio con ácido sulfúrico para formar cloruro de hidrógeno y carbonato ácido de sodio a temperaturas en el nivel de los 150 °C.
- Proceso sintético: el cloruro de hidrógeno se puede sintetizar por la combustión de una mezcla controlada de cloro e hidrógeno. El producto posee tanto alta concentración como alta pureza.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

- Cloruro de hidrógeno como subproducto: la cloración de muchos químicos orgánicos genera cloruro de hidrógeno como subproducto, por ejemplo, la cloración de metano y benceno. El cloruro de hidrógeno producido a partir de estas reacciones puede estar contaminado con cloro, aire, productos orgánicos clorados, reactantes en exceso y humedad, dependiendo del proceso individual así que la corriente de productos debe ser purificada en operaciones posteriores.

### **Usos y aplicaciones**

La mayoría del HCl producido se consume en la industria química, pero tiene aplicaciones difundidas en limpieza, desinfección y tratamiento de aguas. La producción de cloruro de vinilo y otros hidrocarburos clorados consume grandes cantidades de cloruro de hidrógeno anhidro. También se consume para la producción de cauchos y polímeros clorados. En la extracción de petróleo, en forma acuosa, se usa para acidificar los pozos petroleros con el fin de aumentar el flujo del crudo a través de estructuras de roca calcárea. Se encuentra como aditivo o componente principal de muchos productos de limpieza, desinfección y para evitar la formación de depósitos carbonatados en baños y piscinas. En la industria de los metales se usa en la refinación de minerales metálicos, en limpieza, desincrustación ácida y en electroplateado. Se usa en la refinación de grasas, jabones y aceites comestibles, en la curtición del cuero, producción de fertilizantes, colorantes, pigmentos y en el ajuste del pH del agua.

### **2.1.6 Agua**

#### **Generalidades**

El agua es un compuesto químico estable formado, a nivel molecular, por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno como se muestra en la ilustración de la Figura 2.6.

Gracias a los puentes de hidrógeno, las distintas moléculas de agua se unen entre sí dando lugar a una de las sustancias más conocidas. El agua tiene propiedades específicas que la convierten en un elemento idóneo para la vida (Gerber, y otros, 2021).

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

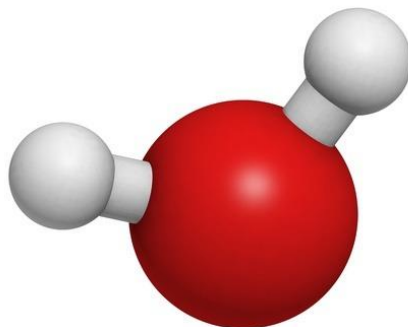


Figura 2-6 Estructura molecular del H<sub>2</sub>O.  
Elaboración propia.

## Propiedades químicas

Esta sustancia se caracteriza por las siguientes particularidades:

- Polaridad: sus moléculas son polares lo que la convierte en un excelente disolvente de sustancias también polares. De ahí que recibe el nombre de “disolvente universal”, aunque, precisamente por esta propiedad, no sea capaz de disolver sustancias apolares, como grasas y aceites.
- Calores específicos de vaporización y fusión: la cantidad de calor necesaria para evaporar, fundir o calentar el agua es más elevada que en otras sustancias. Esto convierte al agua en un buen almacenador de calor, ayudando así a regular la temperatura del planeta y de los organismos vivos.
- Cohesión: una repercusión importante de la polaridad es que las moléculas, al atraerse entre sí, se mantienen como enlazadas unas con otras, lo que tiene gran interés en fenómenos como el ascenso de la savia en los vegetales o el movimiento del agua en el suelo.
- Densidad: la densidad del agua es de 1000  $kg/m^3$ , si bien va aumentando según disminuye la temperatura, alcanzando su máxima densidad a los 4 °C. A partir de aquí, según va bajando la temperatura, comienza a disminuir la densidad, provocando que el hielo flote en el agua.

## Propiedades físicas

Las propiedades físicas del H<sub>2</sub>O se ven reflejadas en la Tabla 2.8. que se adjunta a continuación:

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

Tabla 2-8 Propiedades físicas del agua.

Propiedad	Valor
Densidad relativa	1,00
Punto de fusión [°C]	0,00
Punto de ebullición [°C]	100,00
Presión de vapor a 20 °C [kg/cm <sup>2</sup> ]	0,02
Viscosidad a 20 °C [kg/m·s]	0,0010
Calor de vaporización a 20 °C [kcal/kg]	584,00
Calor específico del líquido [kcal/kg·°C]	1,00
pH	7,00

Fuente: Chemcad.

## 2.2 Descripción del producto

### 2.2.1 Almidón

#### Generalidades

El almidón es un polisacárido de reserva energética que puede ser encontrado en diversos tejidos, tales como hojas, tallos, frutos, raíces, tubérculos y semillas dependiendo de la planta. En función de la fuente botánica presentan diferentes formas, tamaños, composición y estructura molecular. La forma y el tamaño del gránulo de almidón pueden influir en las propiedades funcionales de los almidones. Éste se localiza en los amiloplastos de las células vegetales para el almacenamiento por largo tiempo o en cloroplastos para el almacenamiento temporal (Horianski, 2019).

#### Estructura y morfología

Las moléculas de almidón se disponen como gránulos densamente empaquetados con una estructura semicristalina. El gránulo se encuentra formado por dos tipos de homopolisacáridos de glucopiranososa con diferentes estructuras y propiedades: la amilosa y la amilopectina representadas en la Figura 2.7. Además, presenta trazas de lípidos como fosfolípidos o ácidos grasos libres (1,5% *p/p*), proteínas/enzimas (0,1-0,7% *p/p*) y mono ésteres de fosfatos. Los gránulos de los almidones difieren en el contenido, la estructura y la organización de las moléculas de amilosa y amilopectina, en la estructura de las ramificaciones de la amilopectina y en el grado de cristalinidad.

La amilosa por su parte, es un polisacárido largo principalmente lineal formado por alrededor de 324 a 4920 unidades de  $\alpha$ -D-glucopiranososa unidas por enlaces glucosídicos  $\alpha$ -1,4 (99%). Su estructura y tamaño varía en función del origen botánico. Además, se pueden presentar escasas ramificaciones de 9-20 conectadas por enlaces  $\alpha$ -1,6, cada 170-500 unidades de glucopiranososa. Las cadenas contienen aproximadamente 200 a 700 unidades glucosídicas (Horianski, 2019).

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

La amilopectina es un polisacárido altamente ramificado. Entre un 4-5% de los enlaces glucosídicos son puntos de ramificación. La longitud depende del origen del almidón, del estado de maduración y de la localización en el gránulo. En promedio, la longitud de las cadenas de amilopectinas es de 17-26 residuos de glucosa (Horianski, 2019).

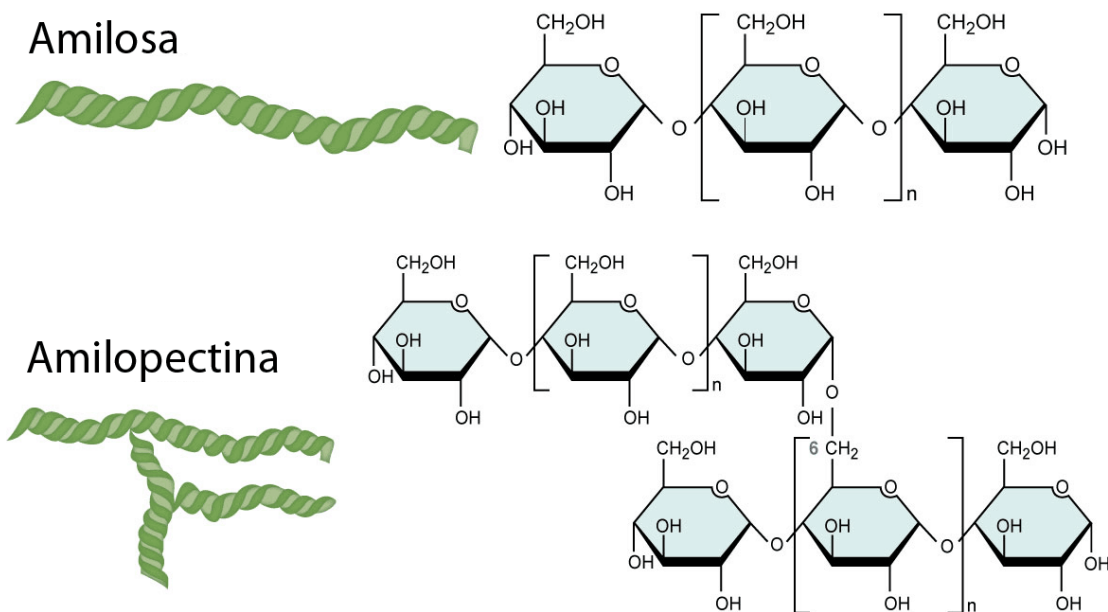


Figura 2-7 Estructura molecular de amilosa y amilopectina.  
Elaboración propia.

En los gránulos, la amilosa y la amilopectina se disponen en forma de anillos semicristalinos y amorfos alternantes de crecimiento radial que nacen en el hilum considerado generalmente como una zona amorfa. Esta disposición se debe a las variaciones de la disponibilidad de hidratos de carbono durante el crecimiento del gránulo en los tejidos vegetales. Los gránulos de los almidones nativos presentan una cristalinidad de 15-45%. La amilopectina es la principal responsable de la cristalinidad del gránulo mientras que la amilosa en su gran mayoría se encuentra en forma amorfa.

En la Figura 2.8. se representa esquemáticamente una ampliación microscópica desde el grano de arroz desglosándose por orden alfabético creciente las distintas capas hasta alcanzar a los polisacáridos más representativos.

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

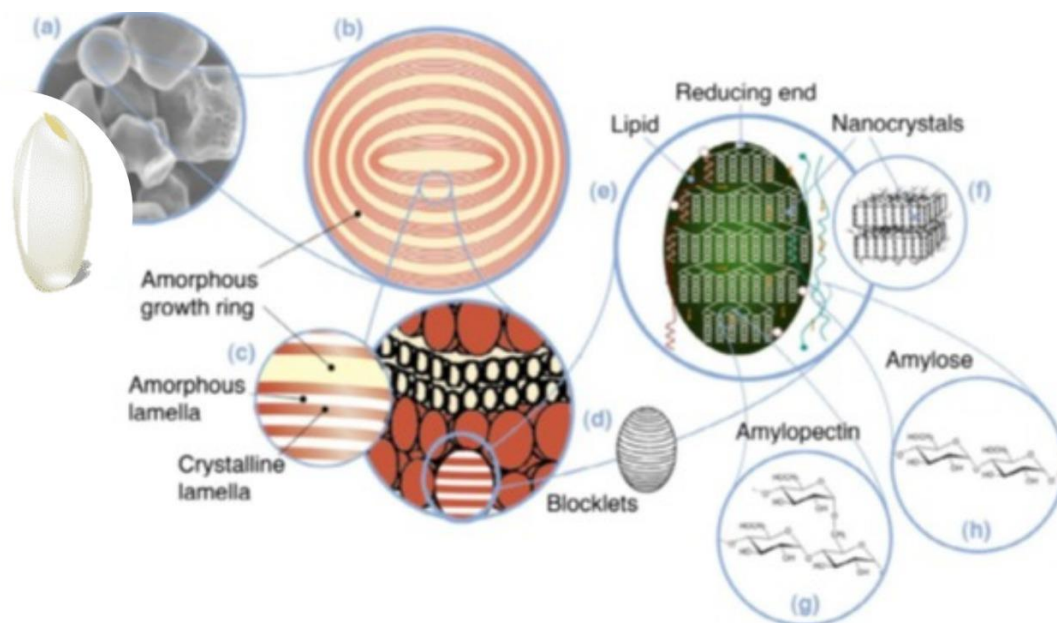


Figura 2-8 Ampliación microscópica.  
Elaboración propia.

Se puede distinguir dos tipos de almidones: los nativos y los modificados cuyas características se describen en los puntos 2.2.2. y 2.2.3, respectivamente. Se define como nativos a aquellos que se extraen de la materia prima mediante procesos de molienda por vía seca o húmeda. En tanto los almidones modificados proceden de almidones nativos que posteriormente han sido tratados física, química o enzimáticamente.

## 2.2.2 Almidón nativo

Los almidones nativos de diferentes orígenes botánicos como cereales, leguminosas, tubérculos, raíces y frutos son empleados en una amplia variedad de productos. En la industria de alimentos se utilizan como materia prima principal o como aditivos en la elaboración de diversos tipos de alimentos procesados; en éstos últimos pueden ser utilizados como espesantes o estabilizantes. Estas funcionalidades del almidón dependen de la estructura y de la proporción entre la amilosa y la amilopectina. Los almidones pueden influir en diferentes propiedades de los alimentos tales como textura, viscosidad, formación de gel, adhesión, retención de humedad, formación de película y homogeneidad. Los almidones se agregan como aditivos en alimentos tales como salsas, sopas, rellenos de fruta y productos horneados, a base de crema, cárnicos, congelados, lácteos, entre otros. Los usos no alimenticios del almidón se incluyen en las industrias: química, farmacéutica, textil, de combustibles a base de alcohol y de adhesivos. Las nuevas aplicaciones de los almidones abarcan el uso como sustitutos en alimentos de bajas calorías, materiales de empaque biodegradables, películas delgadas, materiales termoplásticos y tratamiento de aguas. El interés en el uso de los

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

almidones se fundamenta en su amplia distribución mundial, abundancia y bajo costo. El empleo de los almidones nativos en la industria está restringido debido a sus limitadas propiedades físicas y químicas inapropiadas para ciertos tipos de procesos tecnológicos. Además, diversas condiciones y combinaciones de temperatura, pH y presión pueden reducir sus usos al promover baja resistencia, descomposición térmica, retrogradación y sinéresis (Horianski, 2019).

El almidón de arroz es muy utilizado como aditivo en la industria de alimentos debido a sus características. Estas características incluyen que son hipoalergénicos, tienen buena digestibilidad y aceptación por el consumidor, sabor y aroma suave, gránulos pequeños, color blanco, buena estabilidad de congelación-descongelación de las pastas, resistencia a la acidez y un amplio rango de relación amilosa-amilopectina (Pereyra, y otros, 2018).

### **2.2.3 Almidón acetilado**

#### **Generalidades**

En ciertos alimentos que contienen almidones, al ser almacenados o sometidos a ciclos de congelamiento y descongelamiento, se producen fenómenos de retrogradación y sinéresis causando un aumento de la rigidez y pérdida de agua. Para mitigar estos efectos indeseables y adaptar los almidones nativos a funciones específicas, los almidones son modificados en sus características estructurales para mejorar sus propiedades físico-químicas y funcionales. A partir de estas modificaciones se obtienen pastas con atributos específicos que pueden resistir condiciones extremas de procesamiento. Algunos de estos atributos son: estabilidad mecánica, térmica y a los ciclos de congelamiento y descongelamiento, resistencia a la retrogradación, claridad de las pastas, entre otros. Las modificaciones realizadas a los almidones nativos amplían sus aplicaciones industriales y otorgan mayor valor agregado (Horianski, 2019).

La industria es un sector muy dinámico, que busca constantemente materiales con nuevas y mejores propiedades. Por tanto, han recurrido a diversos tratamientos tecnológicos para buscar nuevas propiedades en el almidón, un ejemplo de esto son las modificaciones químicas que han constituido una estrategia eficiente para mejorar las propiedades funcionales de los almidones nativos y con ello permitir su uso en aplicaciones específicas (Perez Montaña, 2017).

Los almidones químicamente modificados de interés industrial son principalmente producidos por reacciones de esterificación, siendo esta la reacción que involucra la sustitución de grupos hidroxilos por grupos éster.

La acetilación es una modificación química que se obtiene por la esterificación del almidón nativo con anhídrido acético, en donde se introducen los grupos acetilos ( $\text{CH}_3\text{C}=\text{O}$ ), que a su vez interfieren en la estructura de almidón nativo, provocando disminución en la temperatura



## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

de gelatinización, incrementando el poder de hinchamiento, solubilidad, viscosidad, claridad de los geles y estabilidad en el almacenamiento.

### **Usos y aplicaciones**

Los almidones modificados, tienen diferentes características a los nativos, en virtud que presentan 6-10°C menos en la temperatura de gelatinización (Tg) y el pico de viscosidad máxima es mayor con respecto al nativo, incrementa la claridad y estabilidad de los geles y reduce la retrogradación lo que explica que los almidones acetilados se dispersan más fácilmente que los nativos (Perez Montaña, 2017).

El almidón acetilado es considerado un espesante y agente de recubrimiento que puede ser de origen natural, obtenido de la fécula de tapioca, arroz y patatas o de origen sintético, derivado de almidones del maíz transgénico. Se utiliza para dar mayor estabilidad en alimentos congelados que necesitan mantener la misma textura y apariencia cuando sean descongelados. Se emplea en sopas, salsas, mayonesas, nata para cocinar, derivados lácteos, natillas, postres dulces, caramelos, preparados de verdura, rellenos de pasteles, envasados de carne, bebidas refrescantes, zumos y jugos. Únicamente un almidón de bajo GS es apto para la industria alimentaria, la Administración de Medicamentos y Alimentos (FDA) permite que los almidones se limiten a sustituciones menores a 2,5 grupos acetilados. Los acetatos de almidón han sido utilizados como materiales de empaque biodegradables en alimentos y aplicaciones farmacéuticas (Baltazar Flores, 2017).

Este tipo de almidones existe comercialmente, pero en su mayoría provienen del maíz, por lo que resulta interesante obtenerlo de otras fuentes vegetales ricas en almidón, como lo es el arroz.



# CAPÍTULO 3

## ESTUDIO DE MERCADO

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

## 3 Estudio de mercado

### 3.1 Análisis del producto

#### 3.1.1 Mercado mundial y nacional

Para valorar el comercio mundial se recopiló la siguiente lista de actores principales en el mercado del almidón acetilado:

- Vdelta Co. Ltd.
- Asia Fructose Co. Ltd.
- Roquette Group
- Banpong Tapioca Flour Industrial Co. Ltd.
- Visco Starch
- Chai Prasit Products Co. Ltd.
- Tate & Lyle Plc.

Para el mercado nacional se extrajo información de CAFAGDA acerca de los principales proveedores argentinos:

- Ingredion S.A.: empresa líder global en producción de edulcorantes, almidones, ingredientes nutricionales y biomateriales. Ubicada en Munro, provincia de Buenos Aires desde 1906.
- Arcor S.A.: grupo internacional argentino líder en la producción de galletas, alfajores y cereales. Ubicado en Arroyito, provincia de Córdoba desde 1951.
- Glucovil S.A.: empresa dedicada a la fabricación de jarabes de fructosa, glucosa y alta maltosa, maltodextrina, almidones simples y modificados. Ubicada en la ciudad de Villa Mercedes provincia de San Luis desde fines del año 2008.
- Glutal S.A.: empresa dedicada a la elaboración de almidones comunes, modificados y gluten. Ubicada en la ciudad de Esperanza, provincia de Santa Fe desde fines de la década del 40.
- Molinos Semino S.A.: empresa dedicada a la elaboración de almidones comunes, modificados y gluten. Ubicada en la ciudad de Rosario, provincia de Santa Fe desde 1865.

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

## 3.1.2 Importaciones

En el Gráfico 3.1. adjunto se puede apreciar la fluctuación de las importaciones de almidón modificado en el período comprendido entre los años 2010 y 2020.

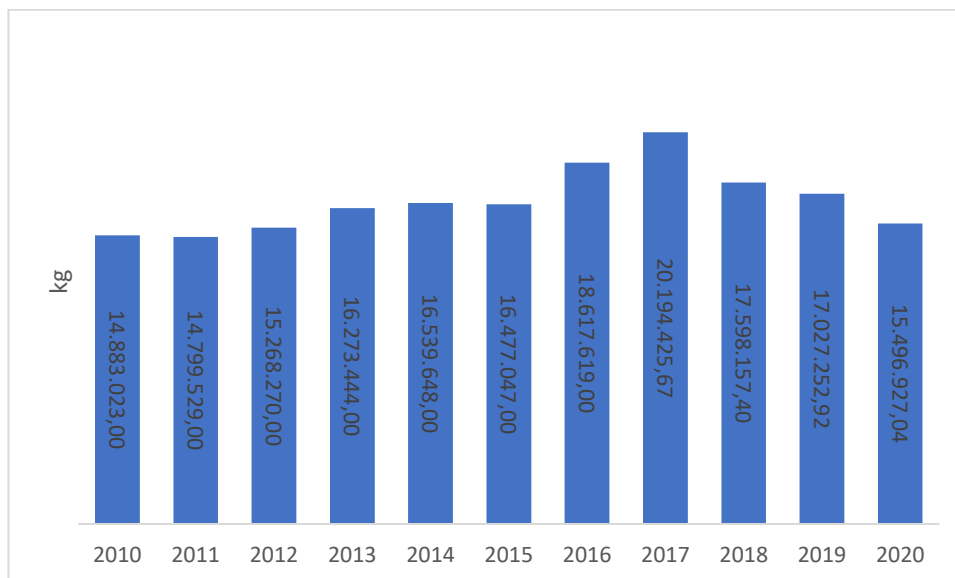


Gráfico 3-1 Importaciones de almidón modificado.  
Fuente: INDEC.

## 3.1.3 Exportaciones

En el Gráfico 3.2. adjunto se puede observar la variación de las exportaciones de almidón modificado entre los años 2009 y 2020.

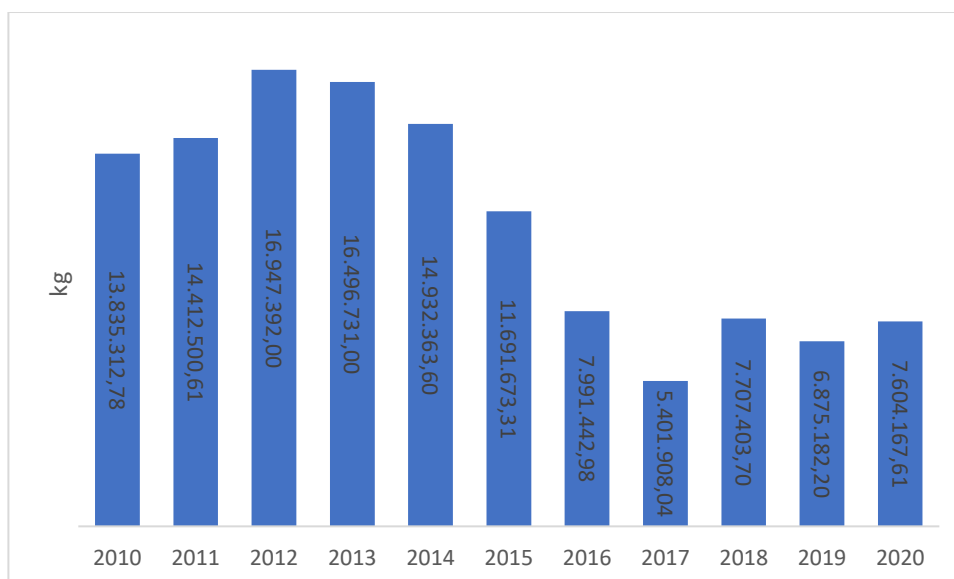


Gráfico 3-2 Exportaciones de almidón modificado.  
Fuente: INDEC.

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

## 3.1.4 Precio

El precio de comercialización del almidón modificado por vía química está entre un 35 y un 60 % por encima del nativo, dependiendo del GS y del grado de purificación del mismo.

Molinos Semino facilitó el dato, en el mes de octubre de 2021, acerca del precio de comercialización de almidones modificados, siendo este \$91960/t aclarando que dicho precio puede sufrir modificaciones en función de la cantidad, flete y condiciones de pago.

## 3.2 Análisis de materias primas

### 3.2.1 Arroz

La producción mundial de arroz alcanzó en la campaña 2020/2021 alrededor de 503,17 millones de toneladas anuales. El 90% de la producción y del consumo se concentró en el continente asiático. En términos de comercio mundial de granos se ubicó en cuarto lugar con un 7%, luego de la soja (31%), trigo (18%) y maíz (12%), según datos de la FAO que se adjuntan en el Gráfico 3.3. Los tres productores más importantes fueron China (31% de la producción mundial), India (20%), e Indonesia (9%), mientras que, Argentina aportó el 0,16% a la producción mundial.

Los tres principales países exportadores fueron Tailandia (26%), Vietnam (15%), y EE. UU. (11%), siendo los tres importadores más importantes Indonesia (14%), Bangladesh (4%), y Brasil (3%) (FAO, 2021).

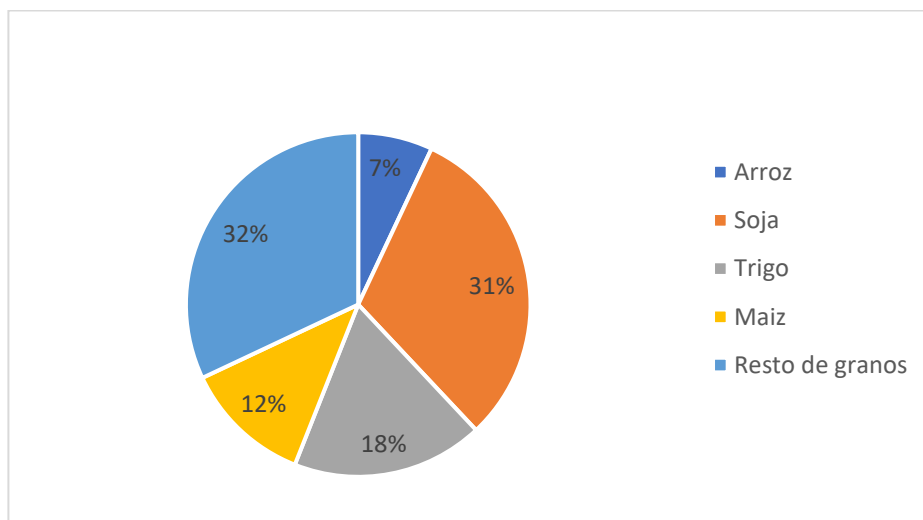


Gráfico 3-3 Comercio mundial de granos.  
Fuente: FAO.

La producción nacional de arroz forma parte de una economía regional en el litoral argentino, concentrándose en las provincias de Entre Ríos, Corrientes, Santa Fe, Chaco, Formosa y Misiones alcanzando un total de 245 productores. Corrientes fue la provincia donde se informó mayor superficie sembrada de arroz en la campaña 2019/2020, representando 46,79%. En el segundo y tercer lugar, se posicionaron las provincias de Entre Ríos y Santa Fe con 28,91%

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

y 12,41%, respectivamente. Entre las tres provincias representaron el 88,11% de la superficie sembrada total (SISA, 2020).

Para la campaña 2019/2020 los productores declararon en el SISA el uso de 25 cultivares diferentes de arroz.

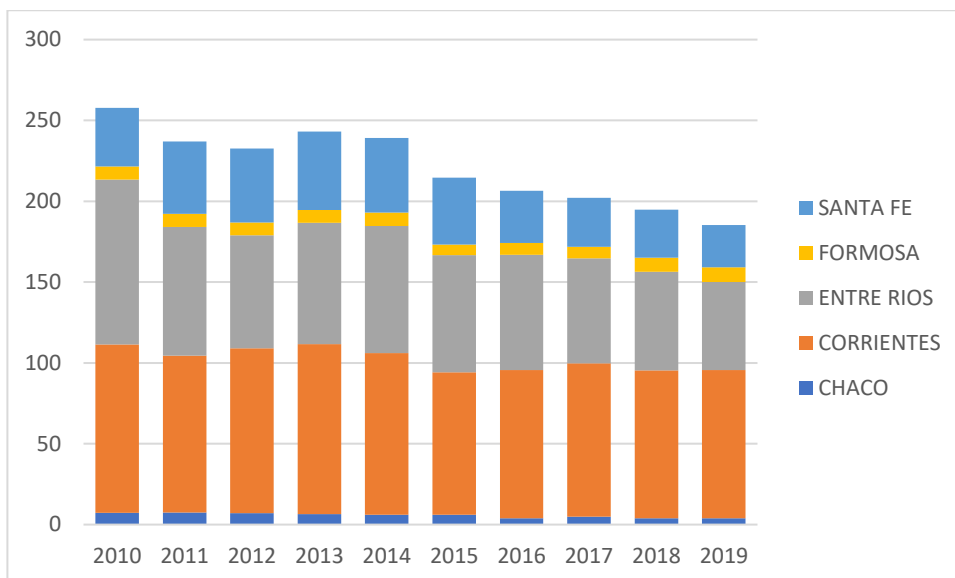


Gráfico 3-4 Área total sembrada por provincia en las campañas comprendidas entre 2010/2011 y 2019/2020.  
Fuente: Bolsa de comercio de Rosario.

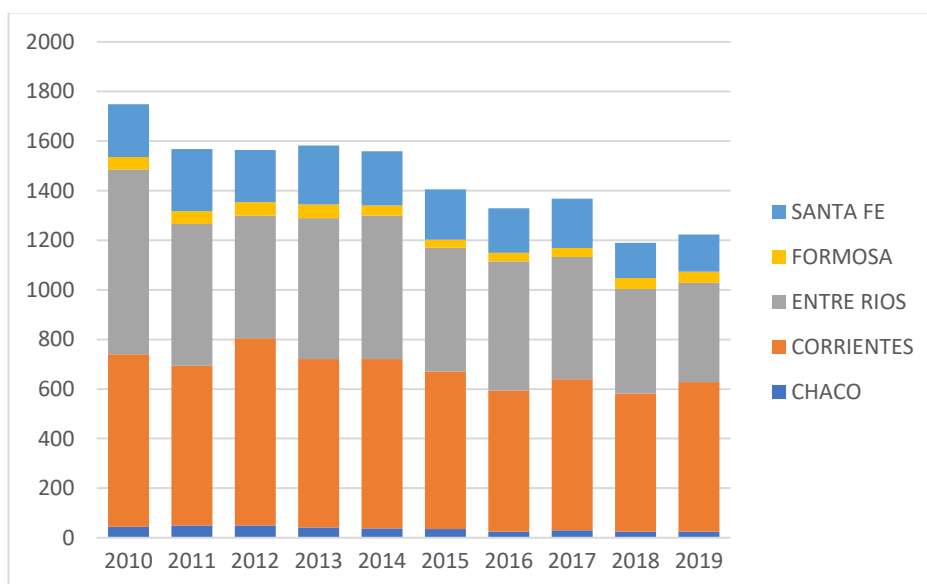


Gráfico 3-5 Producción nacional por provincia en las campañas comprendidas entre 2010/2011 y 2019/2020.  
Fuente: Bolsa de comercio de Rosario.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

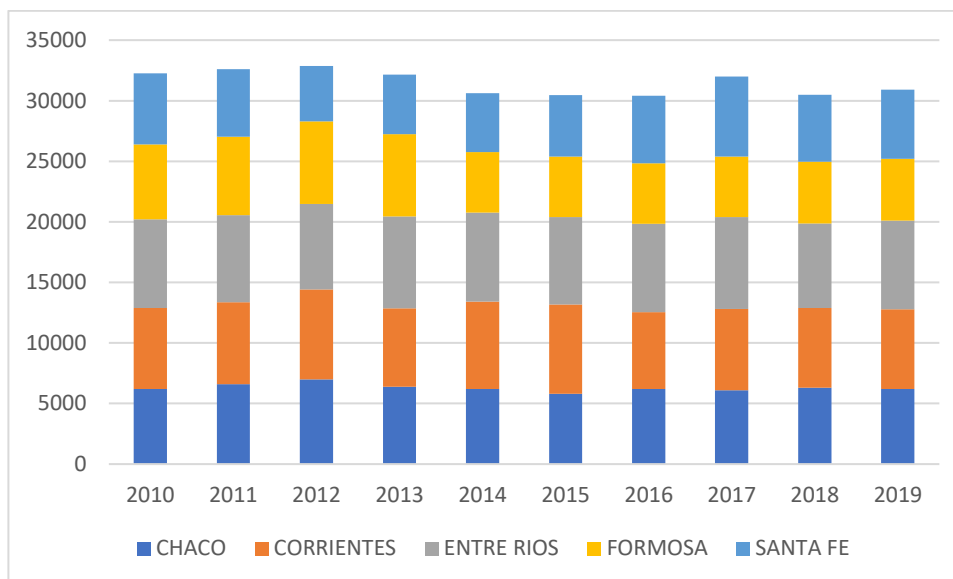


Gráfico 3-6 Rendimiento de cosecha por provincia en campañas comprendidas entre 2010/2011 y 2019/2020.

Fuente: Bolsa de comercio de Rosario.

En lo que respecta a exportaciones se ha alcanzado 167 millones de dólares en 2020 (0,3% de las exportaciones totales), con una disminución interanual de 9,7%. Cabe destacar que el 93,4% de lo exportado correspondió a arroz no parbolizado (semiblanqueado o blanqueado, pulido o glaseado; o descascarillado). Entre los destinos de las exportaciones se destacaron Mercosur (46 millones de dólares, con una participación de Brasil de 100%), Chile (38 millones de dólares), USMCA (24 millones de dólares, con una participación de Estados Unidos de 41,7%) y Unión Europea (22 millones de dólares) (Bernardi, 2017).

### 3.2.2 Afrechillo de arroz

Luego de la extracción del grano de arroz pulido para consumo humano, existen dos subproductos, la cáscara y la harina de arroz.

La harina, salvado o afrechillo de arroz (AAz), contiene el pericarpio que rodea a la semilla, parte de harina y el germen (INTA, 2014). Este conforma aproximadamente entre el 10% y el 15% del arroz procesado dependiendo de la variedad de arroz industrializado, este subproducto según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina cotizó alrededor de 110 USD/t en el mes de octubre de 2021.

La mayor producción de afrechillo de arroz se concentra desde el mes de marzo en adelante, es decir, que durante esta época y en los meses posteriores la oferta de este sub producto es importante, mientras que, en la actualidad la demanda de afrechillo de arroz está sujeta a la oferta forrajera por lo cual es común que no oscile demasiado generando acumulación de importantes volúmenes a nivel de las plantas industrializadoras.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

Se debe destacar que en la principal región arrocerera de nuestro país no existe ninguna planta que procese el afrechillo (Mendez, y otros, 2015). En el gráfico adjunto se puede observar la producción de afrechillo de arroz en las campañas comprendidas entre 2009/2010 – 2018/2019.

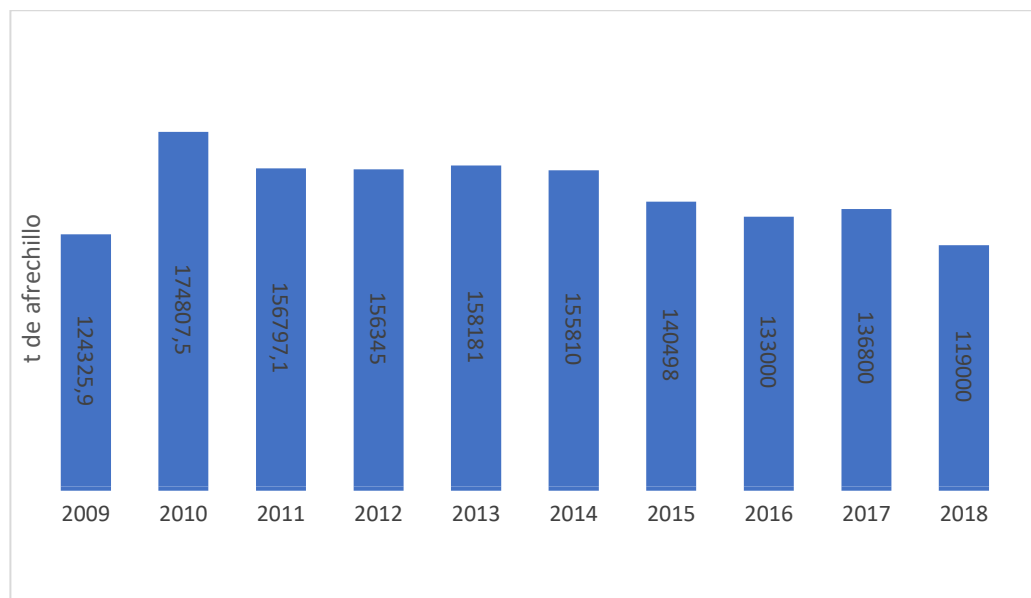


Gráfico 3-7 Toneladas de afrechillo de arroz producidas en Argentina.  
Fuente: Ministerio de Agroindustria.

### 3.2.3 Hidróxido de sodio (NaOH)

El sector comercial del hidróxido de sodio se divide en dos áreas, la venta de soda caustica en solución o en estado sólido. La única diferencia existente entre ellas es el precio de venta, ya que la soda sólida es, por lo general, un 20% más cara que la líquida, diferencia que se debe a los mayores costes derivados de la solidificación (extracción del agua) de la soda líquida. Actualmente el kg de soda caustica sólida cotiza aproximadamente en 1,20 USD. No obstante, esta diferencia en el coste de producción se ve compensada por los menores costes de transporte, por lo que el precio que paga el cliente final es similar en ambos casos. (MEyH, 2005)

A continuación, se detallan en la Tabla 3.1. los principales países importadores y exportadores con los valores expresados en miles de dólares americanos, respectivamente.

Tabla 3-1 Importaciones de NaOH.

Importadores	Valor exportado en 2016	Valor exportado en 2017	Valor exportado en 2018	Valor exportado en 2019	Valor exportado en 2020
Mundo	6.942	14.759	13.614	11.894	380
Zona Nep	0	0	8.884	6.968	249



**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Paraguay	1.349	1.249	1.823	2.028	131
Bolivia	559	930	0	0	0
Brasil	3.840	10.710	0	2.899	0
Chile	0	203	0	0	0
Ecuador	11	25	0	0	0
Perú	20	36	0	0	0
Uruguay	1.163	1.606	2.907	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3-2 Exportaciones de NaOH.

Exportadores	Valor importado en 2016	Valor importado en 2017	Valor importado en 2018	Valor importado en 2019	Valor importado en 2020
Mundo	19.877	15.807	14.351	17.125	18.720
Brasil	9.906	10.770	10.167	8.629	10.718
Corea	2.090	1.072	452	4.890	4.920
China	4.867	980	1.738	2.011	1.109
Alemania	339	460	526	577	523
Estados Unidos de América	232	94	7	463	464
Rusia	1.968	1.711	814	181	377
Taipei chino	157	64	169	65	296
Suecia	76	68	23	85	153
Francia	7	3	65	91	73
India	12	1	92	6	40
Paraguay	0	0	0	13	28
República Checa	0	1	13	22	20
España	20	70	36	0	1
Canadá	0	1	0	0	0
Hong Kong, China	0	0	43	0	0
Jordania	177	451	143	0	0
México	0	2	7	0	0
Polonia	25	26	57	92	0
Suiza	0	0	0	1	0
Reino Unido	0	10	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

En Argentina, los proveedores de hidróxido de sodio se dividen según comercialicen, soda caustica en solución o en estado sólido, según CAFAGDA:

Los primeros,

- Atanor S.C.A.
- Cloronor S.A.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

- Petroquímica Rio Tercero S.A.
- Transclor S.A.
- Unipar Indupa S.A.I.C.

El segundo,

- Unipar Indupa S.A.I.C.

### 3.2.4 Ácido clorhídrico (HCl)

La comercialización mundial de ácido clorhídrico se distribuye entre los siguientes actores de mayor importancia, según página web QuimiNet:

- Formosa Plastics
- Detrex Chemicals
- Covestro
- SINOPEC Nanjing Chemical
- UNID
- China Greenon
- Haijing Chemical
- Orica Watercare
- INOVYN
- AGC
- Jiheng Chemical
- BASF
- Solvay
- Coogee Chemicals
- OxyChem
- Hongri Acron
- Tessenderlo Group
- Ercos
- Aragonesas
- Bayer
- Química del cinco
- Elnosa

El mercado nacional se concentra entre seis grandes empresas:

- Petroquímica Rio Tercero S.A.
- Atanor S.C.A.
- Transclor S.A.
- Unipar Indupa S.A.I.C.
- Química Dalton
- Inquimex S.A.C.I

Actualmente en Argentina se exportan 7830,83 t/año, mientras que, se importan 42,38 t/año según INDEC.

### 3.2.5 Anhídrido acético ((CH<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>O)

Los principales proveedores mundiales de anhídrido acético y su ubicación geográfica encontrados en la página web de QuimiNet fueron:

- Los Alquimistas – Chile
- Alveg – México
- Distribuidora de SOSA y ácidos – México
- Quimica Neumann – México
- Productos industriales Saar – México
- Aquitecno – Colombia
- Qitsa- México
- Jalmek Cientifica – México
- Monfel – México
- Fargraquim – Colombia

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

El único proveedor oficial argentino es Química Córdoba ubicado en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

El mercado nacional argentino importó en 2019, 1074,90 t de anhídrido acético mientras que no se registraron valores de exportación en INDEC.

### 3.3 Análisis de producto intermedio

#### 3.3.1 Almidón nativo

El comercio mundial de almidones nativos se distribuye entre las siguientes empresas, datos extraídos de la página web de QuimiNet:

- Deltagen – Peru
- Mathiesen – Chile
- Distribuciones Berna – México
- Central Chem – México
- Dalbert International – EEUU
- Dalbert – Venezuela
- Prohamex – México
- Zirius Trading Group – Panamá
- Comercializadora Lumawer – México
- Lars Proveedora – México
- Chemical food S.A. de CV – México
- Grupo Morato S.A.S – Colombia
- Negocios Vilerg – Ecuador
- Cítricos de la Vega – Honduras
- Química Star – México

Mientras que, el comercio nacional involucra los siguientes proveedores:

- Ingredión – Buenos Aires
- Molinos Semino – Corrientes
- Glucovil – Buenos Aires
- Glutal – Santa Fe
- Arcor – Córdoba
- Glucoril – Chubut
- Unikem – Buenos Aires

En octubre de 2021, la comercialización de almidón nativo se cotizó en \$60500/t (Dato provisto por la industria “Molinos Semino”).

El flujo nacional de entradas (importaciones) y salidas (exportaciones) se resume en los siguientes gráficos.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

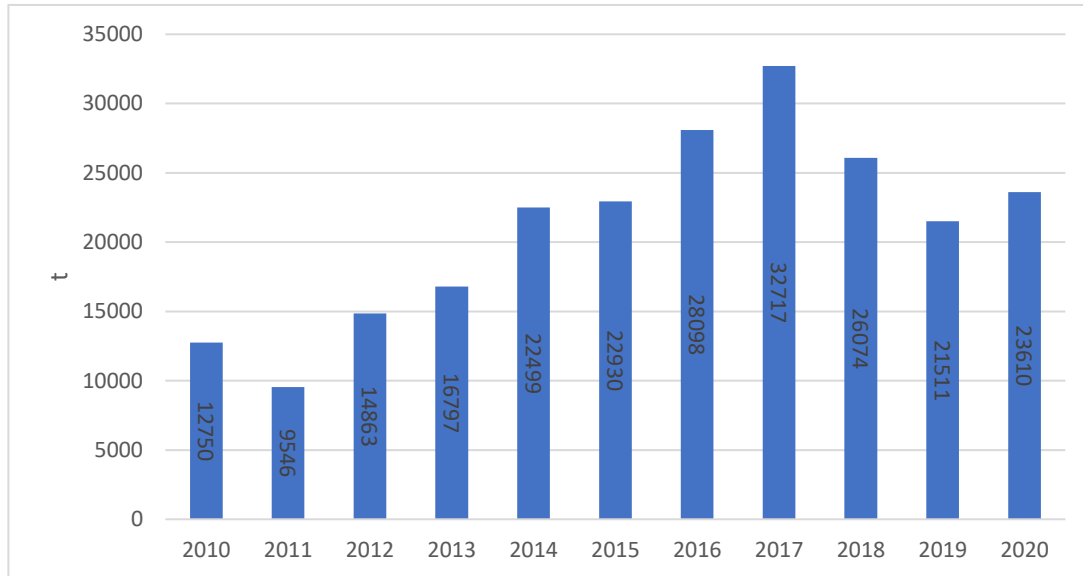


Gráfico 3-8 Importaciones de almidón nativo.  
Fuente: CAFAGDA.

Se puede observar que el pico de importación más alto se alcanzó en el año 2017, mientras que, en el año 2011 se obtuvo el valor más bajo.

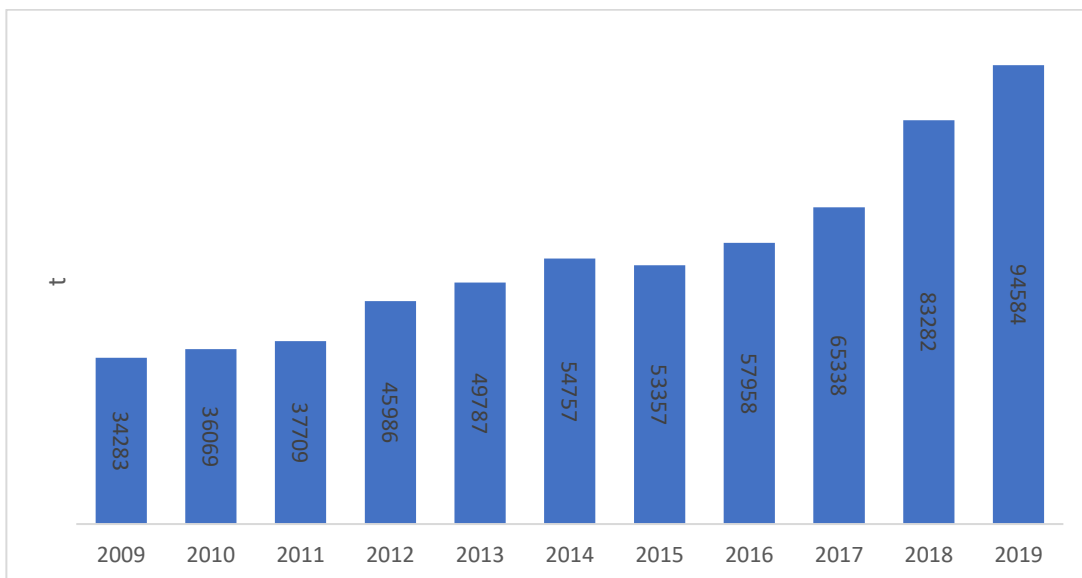


Gráfico 3-9 Exportaciones de almidón nativo.  
Fuente: CAFAGDA.

El mismo describe una tendencia creciente a excepción del año 2015 que presenta una baja, aunque al año próximo se recuperó dicha tendencia.

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

## 3.4 Análisis de subproductos

### 3.4.1 Alimento balanceado

Los principales actores a nivel mundial en el comercio de los alimentos balanceados para ganado bovino según QuimiNet son los siguientes:

- Malta Cleyton – México
- Nutro Line – México
- SERVICIOS GENERALES F&F – Perú
- Itacol – Colombia
- ALIMENTOS Y FORRAJES MELGOZA – México
- Griculmex – México
- Industrias Trociuk – Paraguay

Dentro del mercado nacional, encontramos 10 empresas principales: Alinor, ABSA nutrición animal, RUFACE, Salinera Austral, Agrofy, Prenut, Agrodiet, Vitabull, Cargill, Bioter distribuidas entre en las provincias de Córdoba, Buenos Aires, Santa Fe, La Pampa.

## 3.5 Análisis de la demanda insatisfecha

Debido a la falta de información sobre el consumo aparente de almidón acetilado en Argentina se decidió no tenerlo en cuenta a la hora de calcular la demanda insatisfecha. Por lo tanto, se calculó respetando la siguiente ecuación:

$$\text{Demanda insatisfecha} = \text{Importación} - \text{Exportación}$$

Tabla 3-3 Demanda insatisfecha de almidones modificados.

Año	Exportación de almidón modificado (kg)	Importación de almidón modificado (kg)	Demanda insatisfecha
2010	13.835.312,78	14.883.023,00	1.047.710,22
2011	14.412.500,61	14.799.529,00	387.028,39
2012	16.947.392,00	15.268.270,00	-1.679.122,00
2013	16.496.731,00	16.273.444,00	-223.287,00
2014	14.932.363,60	16.539.648,00	1.607.284,40
2015	11.691.673,31	16.477.047,00	4.785.373,69
2016	7.991.442,98	18.617.619,00	10.626.176,02
2017	5.401.908,04	20.194.425,67	14.792.517,63
2018	7.707.403,70	17.598.157,40	9.890.753,70
2019	6.875.182,20	17.027.252,92	10.152.070,72
2020	7.604.167,61	15.496.927,04	7.892.759,43

Fuente: INDEC.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022*

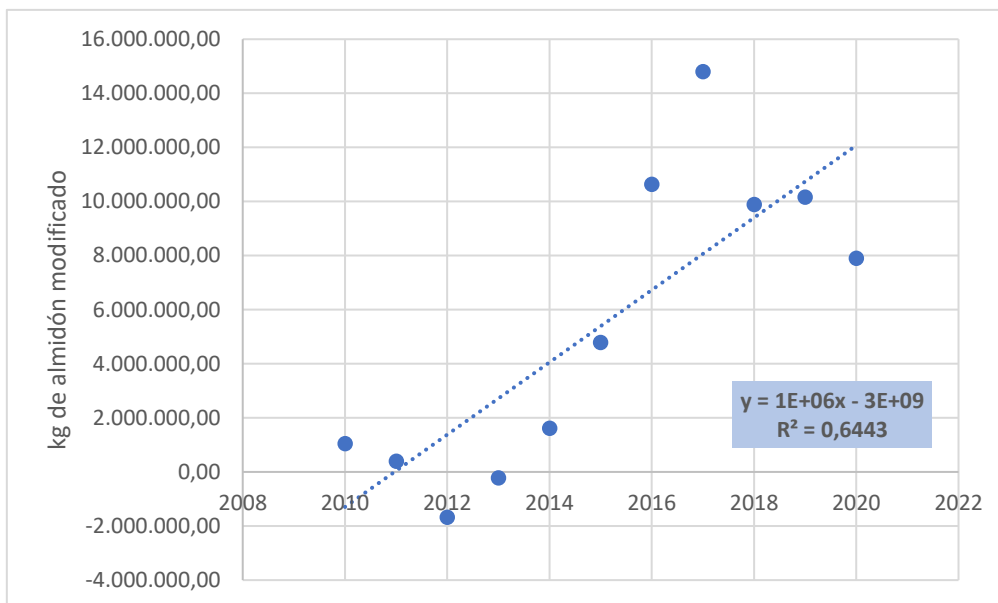


Gráfico 3-10 Demanda insatisfecha de almidones modificados.  
Fuente: INDEC.

Debido a que los puntos pertenecientes a los años 2012, 2013, 2016 y 2017 presentan alta desviación, se decidió calcular el valor medio entre los años anteriores y posteriores de los mismo, resultando el gráfico de la siguiente manera.

Tabla 3-4 Corrección de la demanda insatisfecha de almidones modificados.

Año	Demanda Insatisfecha (kg)
2010	1.047.710,22
2011	387.028,39
2012	997.156,40
2013	997.156,40
2014	1.607.284,40
2015	4.785.373,69
2016	7.338.063,70
2017	7.338.063,70
2018	9.890.753,70
2019	10.152.070,72
2020	7.892.759,43

Fuente: Elaboración propia.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022

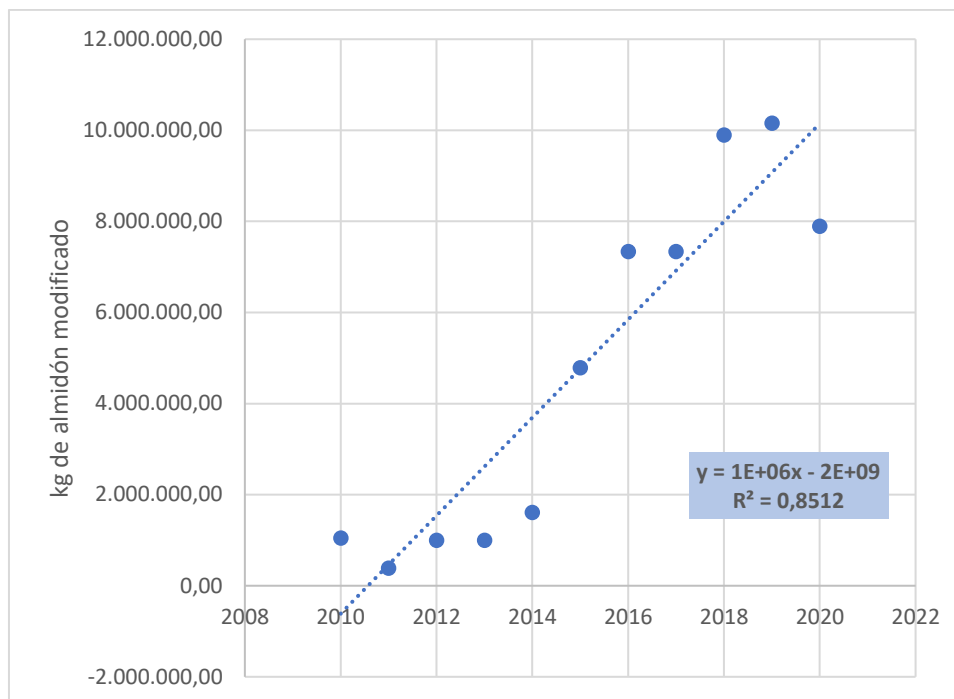


Gráfico 3-11 Corrección de la demanda insatisfecha de almidones modificados.  
Fuente: INDEC.

Se puede observar que en el Gráfico 3.10 se obtuvo un  $R^2$  igual a 0,6443, y una vez realizada la media aritmética se logró un  $R^2$  de 0,8512.

### 3.6 Análisis FODA

#### 3.6.1 Definiciones

- Debilidades internas: Puntos débiles, aspectos que pueden limitar o reducir la capacidad del desarrollo efectivo de la estrategia de la organización, constituyen una amenaza para la organización y deben, por tanto, ser controladas y superadas
- Fortalezas internas: Puntos fuertes, capacidades, recursos, posiciones alcanzadas y, consecuentemente, ventajas competitivas que deben y pueden servir para explotar oportunidades en la organización.
- Amenazas externas: Fuerza y situaciones del entorno en que realiza la actividad la organización que puede impedir la implantación de una estrategia efectiva, o bien reducir su efectividad, o incrementar los riesgos de la misma, o los recursos que se requieren para su implantación.
- Oportunidades externas: Todo aquello que pueda suponer una ventaja competitiva para la organización, o bien representar una posibilidad para mejorar la rentabilidad, reputación, negocio, etc.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022*

<b>ANALISIS INTERNO</b>	<b>ANALISIS EXTERNO</b>
<p align="center">Debilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alta dependencia sobre los costos establecidos por el mercado de insumos y materias primas indispensables para el proceso productivo.</li> </ul>	<p align="center">Amenazas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Amplio mercado nacional de almidones modificados.</li> <li>✓ Utilización de nuestra principal materia prima como alimentación ganadera por facilidad de tratamiento.</li> <li>✓ Inestabilidad económica financiera existente dentro del país que podrían perjudicar a la industria.</li> </ul>
<p align="center">Fortalezas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Añadir valor agregado a un subproducto poco explotado.</li> <li>✓ Generación de fuentes de trabajo.</li> <li>✓ Posibilidad de acoplar a una planta procesadora de arroz principalmente en el litoral argentino.</li> <li>✓ Ventas de subproductos, tales como: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alimento balanceado rico en proteína, fibra y grasa.</li> </ul> </li> </ul>	<p align="center">Oportunidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Escasa oferta de plantas procesadoras de afrechillo de arroz.</li> <li>✓ Debido al alto grado de enranciamiento del afrechillo de arroz, se oxida rápidamente no siendo útil para alimentación ganadera sino se le proveen condiciones óptimas de almacenamiento.</li> <li>✓ Crecimiento de la oferta interna de producto y subproductos.</li> <li>✓ No requiere inserción en el mercado debido a que los productos son populares.</li> <li>✓ Crecimiento constante del mercado de almidones modificados en el área de la salud.</li> <li>✓ Generar convenios con la industria arroceras y alianzas con competencia.</li> </ul>





# CAPÍTULO 4

## CAPACIDAD DE LA PLANTA

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022

## 4 Capacidad de la planta

### 4.1 Introducción

El capítulo de capacidad tiene como objetivo determinar el tamaño que tendrá la planta, uno de los aspectos fundamentales en el desarrollo del proyecto. El estudio de mercado y la localización permiten analizar la disponibilidad de la materia prima y la demanda insatisfecha del mercado del almidón acetilado que se utilizan como base para establecer la capacidad.

A la hora de evaluar los factores determinantes para la instalación de una planta, es necesario calcular el tamaño óptimo de la misma con el fin de saber la capacidad de producción que tendrá y así realizar el análisis económico. El tamaño óptimo de un proyecto es su capacidad instalada, y se expresa en unidades de producción por año. Se considera óptimo cuando opera con los menores costos totales o la máxima rentabilidad económica.

Dentro de los factores que influyen en la determinación del tamaño del proyecto, se encuentra la cantidad demandada proyectada a futuro y es el factor condicionante más importante.

Aunque el tamaño puede ir posteriormente adecuándose a mayores requerimientos de operación para enfrentar un mercado creciente, es necesario que se evalúe esa opción contra la de definir un tamaño con una capacidad ociosa inicial que posibilite responder oportunamente a una demanda creciente en el tiempo (Combale, 2020).

### 4.2 Proyección a 10 años de la demanda de almidón acetilado

A partir de los datos de la Tabla 3.4 “Corrección de la demanda insatisfecha de almidones modificados” junto con la Ecuación 4.1 obtenida a través de la línea de tendencia del Gráfico 3.11 “Corrección de la demanda insatisfecha de almidones modificados” se deducen los valores de la demanda insatisfecha proyectados diez años, los cuales se encuentran en la Tabla 4.1, que determina el Gráfico 4.1.

$$y = 1 * 10^6 * x - 2 * 10^9$$

Ecuación 4-1 Línea de tendencia.

Siendo:

*y*: demanda insatisfecha.

*x*: año proyectado.

Tabla 4-1 Crecimiento de la demanda de almidón acetilado a futuro.

Año proyectado	Demanda insatisfecha (t)
2021	21000,00
2022	22000,00
2023	23000,00

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022

2024	24000,00
2025	25000,00
2026	26000,00
2027	27000,00
2028	28000,00
2029	29000,00
2030	30000,00
2031	31000,00

Fuente: Elaboración propia.

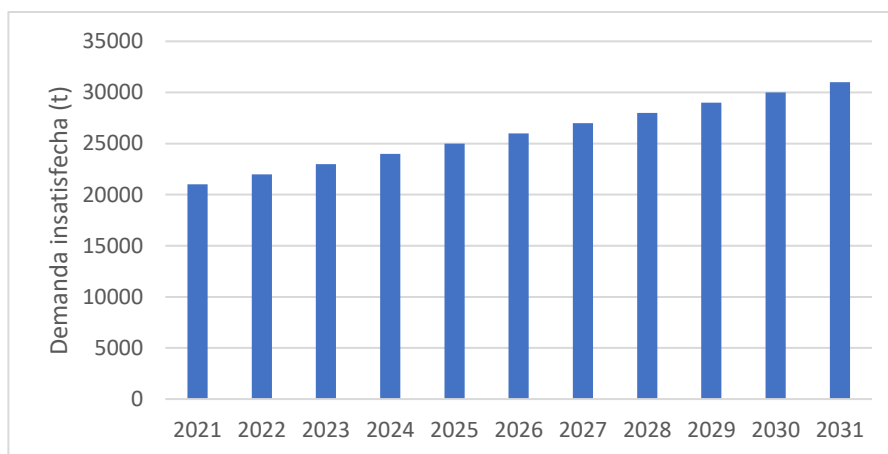


Gráfico 4-1 Crecimiento de la demanda de almidón acetilado a futuro.

Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 4.1. se visualiza claramente la demanda ascendente del almidón acetilado.

### 4.3 Producción óptima en función de la demanda

Después de analizar la proyección de la demanda a futuro se pudo notar que presenta una tendencia creciente a lo largo de los años, debido a esto, la producción deberá acompañar dicha evolución.

Para establecer la capacidad se dispone de un método de aproximación, el cual examina diferentes factores que hacen variar el tamaño óptimo de la producción, así como la demanda futura, disponibilidad de insumos, capacidad financiera del inversionista, crecimiento de la competencia, entre otros (Gerber, y otros, 2021).

El exponente del factor de escala ( $\alpha$ ) fue tomado del Boletín N°20 de la Organización de las Naciones Unidas "Industrialización y Productividad", cuyo valor para las industrias de alimentos es 0.65.

En aquellos mercados en los que el consumo del producto presenta una tendencia creciente, como es en este caso, se estima el periodo óptimo ( $n$ ), correspondiente al tamaño del proyecto. Empleando la Ecuación 4.2.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022

$$\frac{1}{R^n} = 1 - 2 * \left(\frac{1 - \alpha}{\alpha}\right) * \left(\frac{R - 1}{R + 1}\right)^{N-n}$$

Ecuación 4-2 Capacidad óptima.

Donde:

*N*: vida útil de la maquinaria y equipos, 10 años por convenio.

*α*: exponente del factor de escala.

*n*: período óptimo de desarrollo del mercado.

*R*: desarrollo porcentual de la demanda, deducida por la Ecuación 4.3.

$$R = 1 + r$$

Ecuación 4-3 Desarrollo porcentual de la demanda.

Donde:

*r*: tasa de crecimiento estimada de mercado.

Para establecer la tasa de crecimiento estimada de mercado (*r*) se emplearon los datos obtenidos en la Tabla 4.1 resultando 0,045.

A partir de estos datos se obtuvieron los valores de 1,045 para *R* y 9,7038 para *n*.

Una vez hallados dichos parámetros, se procede a calcular el tamaño óptimo aconsejable del proyecto (*D<sub>n</sub>*) utilizando la Ecuación 4.5.

$$D_n = D_0 * (1 + r)^n$$

Ecuación 4-4 Tamaño óptimo del proyecto.

Donde:

*D<sub>n</sub>*: capacidad óptima de proyección futura.

*D<sub>0</sub>*: magnitud de la demanda actual que satisface el proyecto.

La resolución de esta ecuación arroja un resultado de 32189,92 toneladas anuales, que supera las expectativas de crecimiento de mercado expuestas al comienzo. Se adopta, en consecuencia, una capacidad de 32200 t/año.

Las ecuaciones anteriores fueron extraídas del libro "Preparación y evaluación de proyectos" (Sapag, y otros, 1989).

#### 4.4 Requerimiento de materias primas e insumo

La principal materia prima de este proyecto es el afrechillo de arroz por lo cual se debió asegurar la disponibilidad existente para obtener 32200 t/año de almidón acetilado. Para justificar dicha disponibilidad, se calculó el 40% (concentración aproximada de almidón en afrechillo) sobre los datos expuestos en el Gráfico 3.7 de las toneladas de afrechillo de arroz

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022*

registradas por el Ministerio de Agroindustria para la campaña 2018/2019, obteniendo como resultado 47600 t/año de almidón. Se concluyó entonces, que la capacidad calculada es viable.

El proceso de obtención de almidón acetilado a partir de afrechillo de arroz requiere el uso de ácido clorhídrico, anhídrido acético e hidróxido de sodio, principalmente. En el Capítulo 3 del presente proyecto se realizó un listado de proveedores argentinos de dichos insumos, mientras que, en el presente capítulo se realizó un análisis de la distancia física medida en kilómetros para decidir cuál de ellos se encuentra más cerca del parque industrial de Villaguay, localización determinada en el Capítulo 5.

Se decidió realizar la compra de hidróxido de sodio y ácido clorhídrico a la empresa Atanor S.C.A. ubicada a 337km en la ciudad de Pilar, pcia. de Buenos Aires. Cabe destacar, que Atanor S.C.A. no es la única empresa argentina proveedora de estos dos insumos, sino que existen además 4 empresas oficiales a las cuales se podría realizar la compra. La situación del anhídrido acético posee un panorama restringido, ya que solo Química Córdoba S.A. es la empresa oficial proveedora de dicho insumo que se encuentra en CABA a 376km de Villaguay.



# CAPÍTULO 5

## LOCALIZACIÓN

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022

## 5 Localización

La localización adecuada de la planta industrial es un factor determinante para el éxito del proyecto, por lo que, la decisión acerca de la ubicación de la planta obedecerá a criterios económicos y estratégicos con el fin de elegir el lugar que permitiría reunir la materia prima necesaria, realizar los procesos de fabricación y entregar el producto a los clientes con el costo más bajo posible (Conti, y otros, 2019).

Un método útil para descartar localizaciones posibles es el método de “factores ponderados”, el cual se basa en el relevamiento de diversos factores críticos que influyen en forma importante en la localización haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$S_j = \sum_{i=1}^m W_i * F_{ij}$$

Donde:

*S<sub>j</sub>*: Puntuación global alternativa *j*.

*W<sub>i</sub>*: Peso ponderado de cada factor *i*.

*F<sub>ij</sub>*: Puntuación alternativa *j* de cada factor *i*.

### 5.1 Macro localización

El objetivo de este punto fue encontrar la provincia óptima para establecer la planta procesadora de afrechillo de arroz. Para ello, se desarrolló un análisis de distintos factores relevantes.

El proyecto para el desarrollo de obtención de almidón acetilado a partir de afrechillo de arroz fue ideado para localizarse en el territorio argentino con el objetivo de generar un nuevo producto de mayor valor agregado utilizando un desecho de la industria arrocera.

#### 5.1.1 Disponibilidad de materia prima

Los datos que se tuvieron en cuenta a la hora de evaluar el primer factor de localización fueron extraídos del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGyP) acumulados desde enero hasta septiembre del año 2021, los mismos se representan en la Tabla 5.1. y en la Figura 5.1.

Tabla 5-1 Producción de afrechillo de arroz por provincia.

Provincia	Toneladas de afrechillo de arroz (t)	Nivel de producción
Entre Ríos	78989	Elevado
Santa Fe	17451	Elevado

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022*

Chaco	5450	Moderado
Corrientes	2413	Moderado
Misiones	496	Bajo
Córdoba	47	Bajo
Buenos Aires	14	Bajo

Fuente: Elaboración propia.

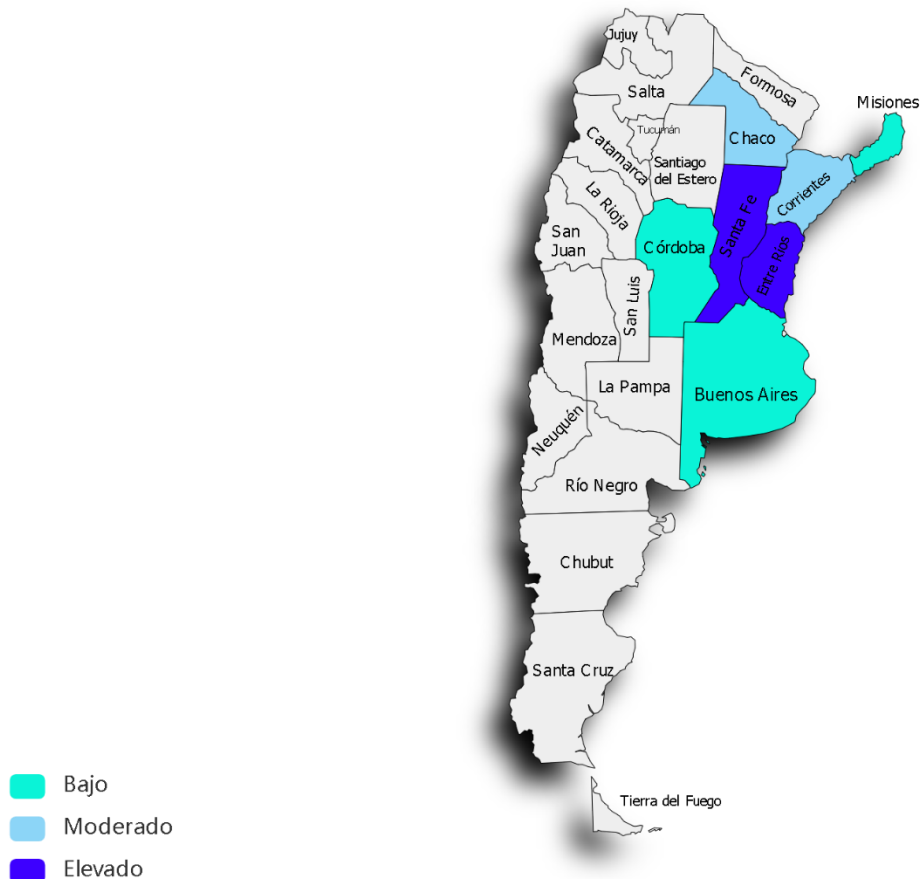


Fig. 5-1 Nivel de producción de afrechillo de arroz.  
 Fuente: Elaboración Propia.

**5.1.2 Disponibilidad de mercado o zonas de consumo**

En la página web del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social se encuentra disponible un relevamiento de datos sobre estadísticas e indicadores regionales perteneciente al año 2019 de donde se extrajo información sobre la cantidad de empresas alimenticias por provincia. En la Tabla 5.2. y Figura 5.2. se resumen dichos datos.



**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022*

Tabla 5-2 Nivel de industrialización.

<b>Provincia</b>	<b>Industrias alimenticias principales</b>	<b>Nivel de industrialización</b>
Buenos Aires	6593	Elevado
Córdoba	1725	Elevado
Santa Fe	1527	Elevado
Mendoza	1234	Elevado
Entre Ríos	612	Moderado
Misiones	353	Moderado
Tucumán	345	Moderado
Río Negro	344	Moderado
San Juan	342	Moderado
Salta	297	Moderado
Chubut	222	Moderado
Corrientes	213	Moderado
Neuquén	213	Moderado
Santiago del Estero	192	Bajo
Chaco	175	Bajo
La Pampa	174	Bajo
San Luis	156	Bajo
Jujuy	133	Bajo
Santa Cruz	127	Bajo
Catamarca	108	Bajo
La Rioja	100	Bajo
Formosa	62	Bajo
Tierra del Fuego	62	Bajo

Fuente: Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social.

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022

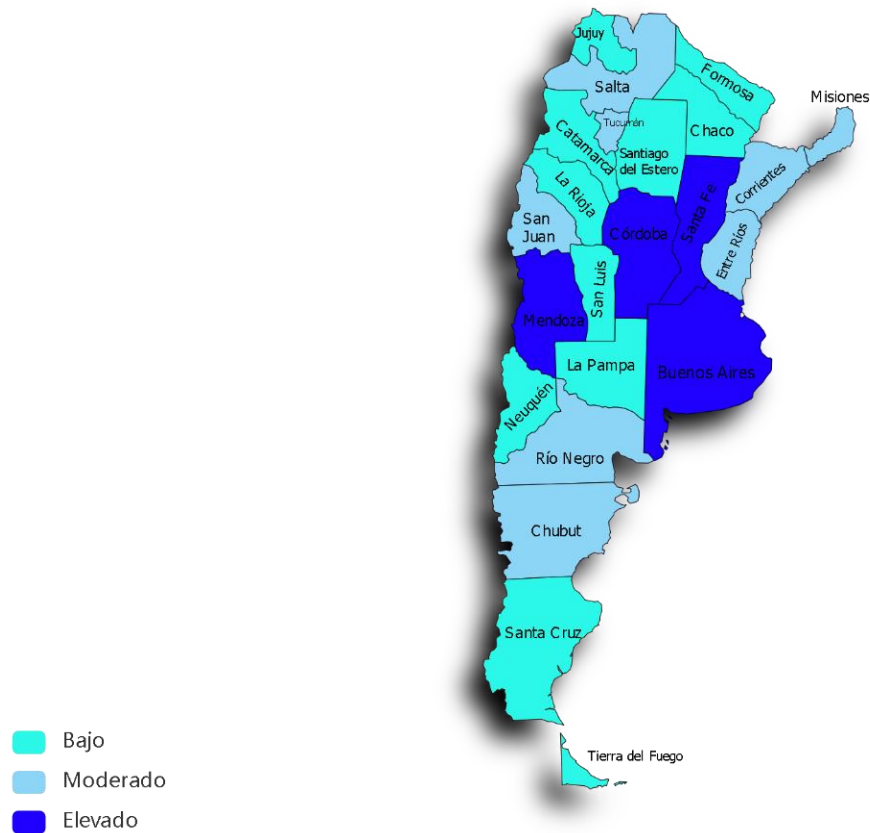


Fig. 5-2 Nivel de industrialización.  
Fuente: Elaboración Propia.

### 5.1.3 Disponibilidad de transporte

La disponibilidad de rutas y vías de tren afecta en los costos de transporte, ya que, se tiene en cuenta al analizar las distancias necesarias para transportar la materia prima a la fábrica, así como para distribuir el producto a las zonas de consumos. Se puede observar las cargas máximas transportadas ( $t$ ) y la longitud de la red vial ( $km$ ) en las Tablas 5.3. y 5.4. respectivamente, mientras que, en las Figuras 5.3. y 5.4. se aprecia la representación esquemática distribuida por colores según el nivel de evaluación definido.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022*

Tabla 5-3 Nivel de transporte.

<b>Ferrocarril</b>	<b>Recorrido principal por provincia</b>	<b>Cargas máximas transportadas anuales (t)</b>	<b>Nivel de Transporte</b>
NCA	Buenos Aires Santa Fe Córdoba Santiago del Estero Tucumán	6689083	Elevado
FePSA	Buenos Aires Santa Fe La Pampa	4212152	Elevado
T.A.CyL San Martín	Buenos Aires CABA	1942999	Moderado
T.A.CyL Belgrano	NOA	1464059	Moderado
T.A.CyL Urquiza	Entre Ríos Corrientes Misiones	160079	Bajo
Ferrosur Roca	Buenos Aires	120402	Bajo

Fuente: MAGyP.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022*

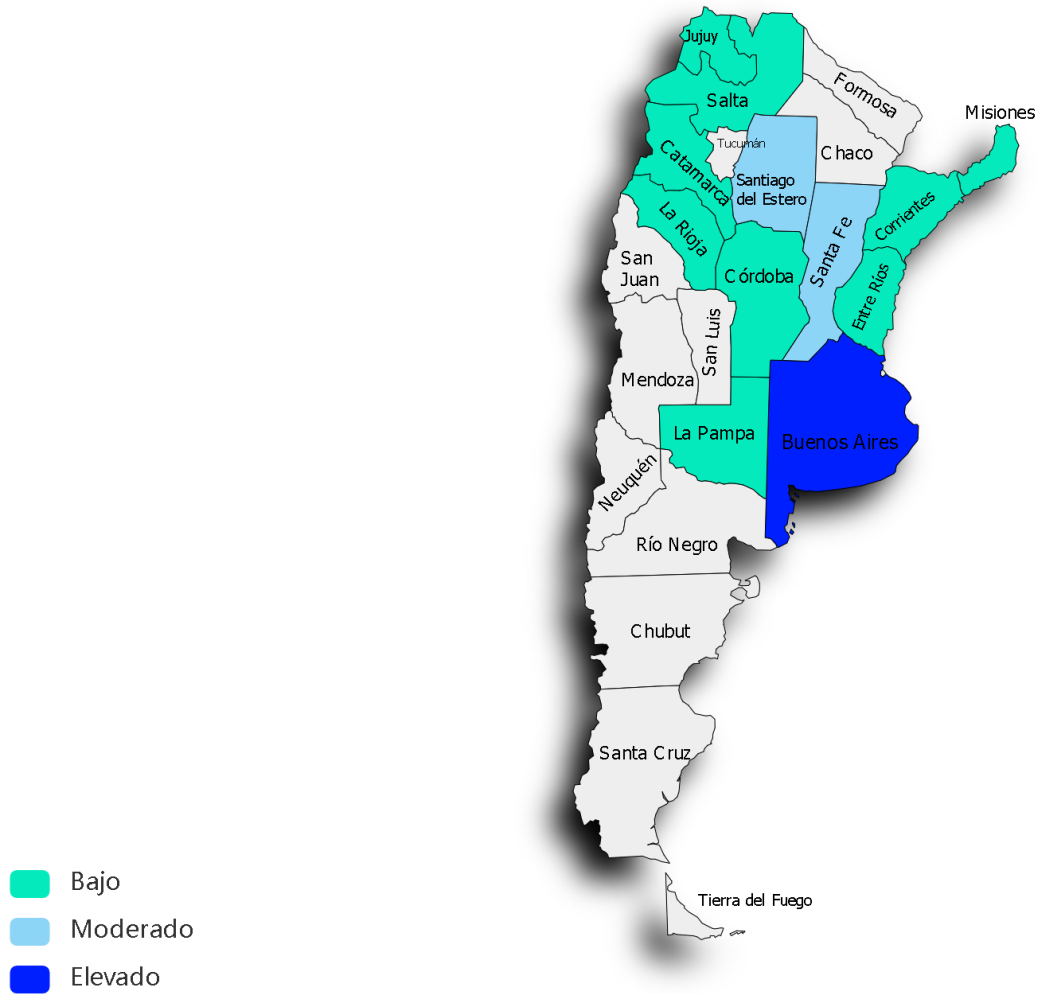


Fig. 5-3 Nivel de transporte.  
 Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 5-4 Capacidad vial.

Provincia	Longitud de red vial (km)	Capacidad vial
Buenos Aires	3426	Elevado
Santa Cruz	2903	Elevado
Córdoba	2714	Elevado
Santa Fe	2591	Elevado
Mendoza	2196	Elevado
Chubut	2165	Elevado
Río Negro	2370	Elevado
La Rioja	1891	Moderado
Salta	1850	Moderado
Corrientes	1753	Moderado

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022*

La Pampa	1670	Moderado
Entre Ríos	1607	Moderado
Santiago del Estero	1480	Moderado
Neuquén	1428	Moderado
Formosa	1307	Moderado
San Juan	1272	Moderado
Jujuy	1188	Moderado
Catamarca	1124	Moderado
Chaco	987	Bajo
San Luis	960	Bajo
Misiones	822	Bajo
Tierra del Fuego	660	Bajo
Tucumán	575	Bajo

Fuente: MAGyP.

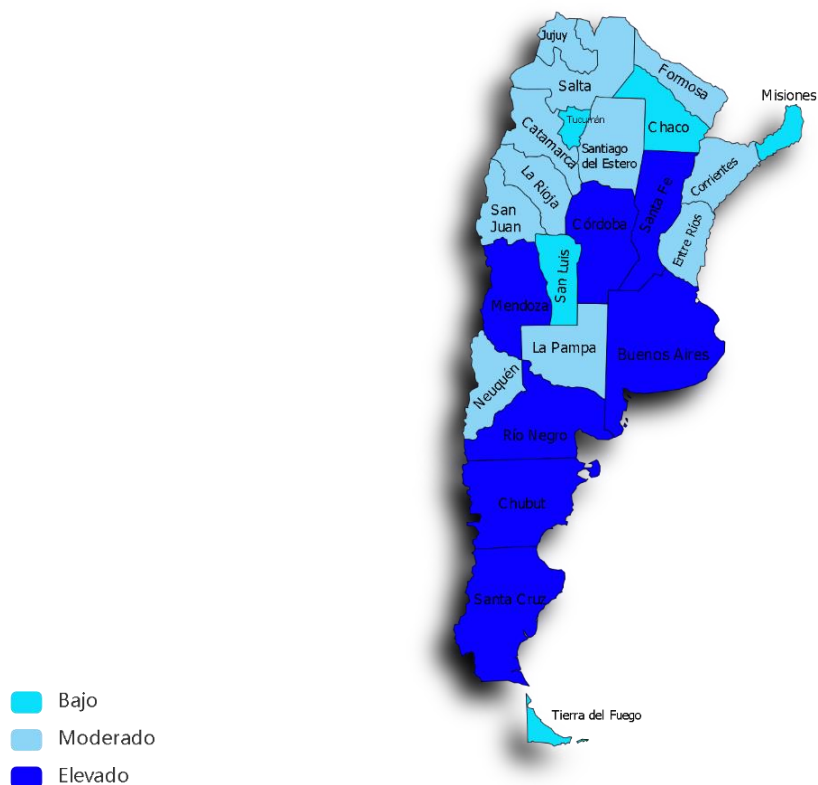


Fig. 5-4 Capacidad vial.  
Fuente: Elaboración Propia.

#### 5.1.4 Disponibilidad de parques industriales

Un parque industrial, también llamado polígono industrial, área industrial, polo industrial o zona industrial, es un espacio territorial en el cual se agrupan una serie de actividades

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022*

industriales, se encuentra en una zona favorable y se caracteriza, generalmente, por poseer los siguientes servicios:

- Fuentes de energía.
- Transporte y mano de obra.
- Ubicación y magnitud de los mercados o áreas de servicio.
- Impuestos y aranceles.
- Disponibilidad de servicios públicos.
- Otros servicios de apoyo que son esenciales para la operación exitosa de una planta.

En la actualidad, Argentina cuenta con 249 parques industriales (Ministerio de Desarrollo Productivo, 2021). En la Tabla 5.5. y Figura 5.5. se puede observar que las provincias con mayor superficie destinada a parques industriales son Buenos Aires, Santa Fe y Entre Ríos.

Tabla 5-5 Nivel de industrialización.

Provincia	Cantidad de Parques Industriales	Nivel de industrialización
Buenos Aires	86	Elevado
Santa Fe	32	Elevado
Entre Ríos	23	Elevado
Córdoba	14	Moderado
Río Negro	13	Moderado
Mendoza	10	Moderado
Neuquén	9	Moderado
Chubut	8	Moderado
Corrientes	8	Moderado
La Pampa	8	Moderado
Misiones	8	Moderado
Chaco	6	Bajo
Salta	4	Bajo
San Juan	4	Bajo
Tucumán	4	Bajo
Santa Cruz	3	Bajo
Santiago del Estero	3	Bajo
La Rioja	2	Bajo
Catamarca	1	Bajo
Formosa	1	Bajo
Jujuy	1	Bajo
San Luis	1	Bajo
Tierra del Fuego	1	Bajo

Fuente: Ministerio de Desarrollo Productivo.

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022

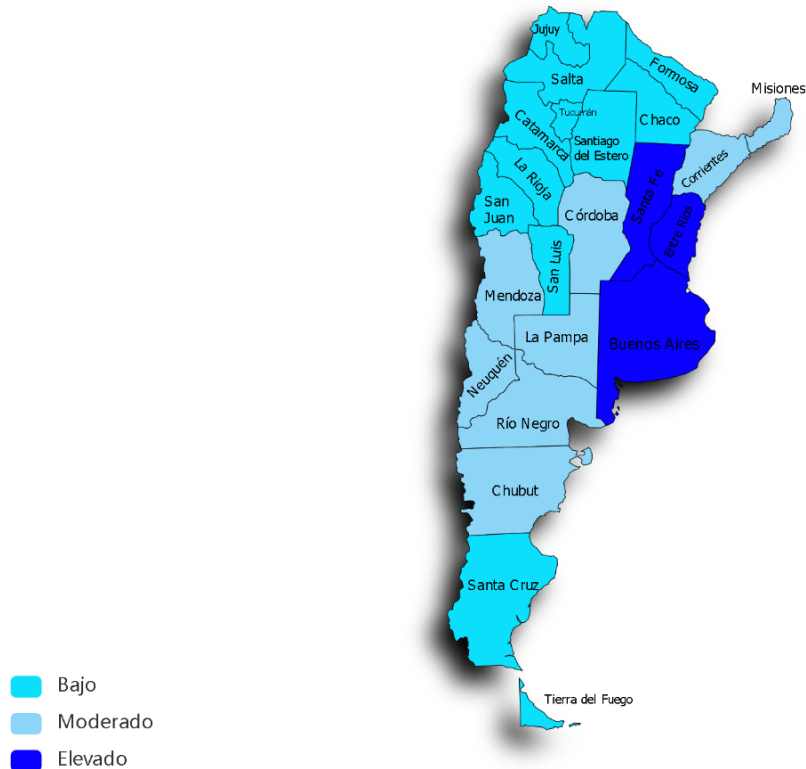


Fig. 5-5 Nivel de industrialización.  
Fuente: Elaboración Propia.

## 5.1.5 Disponibilidad de mano de obra

Según el informe técnico de INDEC, año 2021, Argentina cuenta con una población de 45,8 millones de personas, dentro de las cuales, 13,3 millones (30%) pertenecen a la población económicamente activa (PEA) que a su vez se subdivide en ocupados, 12 millones (26%) y desocupados, 1,3 millones (3%).

Cuando se analiza la composición de la población ocupada por nivel educativo, 31% cuenta con hasta secundario incompleto, 26,4% cuenta con secundario completo, y 42,6% presenta nivel superior y universitario (completo o incompleto).

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022*

Tabla 5-6 Nivel de desocupación.

<b>Región</b>	<b>Provincias involucradas</b>	<b>Mano de obra disponible (personas)</b>	<b>Nivel de desocupación</b>
Gran Buenos Aires	Buenos Aires CABA	729.000	Elevado
Pampeana	Entre Ríos Córdoba Santa Fe La Pampa	306.000	Elevado
Noroeste (NOA)	Catamarca Tucumán Jujuy La Rioja Salta Santiago del Estero	107.000	Intermedio
Cuyo	Mendoza San Juan San Luis	59.000	Intermedio
Noreste (NEA)	Corrientes Formosa Chaco Misiones	37.000	Bajo
Patagonia	Chubut Neuquén Santa Cruz Río Negro Tierra del fuego	34.0000	Bajo

Fuente: INDEC.



# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022

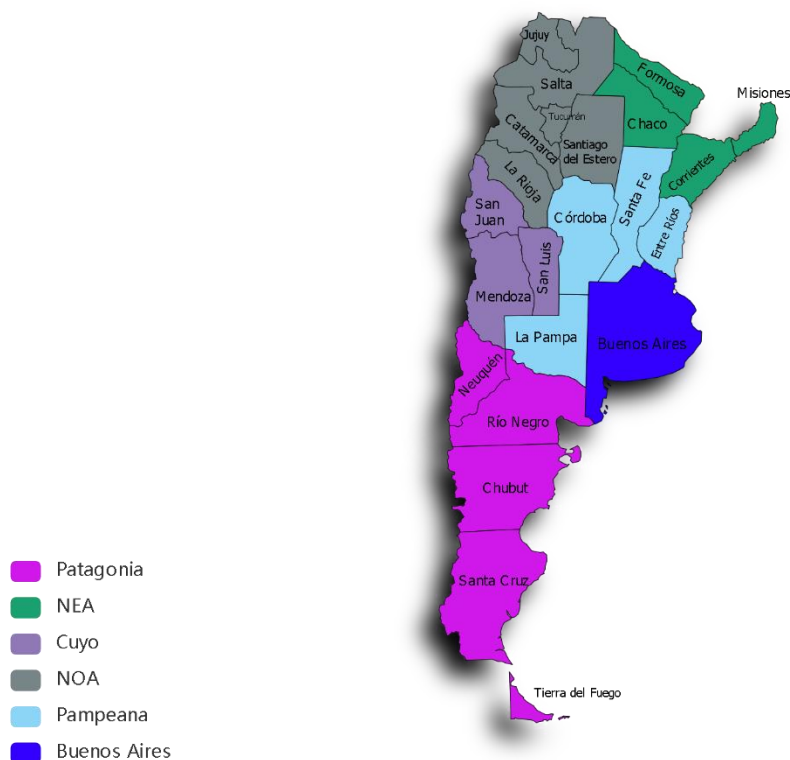


Fig. 5-6 Nivel de desocupación.  
Fuente: Elaboración Propia.

Se puede visualizar en la Tabla 5.6. y la Figura 5.6. que la región Pampeana y Gran Buenos Aires poseen la mayor cantidad de mano de obra disponible.

### 5.1.6 Disponibilidad de calidad de vida

En la Tabla 5.7. y Figura 5.7. se representó la distribución de entidades educativas (públicas y privadas) a lo largo de la nación argentina. Se puede observar que las provincias con mayor oferta educativa son Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba. Este parámetro es importante de analizar ya que es una posibilidad de incorporar recursos humanos capacitados aumentando el prestigio de la planta procesadora de afrechillo de arroz.

Tabla 5-7 Nivel educativo.

Provincia	Entidad educativo pública	Entidad educativa privada	Total de entidades educativas	Nivel educativo
Buenos Aires	61	67	128	Elevado
Santa Fe	6	12	18	Elevado
Córdoba	5	11	16	Elevado

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022*

Mendoza	2	7	9	Moderado
Chaco	3	3	6	Moderado
Entre Ríos	4	2	6	Moderado
San Luis	4	2	6	Moderado
Corrientes	1	3	4	Bajo
Chubut	3	1	4	Bajo
La Rioja	3	1	4	Bajo
Misiones	2	2	4	Bajo
Río Negro	3	1	4	Bajo
Tucumán	2	2	4	Bajo
Jujuy	1	2	3	Bajo
San Juan	1	2	3	Bajo
Salta	2	1	3	Bajo
Tierra del Fuego	2	1	3	Bajo
Formosa	2	-	2	Bajo
Neuquén	2	-	2	Bajo
Santa Cruz	2	-	2	Bajo
Santiago del Estero	1	1	2	Bajo
Catamarca	1	-	1	Bajo
La Pampa	1	-	1	Bajo

Fuente: Altillo.

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022

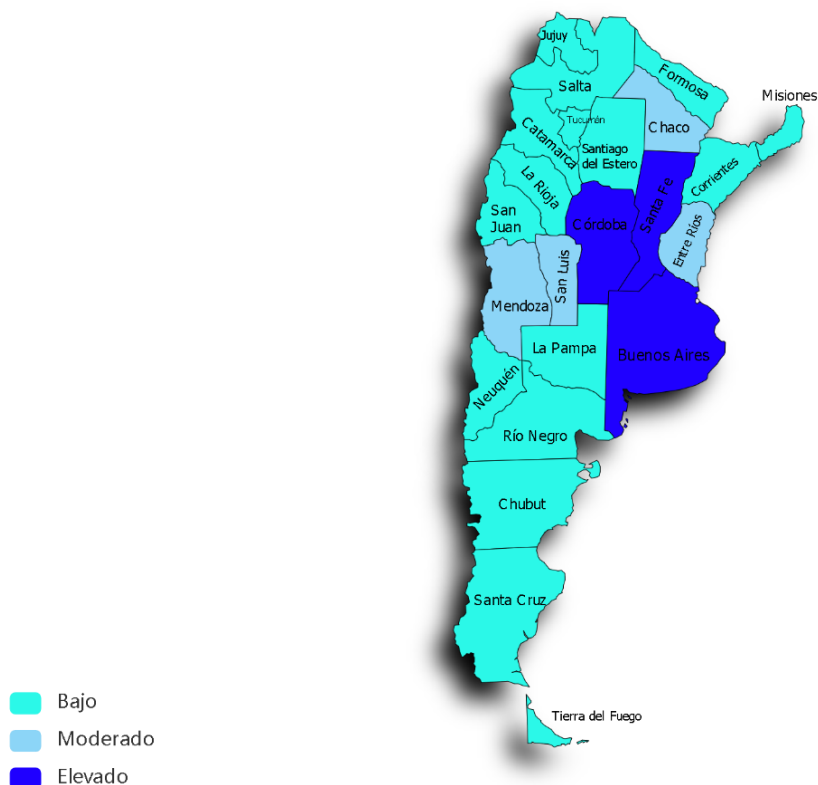


Fig. 5-7 Nivel educativo.  
Fuente: Elaboración Propia.

## 5.1.7 Análisis ponderado

Para decidir la provincia óptima para establecer la planta productiva se realizó el siguiente análisis ponderado respetando la metodología indicada en el punto 5. Para ello, fue necesario filtrar por nivel “elevado” de las tablas adjuntas en los puntos 5.1.1 al 5.1.6. concluyendo que las provincias a evaluar fueron Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos y Santa Fe. Cabe destacar, que se reemplazó el factor 5.1.3. por un factor adicional relacionado con la distancia en *km* desde la provincia con mayor oferta en materia prima hasta cada una de las provincias evaluadas, ya que todas las provincias tienen acceso a rutas y ferrocarriles por lo que se consideró irrelevante su evaluación para definir la macro localización. Los datos para realizar la ponderación fueron extraídos de Google Maps resultado:

- Entre Ríos – Buenos Aires: 320 *km*.
- Entre Ríos – Córdoba: 583 *km*.
- Entre Ríos – Santa Fe: 219 *km*.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022*

Tabla 5-8 Análisis ponderado macro localización.

Factor	Ponderación	Buenos Aires		Córdoba		Entre Ríos		Santa Fe	
		%	Grado	%	Grado	%	Grado	%	Grado
Materia prima	0.40	25	10	25	10	100	40	75	30
Mercado de consumo	0.20	100	20	75	15	25	5	50	10
Parques industriales	0.15	100	20	25	5	50	10	75	15
Mano de obra	0.10	100	15	50	7.5	75	11.25	25	3.75
Entidades educativas	0.05	100	5	50	2.5	25	1.25	75	3.75
Distancia a planta	0.10	50	5	25	2.5	100	10	75	7.5
Total	1		75		42.5		77.5		70

Fuente: Elaboración Propia.

Luego de realizar el análisis ponderado que se puede observar en la Tabla 5.8. se concluyó que las provincias óptimas para acotar la selección de la instalación de la planta, fueron, en primer lugar, Entre Ríos con una puntuación de 77.5 y, en segundo lugar, Buenos Aires con 75 puntos. Ante estos resultados, la provincia seleccionada para enmarcar el proyecto y evaluar en la micro localización fue Entre Ríos.

## 5.2 Micro localización

En esta instancia se busca determinar el lugar preciso donde se llevará a cabo el proyecto, siendo este, el sitio que permita cumplir con los objetivos de la empresa, producir la más alta rentabilidad y el mínimo costo unitario del producto (Gerber, y otros, 2021).

Según datos extraídos de la Revista Proarroz abril-mayo 2020, los departamentos con mayor producción de arroz en la provincia de Entre Ríos fueron Villaguay, Federación y San Salvador, respectivamente. En una noticia publicada en la sección infraestructura de la Secretaria de Comunicación del Gobierno de Entre Ríos año 2020, se informó acerca del proyecto de realización de un parque bimunicipal entre San Salvador y General Campos; debido a esta situación, se decidió descartar el departamento San Salvador. A la hora de hacer el análisis ponderado, se tuvieron en cuenta los departamentos de Villaguay y Federación, contando este último con dos parques industriales por lo que la evaluación se distribuyó en tres alternativas:

- Parque industrial Villa del Rosario – Federación.
- Parque industrial de Villaguay – Villaguay.
- Área industrial Chajarí – Chajarí.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022*

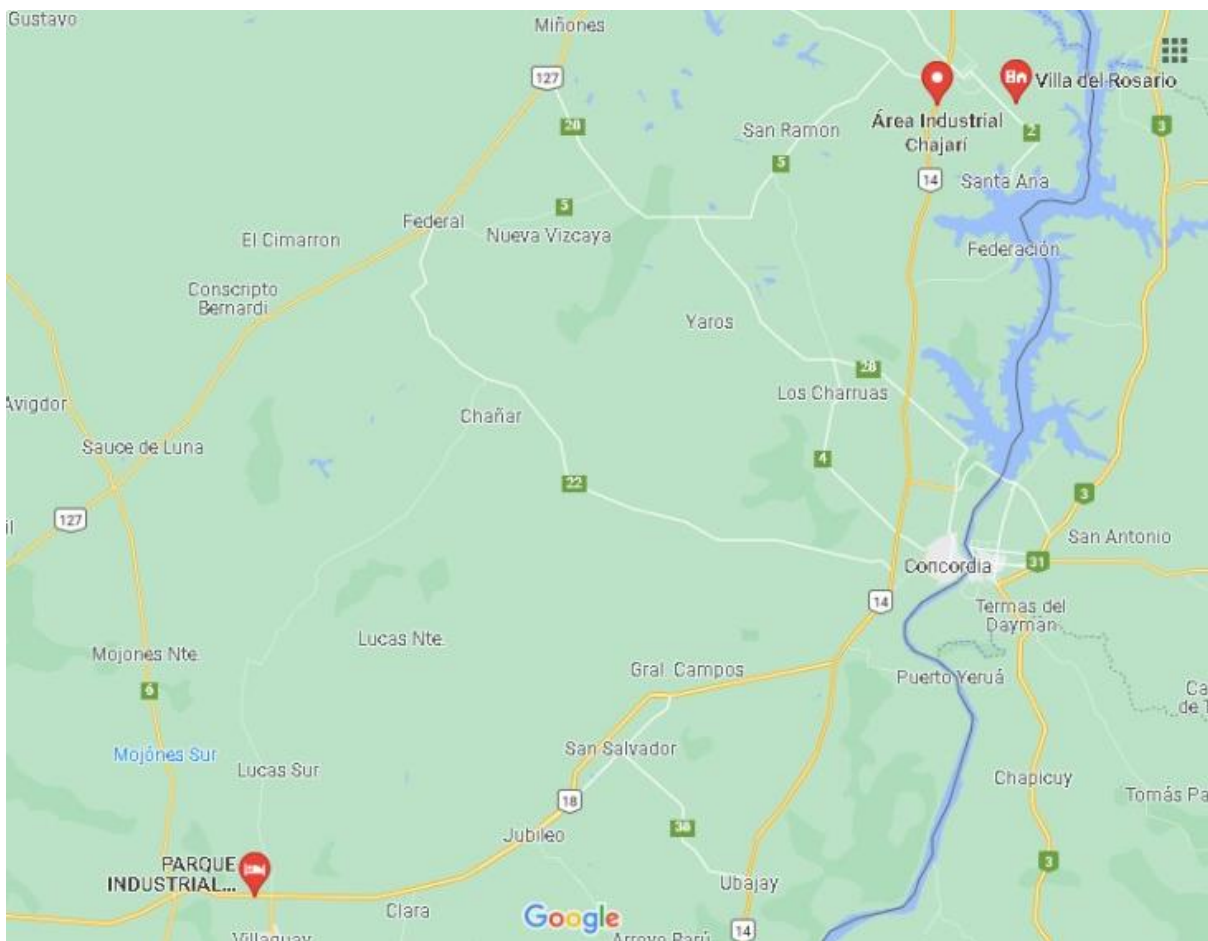


Fig. 5-8 Ubicación satelital de los parques industriales evaluados.  
 Fuente: Google Maps.

**5.2.1 Análisis ponderado**

Tabla 5-9 Análisis ponderado micro localización.

Factor	Ponderación	Parque industrial Villaguay		Área industrial Chajarí		Parque industrial Villa del Rosario	
		%	Grado	%	Grado	%	Grado
Disponibilidad de servicios	0.20	100	20	100	20	75	15
Valor del terreno en \$/m <sup>2</sup>	0.15	100	15	75	11.25	50	7.5
Beneficios tributarios	0.1	75	7.5	100	10	100	10
Disponibilidad de servicios extras	0.05	100	5	50	2.5	75	3.75

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022*

Capacidad disponible	0.2	100	20	50	10	75	15
Disponibilidad de materia prima	0.2	100	20	75	15	75	15
Costo de flete de materia prima	0.1	100	10	50	5	75	7.5
Total	1		97.5		73.75		73.75

Fuente: Elaboración Propia.

Luego de comunicarnos vía telefónica con las diferentes entidades que regulan la actividad dentro de dichos parques industriales y así, recolectar datos verídicos y actualizados se llegó a la conclusión de que el parque industrial Villaguay resultó ser el lugar óptimo para instalar la planta procesadora de afrechillo de arroz.

### **5.2.2 Parque Industrial Villaguay**

La provincia de Entre Ríos se encuentra dividida en tres grandes regiones, Costa del Río Paraná, Costa del Uruguay y Centro de la provincia, en este último, se encuentra emplazado a las orillas de la Autovía N°18 (la cual une el Mercosur de Este a Oeste) el parque industrial Villaguay. Se deberían recorrer 147 *km* hasta la capital provincial, 238 *km* hasta el puerto de Rosario y 138 *km* hasta el puerto de Concepción del Uruguay. Este parque es un lugar estratégico para la ubicación de nuevas empresas, las cuales se sumarían a los 16 establecimientos ya existentes y en operación dentro de su predio de 84 hectáreas. El perfil del parque es Agroindustrial; en él se busca agregar valor a las materias primas producidas en la zona, promoviendo un círculo virtuoso que impulsa el desarrollo local y regional de manera sostenible. El municipio ofrece para aquellos que deseen radicarse beneficios tributarios Municipales, mientras que, la provincia de Entre Ríos es quién adjudica dichos lotes de manera gratuita. El convenio con las empresas se basa en abonar expensas mensuales medidas en *l* de gasoil, las cuales en noviembre de 2021 tuvieron un valor de 100 *l* gasoil\**ha*/mes; Santiago Carrera (Agencia Local de la Producción de Villaguay) fue quién facilitó dicho dato. El parque industrial se loteó respetando dos dimensiones de lotes, 1 *ha* y 4 *ha*, ofreciendo la posibilidad de negociar la adquisición de un lote fraccionado. En su infraestructura cuenta con gas natural, electricidad, agua, cloacas, accesos ripiados y asfaltados (con la proyección de una asfaltización total), cerco perimetral, playa de estacionamiento común, wifi y cámaras.

Se resume en la Tabla 5.10. adjunta información extra acerca del parque.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022*

Tabla 5-10 Datos cuantitativos y cualitativos.

Especificaciones	Datos cuantitativos y cualitativos
Acceso y calles	Construcción de dos portones y obras de arquitectura de acceso, demarcación y enripiado de 450 m de calles interiores. Ver Figura 5.9.
Energía eléctrica	Transformador de 130 kVA de potencia con distribución de energía por cableado aéreo. Empresa proveedora: Cooperativa de Servicios Públicos Villaguay Limitada.
Agua	El sistema de provisión de agua consta de una electrobomba sumergible de 10 hp a una profundidad de 80 m; una torre metálica de 10 m de altura, con escalera y tanque de chapa de acero de 15.000 l para reserva de agua, con baliza reglamentaria; una casilla para la instalación del tablero comando y clorinador y 1500 m de cañería de P.V.C. para la distribución del agua.
Cerco perimetral	2100 m de tejido romboidal y postes de cemento en el perímetro de las ha ocupadas.
Gas natural	Planta reductora de presión de 20/4 kg/cm <sup>2</sup> con una capacidad instalada de 2000 m <sup>3</sup> /h. Red de distribución interna.
Superficie	Total: 84 ha. Ver Figura 5.10.
Beneficios tributarios	Ley Provincial N°10204 (Provincia de Entre Ríos). Ordenanzas Municipales N°1165, N°1182 y N°1272 (Municipalidad de Villaguay).
Ente administrador	Presidente: Ing. Diego Favre. Secretaria: Lic. Silvana Roitman. Tesorero: M.V. Mario Torres. Revisora de cuentas: Arq. Cristina Hoet. Vocal: Bioq. Raul Bidegeorry.

Fuente: página web Entre Ríos total.



Fig. 5-9 Acceso al parque industrial Villaguay.  
Fuente: Google.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022*

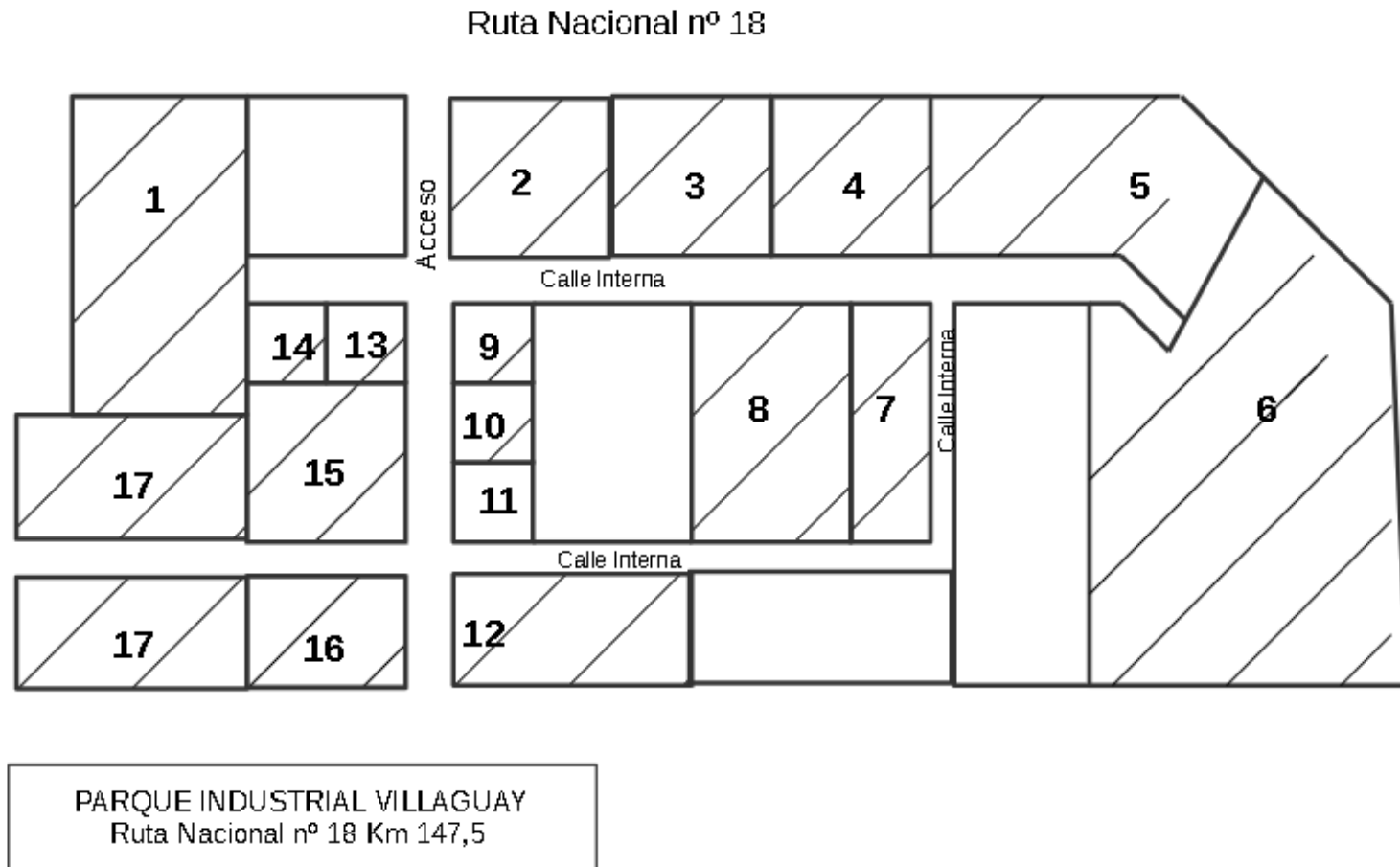


Fig. 5-10 Plano parque industrial Villaguay.  
Fuente: Agencia local de la Producción Villaguay.





# CAPÍTULO 6

## DESCRIPCIÓN Y SELECCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

## **6 Descripción y selección del proceso de producción**

### **6.1 Introducción**

El almidón se convirtió en un valioso aliado en la formulación de productos alimenticios no solamente por su versatilidad, disponibilidad constante y su relativo bajo costo, sino también por su carácter polifuncional. El uso de este polisacárido está basado, principalmente, en las siguientes propiedades: estructura del gránulo e insolubilidad en agua fría, dispensabilidad coloidal durante el calentamiento, propiedades adhesivas y capacidad como agente espesante, enlazante, texturizante, estabilizante, entre otras.

Frecuentemente, los almidones nativos no resultan apropiados para lograr un fin particular y, de hecho, su versatilidad se limita frente a condiciones de proceso que involucren valores de pH reducidos, fuerzas de corte considerables y altas o bajas temperaturas. Es por ello, que son modificados para desarrollar propiedades idóneas para cumplir propósitos específicos, lo que constituye un factor importante para diversificar su uso, el cual es cada vez más creciente en distintos procesos industriales (Parada, y otros, 1998).

### **6.2 Descripción breve del proceso**

El almidón es una sustancia que se obtiene exclusivamente de los vegetales que lo sintetizan a partir del dióxido de carbono que toman de la atmósfera y del agua que toman del suelo. En el proceso se absorbe la energía solar y se almacena en forma de glucosa cuyas uniones forman largas cadenas de almidón, que pueden llegar a tener hasta 2000 o 3000 unidades de glucosa (Barrios, y otros, 2013).

Para comenzar el proceso productivo de obtención de almidón acetilado se somete al afrechillo de arroz a una serie de pasos descriptos a continuación logrando recuperar también algunos de los constituyentes químicos del afrechillo (proteínas, fibras y grasas), que pueden a su vez, aportar valor agregado al siendo una alternativa, ser ingrediente para la formulación de balanceados para alimentación ganadera.

El proceso se dividió en tres grandes etapas:

- Obtención de almidón nativo.
- Obtención de almidón acetilado.
- Obtención de subproducto para alimentación ganadera.

#### **6.2.1 Obtención de almidón nativo**

La primera parte del proceso productivo es la extracción del almidón nativo a partir de afrechillo de arroz, ésta se compone de seis etapas que culminan en la obtención de un polvo blanco que se denomina almidón nativo. A continuación, se detallan cada una de las etapas.

# **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

## **Remojo**

El remojo, también denominado maceración, comienza con la sumersión del afrechillo de arroz previamente acondicionado en una solución de hidróxido de sodio 0,4 %p/p durante 24 horas a una temperatura de 25 °C que tiene por objetivo la exposición del almidón para facilitar su extracción en la etapa de molienda húmeda. El contenido de humedad final durante este paso alcanza alrededor del 50%. Durante la maceración, parte de sólidos son solubilizados formando lo que se conoce como “solución de remojo” que en un proceso paralelo se logra la recuperación de dichos sólidos en un subproducto para alimentación ganadera.

## **Premolienda y separación de germen**

Debido a que el afrechillo de arroz contiene entre un 12,8 y un 22,6% de grasa en base seca, es de suma importancia económica para el proceso evaluar la posibilidad de realizar una línea paralela dedicada a la recuperación de este componente y aprovecharlo para la obtención un subproducto para la industria ganadera.

El afrechillo ya macerado, debe romperse para separar sus componentes, por lo mencionado anteriormente, lo primero a separar es el germen, este debe salir intacto para evitar la contaminación posterior del almidón con aceite. En la operación de premolienda el germen se libera mediante una suave molienda en un molino de martillos. Luego de la molienda, la mezcla pasa a un hidrociclón donde se separa el germen con 95% de humedad por un lado y la corriente restante que contiene principalmente almidón, continua por la línea principal con una humedad del 70%.

## **Molienda húmeda**

El producto de salida por el fondo de los separadores de germen, consiste en, afrechillo pre molido que contiene principalmente almidón y fibra. Este producto debe ser exhaustivamente molido con el fin de obtener un alto rendimiento de almidón.

## **Separación y lavado de fibra**

La suspensión proveniente de la etapa de molienda húmeda, se alimenta a una centrífuga cuyo objetivo principal es la separación de la fibra. Este equipo consta de un alojamiento cerrado provisto de un filtro cónico rotativo donde el tamaño de la malla es tal que permite el paso del almidón y cenizas reteniendo la fibra. El material a medida que es trasladado a la punta del cono es lavado por aspersion de agua, recogándose esto en un embudo debajo de la centrífuga pasando así a la siguiente etapa. La corriente que recuperó la fibra posee un 90% de humedad, mientras que la corriente que continua el proceso principal posee una humedad del 86%.

# **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

## **Preconcentración**

Queda en la línea de producción una suspensión que posee una concentración de almidón del 10%, para aumentar el rendimiento del proceso, la bibliografía recomienda concentrar dicha suspensión hasta obtener un 25% de almidón haciendo uso de una centrífuga. El agua que se extrae es utilizada en la etapa de “Premolienda y separación de germen”.

## **Almacenamiento provisorio del almidón**

El almidón recogido de la centrífuga es trasladado a un tanque para almacenarlo provisoriamente hasta su ingreso controlado a la etapa 6.2.2.1 de reacción. Este tanque tiene capacidad para medio día de producción, lo cual es una medida preventiva y de seguridad para evitar pérdidas en paradas de mantenimiento y/o retrasos de producción.

### **6.2.2 Obtención de almidón acetilado**

Los almidones sustituidos de interés industrial son principalmente producidos por esterificación, siendo esta la reacción que involucra la sustitución de grupos hidroxilos por grupos éster. Los almidones pueden ser esterificados usando diferentes tipos de acilantes como ácidos inorgánicos y orgánicos o anhídridos y cloruros de acilos. Un tipo de esterificación de almidón muy común es la acetilación, que implica la introducción de grupos acetilos ( $-\text{COCH}_3$ ) hidrofóbicos a lo largo de la cadena del almidón.

Tras la incorporación de grupos éster a la molécula de almidón se alcanzan nuevas propiedades que se encuentran muy relacionadas con el nivel de sustitución conferido. Para almidones esterificados el nivel de modificación alcanzado en general se reporta en términos del grado de sustitución (GS), definido como el número promedio de grupos éster incorporados por molécula de anhidro glucosa. Partiendo de que cada molécula de anhidro glucosa tiene 3 grupos hidroxilos disponibles para la sustitución en las posiciones C2, C3 y C6, el máximo GS alcanzable es 3.

El nivel de sustitución de los almidones esterificados se puede determinar por saponificación y titulación por retroceso. Otros métodos utilizados con este fin reportados en la bibliografía son la cromatografía gas-líquido, la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), y algunos métodos enzimáticos y colorimétricos (Tupa Valencia, 2019).

A continuación, se describe por etapas la obtención de almidón acetilado en polvo preparado para su comercialización.

## **Reacción de acetilación**

Para llevar a cabo la reacción se decidió utilizar un reactor continuo con agitación constante enchaquetado, que opera isotérmicamente a temperatura de 60 °C. La corriente A14

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

proveniente de la preconcentración de almidón nativo se introduce al reactor, mientras se agita constantemente, se añade como agente modificante anhídrido acético ( $C_4H_6O_3$ ) manteniendo el pH entre 8 - 8,5; al finalizar la adición del  $C_4H_6O_3$  se deja reaccionar al sistema y luego, la acetilación se detiene adicionando ácido clorhídrico (HCl) 0,5 M hasta ajustar el pH a 4,5 (Carrera Calafell, 2018).

El grado de sustitución exigido por el CAA es de 0,1 equivalente a 2,5% grupos acetilo.

En las condiciones indicadas anteriormente la reacción que se considera es la perteneciente a la Ecuación 6.1 y en la Figura 6.1 se puede visualizar el movimiento molecular de la misma.



Ecuación 6-1 Reacción química de acetilación.

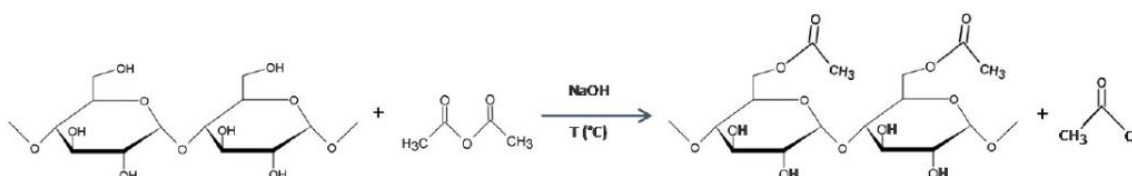


Figura 6-1 Reacción de acetilación.

Fuente: Tupa Valencia

### Filtración / Centrifugación

Una vez finalizada la etapa 6.2.2.1 se procede a realizar la separación del producto de interés; esta operación se puede realizar en un filtro de vacío que consta de una tela cilíndrica perforada cubierta por tejidos que se remueven cada ocho horas, o, existe la posibilidad de utilizar una centrífuga de discos que gira a 1500 rpm.

La ventaja y principal causa de la selección de la centrífuga es que permite obtener un producto con 33-35 % de humedad, mientras que con el filtro de vacío se obtiene un producto con aproximadamente 45-48 % de humedad (Carrera Calafell, 2018).

### Secado

El almidón proveniente de la etapa 6.2.2.2 continúa hacia un secador spray donde se conduce y seca por una corriente de aire caliente, este al ponerse en contacto con la pasta amilácea húmeda se enfría, gana humedad dando lugar a un proceso de transferencia de masa y energía combinada, donde el agua del almidón se transfiere al aire. Las temperaturas del

## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

fluido calefactor en estos equipos varían entre 80-520 °C según diferentes parámetros como son, consumo de combustible, agua evaporada, consumo eléctrico, modelos, entre otros. Se obtiene el almidón seco en forma de polvo (con una granulometría aproximada de 0,625 mm) con una humedad del 12% y una temperatura media de 70°C, este es conducido a un silo el cual tiene la función de enfriar y almacenar temporalmente el almidón resultante del proceso, si se almacenara a una alta temperatura con humedad residual, la humedad del almidón se condensaría produciéndose la gelatinización, la formación de grumos y un aumento de la población microbiana. El secado es de suma importancia ya que garantiza la estabilidad del almidón tanto química-física como microbiológica, pues al garantizar una humedad de 12 % no hay posibles reacciones, ni crecimiento microbiano que puedan cambiar las propiedades del almidón, además de reducir el volumen de producto a envasar (Carrera Calafell, 2018).

### **Molienda y Tamizado**

El almidón seco es molido y tamizado en un tamiz de la norma ASTM– malla 120 equivalente a 0,124mm para remover las partículas grandes, luego es transportado por alimentadores helicoidales a una envasadora automática. Para minimizar la pérdida de almidón durante el envasado y prevenir explosiones producidas cuando hay mucha concentración de almidón súper seco en el aire (< 10 % de humedad) es recomendable usar sistemas que permitan eliminar las cargas electrostáticas en la salida del silo y en la entrada a la envasadora. (Carrera Calafell, 2018).

### **Envasado**

El almidón es envasado en sacos multipliegos de papel con capacidad de 10, 25 y 50 kg que se pueden movilizar «a hombro», también se pueden usar grandes bolsas de 800 a 1 000 kg que deben ser transportadas con medios mecánicos (Carrera Calafell, 2018).

### **6.2.3 Obtención de subproducto para alimentación ganadera**

#### **Mezclado**

En un tanque agitado se produce la mezcla de las tres corrientes resultantes del proceso principal que contienen proteína, grasa y fibra en su composición con el objetivo de homogeneizar dichos componentes dando inicio al proceso paralelo de recuperación de un balanceado para alimentación ganadera.

## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

### **Extracción del agua y secado**

El producto resultante de la etapa anterior contiene una humedad aproximada del 93%, por lo que es necesario extraer la mayor cantidad de agua posible mediante un proceso de centrifugación en el cual se debe disminuir la humedad a un valor del 55%. Dicho secador es constructivamente igual al que se utiliza en la etapa de secado del almidón acetilado. El secado se realiza hasta alcanzar una humedad del balanceado del 12% aproximadamente. En estas condiciones se puede almacenar sin peligro de alteración.

### **Almacenamiento**

El balanceado sale de secador aproximadamente a 70 °C, para almacenarlo, es necesario disminuir esta temperatura para lo cual se transporta por medio de transporte neumático, instalación de alto costo, pero con dos beneficios importantes, el transporte propiamente dicho y el enfriamiento debido al tiempo de retención en el mismo.

### **6.3 Diagrama de flujo general**

De manera gráfica, se adjunta en la Figura 6.2 el diagrama de flujo global para la obtención de almidón acetilado en polvo a partir de afrechillo de arroz junto a la recuperación de un subproducto rico en proteínas, grasa y fibra para alimentación ganadera.

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022

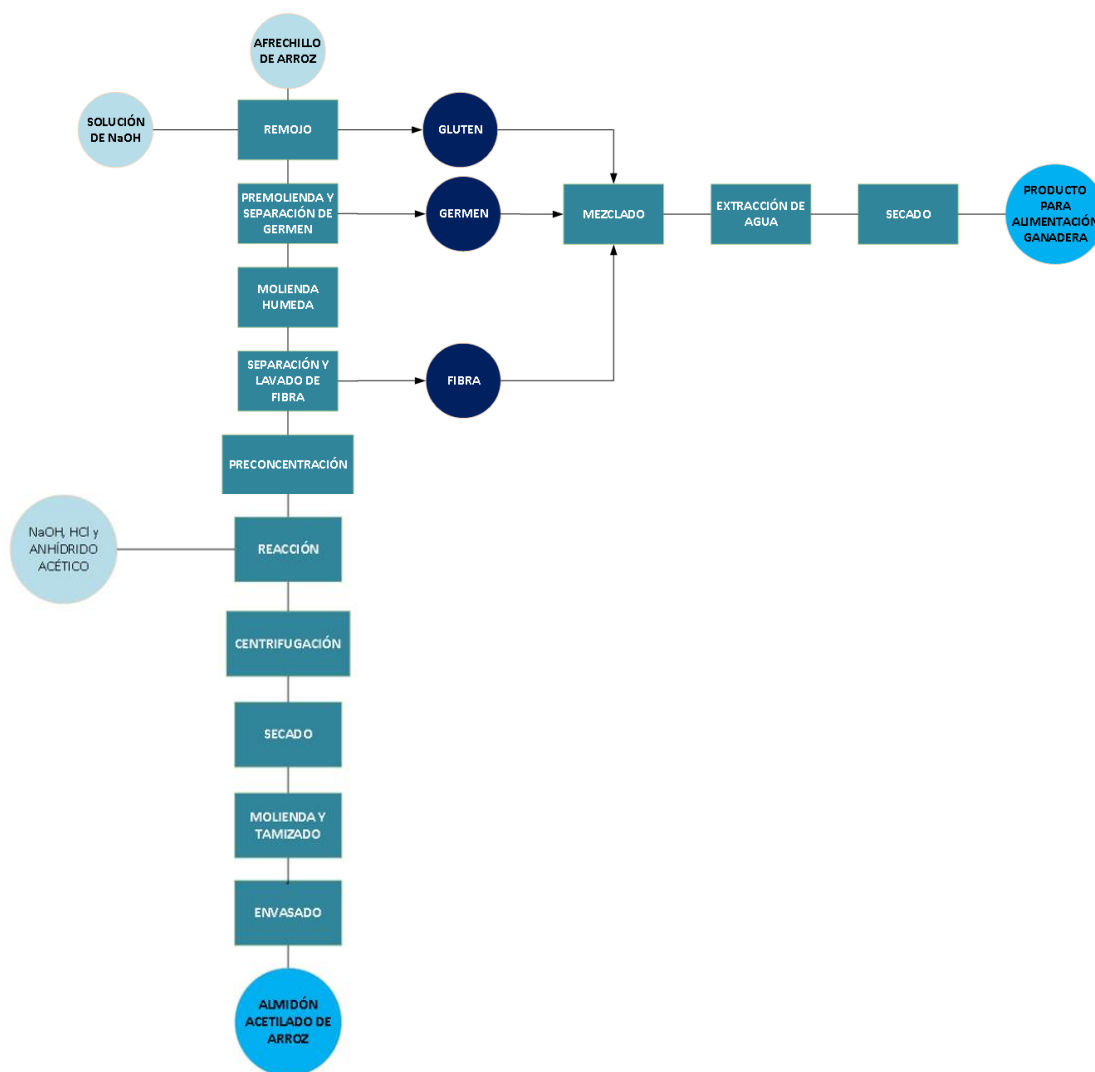


Figura 6-2 Diagrama de bloques proceso global.  
Fuente: Elaboración propia.





# CAPÍTULO 7

## BALANCE DE MASA Y ENERGÍA

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

## 7 Balance de masa y de energía

### 7.1 Introducción

El presente capítulo tuvo como objetivo el cálculo de los balances de masa y energía correspondientes al proceso productivo de almidón acetilado a partir de afrechillo de arroz.

Para ello, se dividió el proyecto en tres zonas principales:

- Obtención de almidón nativo.
- Obtención de almidón acetilado.
- Obtención de subproducto para alimentación ganadera.

Se realizó el diagrama de flujo completo de la planta, adjunto en la Figura 7.1.

Para cada equipo, se realizaron balances globales y/o de componente de masa y energía según correspondiese.

Se debe definir la capacidad que debe tratarse por hora, para ello se toman 350 días por año de actividad de la planta, contando con 3 turnos sucesivos de 8 horas cada uno de manera continua durante las 24 horas, destinando 15 días para paradas de mantenimiento y detenciones imprevistas.

De capítulos anteriores, referidos a estudio de mercado y capacidad de la planta, se obtuvieron los siguientes datos de producción que se detallan en la Tabla 7.1 y Tabla 7.2.

Tabla 7-1 Datos de producción de almidón acetilado.

Datos de producción de almidón acetilado	
Producción anual	32200 t/año
Meses de operación	11,50 meses/año
Semanas de operación por año	49,86 semanas/año
Días de operación por año	350 días/año
Horas de operación por año	8400 h/año

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7-2 Cuadro de producción de almidón acetilado.

Cuadro de producción de almidón acetilado	
Producción anual	32200 t/año
Producción mensual	2800 t/mes
Producción semanal	690 t/semanas
Producción diaria	92,00 t/días
Producción horaria	3,83 t/h

Fuente: Elaboración propia.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

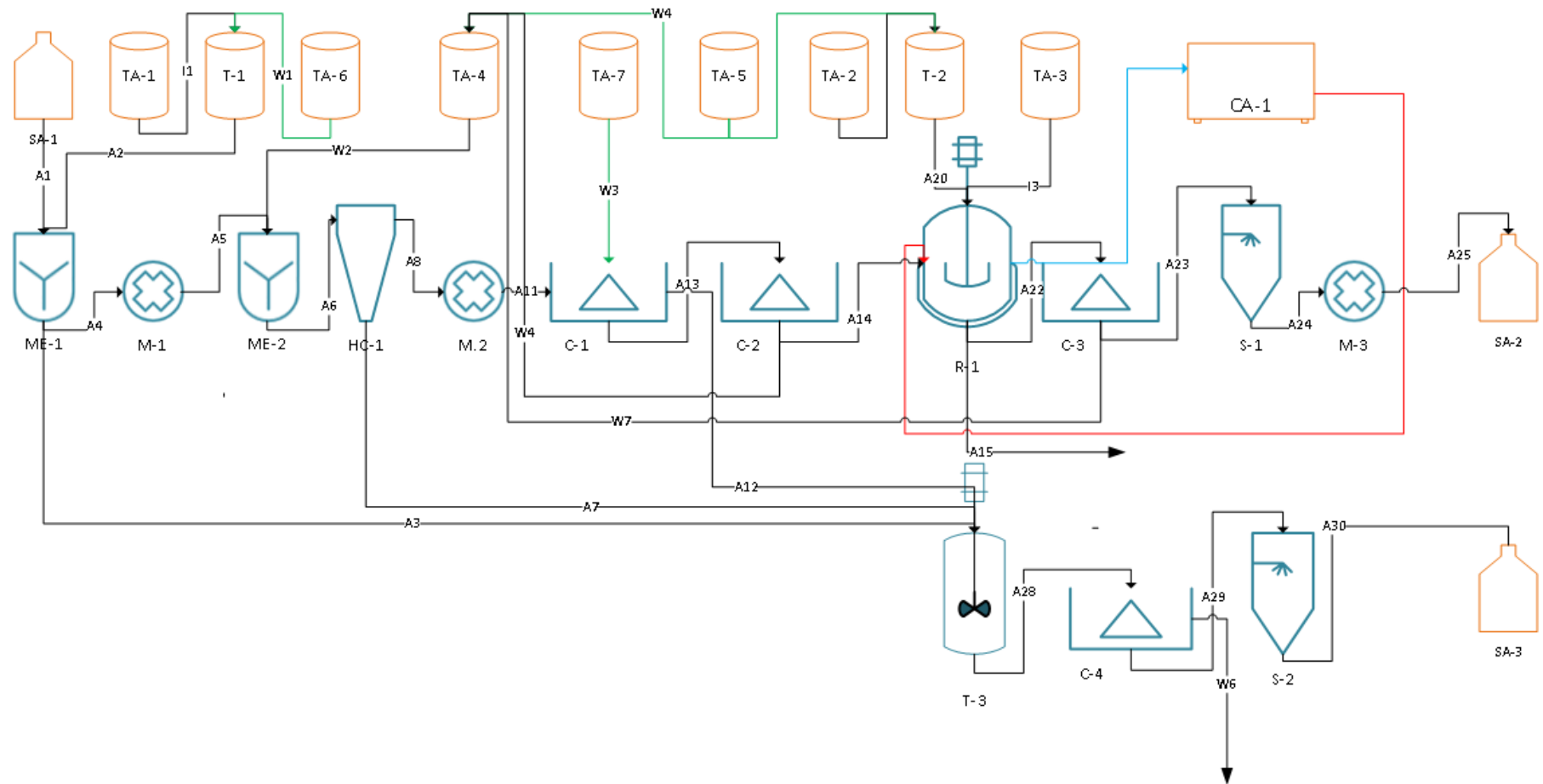


Figura 7-1 Diagrama de flujo global.  
Fuente: Elaboración propia.

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022*

## 7.2 Balances de masa y energía

Para realizar los balances de masa y energía se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- La operación se realiza en estado estacionario, sin acumulación de materia.
- Los diagramas de flujo que se presentan en este capítulo se realizaron en el simulador ChemCAD.
- Se considera una pérdida global del proceso del 2%.

Teniendo en cuenta la Figura 7.1, en la Tabla 7.3 se presentan los equipos involucrados con su respectiva identificación alfa-numérica.

Tabla 7-3 Identificación de equipos.

DENOMINACIÓN	EQUIPO	CORRIENTES INVOLUCRADAS
C-1	Centrífuga de separación y lavado de fibra	A11, W3, A12, A13
C-2	Centrífuga de preconcentración de almidón nativo	A13, A14, W4
C-3	Centrífuga concentración de almidón acetilado	A22, A23, W7
C-4	Centrífuga extracción de agua subproducto	A28, A29, W6
HC-1	Hidrociclón premolienda y separación de germen	A6, A7, A8
M-1	Molino premolienda y separación de germen	A4, A5
M-2	Molino molienda húmeda	A9, A11
M-3	Molino molienda y tamizado de almidón acetilado	A24, A25, A27
ME-2	Mezcladora y amasadora premolienda y separación de germen	A5, W2, A6
T-2	Tanque agitado para preparación de solución HCl al 0,5 M	I2, W5, A20
TA-4	Tanque de almacenamiento de agua premolienda y separación de germen	W7, W4, W8, W2
R-1	Reactor para acetilación	A14, A20, A15, A22, I3
S-1	Secador de almidón acetilado	A23, A24, X2, X3
S-2	Secador de subproducto	A29, A30, X5, X6
T-1	Tanque de preparación de solución de NaOH	I1, W1, A2
ME-1	Mezcladora y amasadora de pasta	A1, A2, A3, A4
T-3	Tanque de mezcla para obtención de subproducto	A3, A7, A12, A28
TAM-2	Tamiz molienda y tamizado de almidón acetilado	A25, A26, A27

Fuente: Elaboración propia.

### 7.2.1 Sección 100 - Obtención de almidón nativo

#### Preparación de la solución de NaOH al 0,4%

La etapa inicia con la recepción de la solución de NaOH al 46% la cual ingresa en el tanque T-1 y de forma simultánea se añade agua para lograr la solución necesaria en la etapa de

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

remojo. El equipo y las corrientes involucradas se pueden ver en la Fig. 7.2 Mientras que los balances y las características de las corrientes involucradas se presentan en la Tabla 7.4

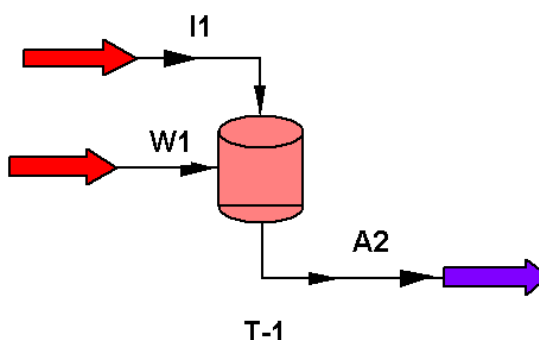


Figura 7-2 Preparación de la solución de NaOH al 0,4%.  
 Fuente: Elaboración propia

Tabla 7-4 Balance de masa tanque T-1.

Balance de masa	
<b>Balance total</b>	$I1 + W1 = A2$
<b>Balance parcial de agua</b>	$I1 \cdot X_{I1} + W1 \cdot X_{W1} = A2 \cdot X_{A2}$

Corriente	Denominación	Masa total (t/día)	Componentes	Fracción másica	Masa (t/día)
Entrada I1	Solución NaOH al 46%	3,28	NaOH	0,460	1,51
			H <sub>2</sub> O	0,540	1,77
Entrada W1	Agua fresca	374,36	H <sub>2</sub> O	1,000	374,36
Salida A2	Solución NaOH al 0,4%	377,64	NaOH	0,004	1,51
			H <sub>2</sub> O	0,996	376,13

Fuente: Elaboración propia.

**Remojo**

El afrechillo previamente acondicionado se remoja con la solución de NaOH al 0,4%, ambas corrientes ingresan en el tanque ME-1. El equipo y las corrientes involucradas se pueden visualizar en la Fig. 7.3 Mientras que los balances y las características de las corrientes involucradas se presentan en la Tabla 7.5

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

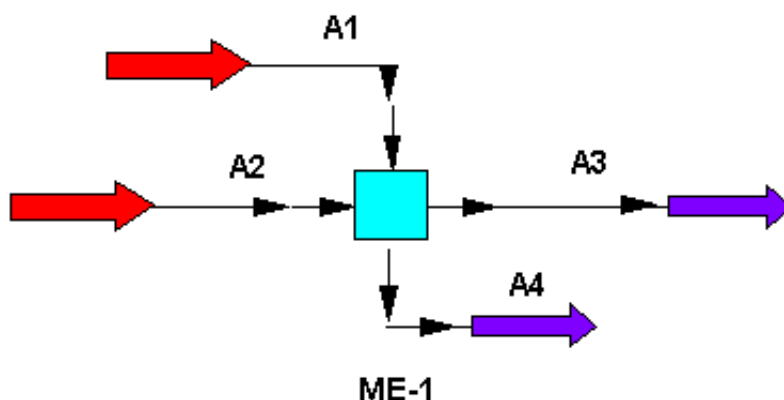


Figura 7-3 Remojo.  
Fuente: Elaboración propia

Consideraciones:

- Se considera que todo el NaOH que ingresa, es extraído en la corriente A4.
- Se considera que toda la proteína que ingresa, es extraída en la corriente A3.
- Para eficientizar la exposición de los componentes del afrechillo se debe sumergir una parte de afrechillo en dos partes de solución de NaOH (1:2).

Tabla 7-5 Balance de masa tanque T-2.

Balance de masa	
<b>Balance total</b>	$A2 + A1 = A3 + A4$
<b>Balance parcial de agua</b>	$A2 \cdot X_{A2_1} + A1 \cdot X_{A1_1} = A3 \cdot X_{A3_1} + A4 \cdot X_{A4_1}$

Corriente	Denominación	Masa total (t/día)	Componentes	Fracción másica	Masa (t/día)
Entrada A2	Solución NaOH al 0,4%	377,64	NaOH	0,004	1,51
			H <sub>2</sub> O	0,996	376,13
Entrada A1	Afrechillo de arroz	188,82	H <sub>2</sub> O	0,120	22,66
			Proteínas	0,130	23,84
			Grasa	0,160	29,42
			Almidón	0,380	72,28
			Fibra	0,090	17,11
			Cenizas	0,120	23,51
Salida A4	Afrechillo remojado	287,66	NaOH	0,010	1,51
			H <sub>2</sub> O	0,500	143,83

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

			Grasa	0,100	29,42
			Almidón	0,250	72,28
			Fibra	0,060	17,11
			Cenizas	0,080	23,51
Salida A3	Solución de remojo	278,80	Proteínas	0,090	23,84
			H <sub>2</sub> O	0,910	254,96

Fuente: Elaboración propia.

**Premolienda y separación de germen**

El afrechillo remojado ingresa al molino M-1 para dar inicio a la recuperación de germen en un conjunto de equipos compuesto por un hidrociclón, un molino y una mezcladora y amasadora de pasta. Los equipos y las corrientes involucradas se pueden visualizar en la Fig. 7.4 Mientras que los balances y las características de las corrientes involucradas se presentan en la Tabla 7.6

Consideraciones:

- El afrechillo premolido contiene un 85% de humedad.

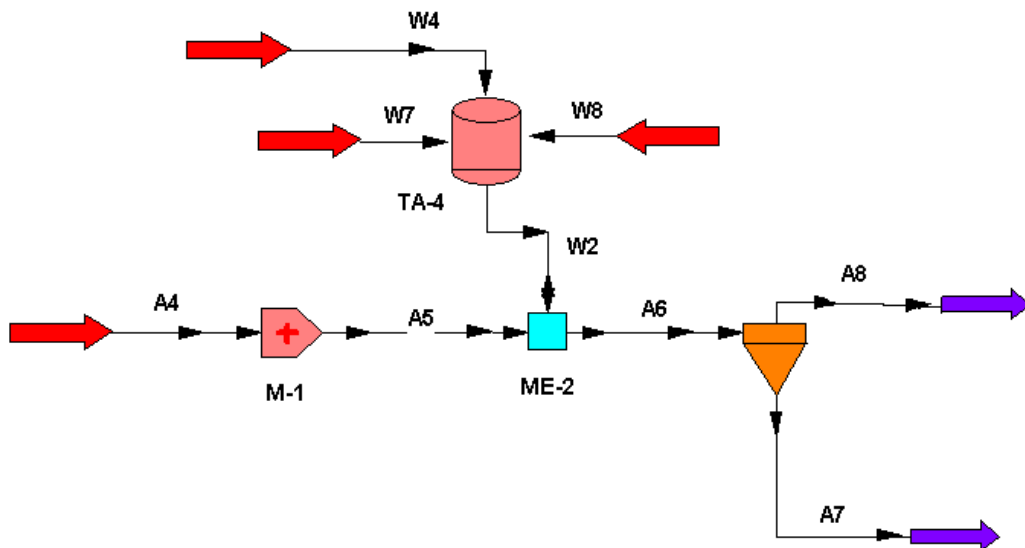


Figura 7-4 Premolienda y separación de germen.  
Fuente: Elaboración propia

Tabla 7-6 Balance de masa en M-1, ME-2, TA-4 y HC-1.

Balance de masa	
<b>Balance total</b>	$A4 + W2 = A8 + A7$
<b>Balance total M-1</b>	$A4 = A5$
<b>Balance total ME-2</b>	$A5 + W2 = A6$

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

<b>Balance total HC-1</b>	$A6 = A7 + A8$
<b>Balance parcial de germen en HC-1</b>	$A6 \cdot XA6_3 = A7 \cdot XA7_3$

Corriente	Denominación	Masa total (t/día)	Componentes	Fracción másica	Masa (t/día)
<b>MOLINO M-1</b>					
Entrada A4	Afrechillo remojado	287,66	NaOH	0,01	1,51
			H <sub>2</sub> O	0,50	143,83
			Grasa	0,10	29,42
			Almidón	0,25	72,28
			Fibra	0,06	17,11
			Cenizas	0,08	23,51
Salida A5	Afrechillo premolido	287,66	NaOH	0,01	1,51
			H <sub>2</sub> O	0,50	143,83
			Grasa	0,10	29,42
			Almidón	0,25	72,28
			Fibra	0,06	17,11
			Cenizas	0,08	23,51
<b>MEZCLADORA Y AMASADO DE PASTA ME-2</b>					
Entrada A5	Afrechillo premolido	287,66	NaOH	0,01	1,51
			H <sub>2</sub> O	0,50	143,83
			Grasa	0,10	29,42
			Almidón	0,25	72,28
			Fibra	0,06	17,11
			Cenizas	0,08	23,51
Entrada W2	Agua	682,11	H <sub>2</sub> O	1	682,11
Salida A6	Afrechillo premolido con 84% de humedad	969,77	NaOH	0,002	1,51
			H <sub>2</sub> O	0,85	825,94
			Grasa	0,03	29,42



**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

			Almidón	0,075	72,28
			Fibra	0,02	17,11
			Cenizas	0,02	23,51
<b>HIDROCICLÓN HC-1</b>					
Entrada A6	Afrechillo premolido con 84% de humedad	969,77	NaOH	0,002	1,51
			H <sub>2</sub> O	0,85	825,94
			Grasa	0,03	29,42
			Almidón	0,075	72,28
			Fibra	0,02	17,11
			Cenizas	0,02	23,51
Salida A7	Lechada de germen	588,40	H <sub>2</sub> O	0,95	558,98
			Grasa	0,05	29,42
Salida A8	Afrechillo premolido sin germen	381,37	NaOH	0,004	1,51
			H <sub>2</sub> O	0,7	266,96
			Almidón	0,27	72,28
			Fibra	0,045	17,11
			Cenizas	0,062	23,51
<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO TA-4</b>					
Entrada W7	Agua recirculada C-3	89,9	H <sub>2</sub> O	1	89,9
Entrada W4	Agua recirculada C-2	408,82	H <sub>2</sub> O	1	408,82
Entrada W8	Agua fresca	183,39	H <sub>2</sub> O	1	183,39
Salida W2	Agua	682,11	H <sub>2</sub> O	1	682,11

Fuente: Elaboración propia.

### **Molienda húmeda**

El afrechillo premolido alcanza la granulometría deseada en el molino M-2. El equipo y las corrientes involucradas se pueden visualizar en la Figura 7.5. No requiere balance de masa debido a que es una operación netamente física y como se aclaró anteriormente, se considera en estas operaciones una eficiencia del 100%. Los datos y las características de las corrientes involucradas se presentan en la Tabla 7.7

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

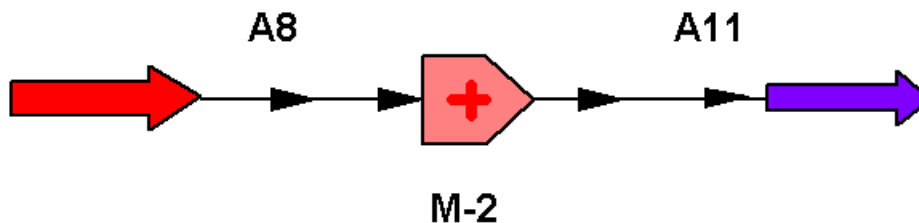


Figura 7-5 Molienda húmeda.  
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7-7 Datos de molienda en M-2.

Corriente	Denominación	Masa total (t/día)	Componentes	Fracción másica	Masa (t/día)
Salida A8	Afrechillo premolido sin germen	381,37	NaOH	0,004	1,51
			H <sub>2</sub> O	0,7	266,96
			Almidón	0,27	72,28
			Fibra	0,045	17,11
			Cenizas	0,062	23,51
Salida A11	Afrechillo molido	381,37	NaOH	0,004	1,51
			H <sub>2</sub> O	0,7	266,96
			Almidón	0,27	72,28
			Fibra	0,045	17,11
			Cenizas	0,062	23,51

Fuente: Elaboración propia.

**Separación y lavado de fibra**

El afrechillo molido se pone en contacto con agua para lograr el lavado y la separación de la fibra que sirve como parte del subproducto de alimentación ganadera. La operación se lleva a cabo en la centrífuga C-1. El equipo y las corrientes involucradas se pueden visualizar en la Fig 7.6 Mientras que los balances y las características de las corrientes involucradas se presentan en la Tabla 7.8

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

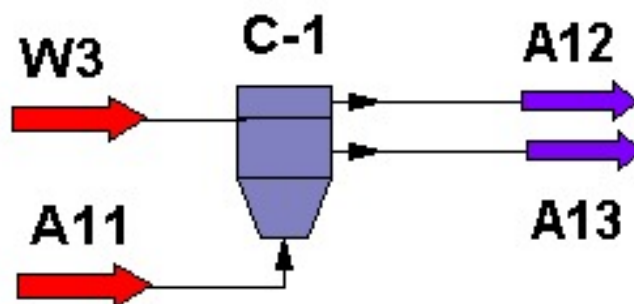


Figura 7-6 Separación y lavado de fibra.  
 Fuente: Elaboración propia

Tabla 7-8 Balance de masa en C-1.

Balance de masa	
<b>Balance total en la centrifuga</b>	$A11 + W3 = A12 + A13$
<b>Balance parcial de fibra</b>	$A11 \cdot X_{A11f} = A12 \cdot X_{A12f}$

Corriente	Denominación	Masa total (t/día)	Componentes	Fracción másica	Masa (t/día)
Entrada A11	Afrechillo molido	381,37	NaOH	0,004	1,51
			H <sub>2</sub> O	0,7	266,96
			Almidón	0,27	72,28
			Fibra	0,045	17,11
			Cenizas	0,062	23,51
Entrada W3	Agua fresca	484,73	H <sub>2</sub> O	1	484,73
Salida A12	Agua con 10% de fibra	171,10	H <sub>2</sub> O	0,90	153,99
			Fibra	0,10	17,11
Salida A13	Afrechillo sin fibra	695	Almidón	0,10	72,28
			H <sub>2</sub> O	0,86	597,70
			Cenizas	0,03	23,51
			NaOH	0,002	1,51

Fuente: Elaboración propia.

**Preconcentración**

El afrechillo lavado proveniente de la etapa anterior ingresa a la centrifuga C-2 con el objetivo de extraer la mayor cantidad de agua para lograr un eficiente proceso de secado. El equipo y

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

las corrientes involucradas se pueden visualizar en la Fig. 7.7 Mientras que los balances y las características de las corrientes involucradas se presentan en la Tabla 7.9

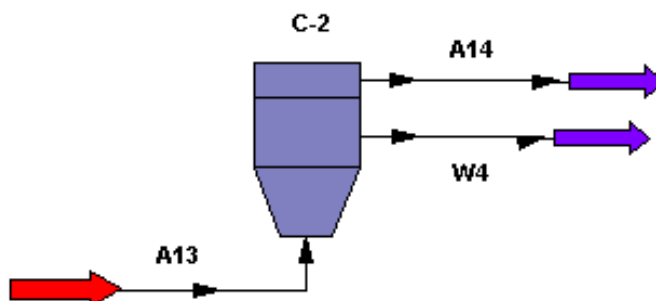


Figura 7-7 Preconcentración.  
Fuente: Elaboración propia

Consideraciones:

- Se desea obtener una concentración de almidón del 25% en la corriente A14.

Tabla 7-9 Balance de masa en C-2.

Balance de masa	
<b>Balance total en la centrífuga</b>	$A13 = A14 + W4$
<b>Balance parcial de almidón</b>	$A13 \cdot X_{A13} = A14 \cdot X_{A14}$

Corriente	Denominación	Masa total (t/día)	Componentes	Fracción másica	Masa (t/día)
Entrada A13	Afrechillo sin fibra	695	Almidón	0,10	72,28
			H <sub>2</sub> O	0,86	597,70
			Cenizas	0,03	23,51
			NaOH	0,002	1,51
Salida A14	Almidón nativo	286,18	H <sub>2</sub> O	0,66	188,88
			NaOH	0,01	1,51
			Cenizas	0,08	23,51
			Almidón	0,25	72,28
Salida W4	Agua recirculada a MIX-3	408,82	H <sub>2</sub> O	1	408,82

Fuente: Elaboración propia.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

**7.2.2 Sección 200 – Obtención de almidón acetilado**

**Reacción**

La primera etapa de la sección 200 es la reacción de acetilación del almidón nativo proveniente de la preconcentración. En esta etapa se hace reaccionar a dicho almidón con anhídrido acético en medio básico (pH=8,25) generado con NaOH ya presente en la línea principal debido al agregado del mismo en la etapa 7.2.1.2 remojo. Pasado el tiempo de reacción necesario para obtener el grado de sustitución requerido (GS=0,1 o 2,5% de grupos acetilos) se añade HCl 0,5 M con el objetivo de frenar la reacción logrando un pH de 4,5. Además de la reacción de acetilación donde se obtiene como subproducto CH<sub>3</sub>COOH, se produce la reacción de neutralización entre el NaOH (base fuerte) y el HCl (ácido fuerte). El equipo y las corrientes involucradas se pueden visualizar en la Fig. 7.8 Mientras que los balances y las características de las corrientes involucradas se presentan en la Tabla 7.10.

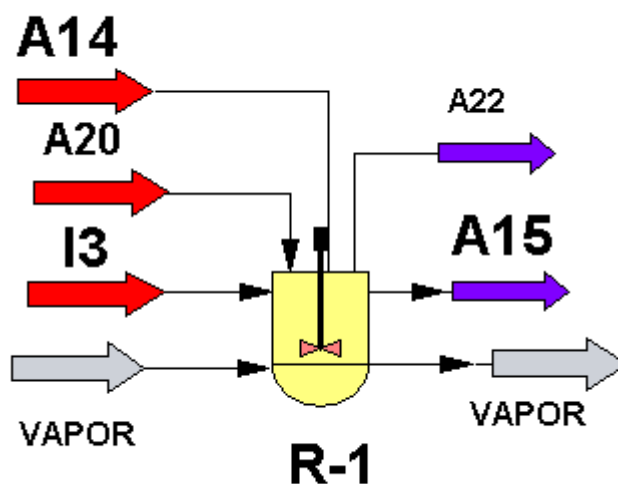


Figura 7-8 Reacción.  
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7-10 Balance de masa y energía en R-1.

Reacciones involucradas
$(CH_3CO)_2O + R'OH \rightarrow CH_3COOR' + CH_3COOH$ $NaOH + HCl \rightarrow NaCl + H_2O$

Referencias:

(CH<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>O: anhídrido acético

R'OH: almidón nativo

CH<sub>3</sub>COOR': almidón acetilado

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

CH<sub>3</sub>COOH: ácido acético

NaOH: hidróxido de sodio

NaCl: cloruro de sodio

HCl: ácido clorhídrico

Consideraciones:

- Relación anhídrido acético/almidón nativo = 20 g/100 g
- PM almidón nativo = 243,56 g/mol
- PM almidón acetilado = 316,31 g/mol
- De la bibliografía “Propuesta tecnológica para la acetilación de almidón de yuca en medio acuoso” de la Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Facultad de Química-Farmacia, Departamento de Ingeniería Química se extrajo la relación utilizada como dato para la reacción acetilación:

$$\frac{HCl}{Almidon\ nativo} = 1,425$$

- Los calores de formación involucrados en las reacciones de proceso se extrajeron de las siguientes fuentes bibliográficas:
  - Universidad Nacional de Colombia, “Esterificación”, 1995.
  - Universidad Tecnológica del Perú, “Laboratorio de Fisicoquímica”, 2018.
- Los calores específicos de ácido acético, hidróxido de sodio, anhídrido acético, ácido clorhídrico y agua a las distintas temperaturas de proceso requeridas fueron extraídos de ChemCad. Mientras que los calores específicos de cenizas y almidón se extrajeron haciendo uso de las ecuaciones planteadas en bibliografía.

$(CH_3CO)_2O$	+	$R'OH$	→	$CH_3COOR'$	+	$CH_3COOH$
<b>Pesos moleculares (g/mol)</b>						
102		243,56		316,31		60
<b>Masas a obtenidas según estequiometría (t/día)</b>						
14,17		70,84		92		8,33

NaOH	+	HCl	→	NaCl	+	H <sub>2</sub> O
<b>Pesos moleculares (g/mol)</b>						
40		36,5		58,5		18
<b>Masas a obtenidas según estequiometría (t/día)</b>						
1,51		1,37		2,21		0,7

<b>Balance de masa</b>	
<b>Balance total en el mixer</b>	$I_2 + W_5 = A_{20}$
<b>Balance parcial de HCl</b>	$I_2 * X_{I_2} = A_{20} * X_{A_{20}}$

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Corriente	Denominación	Masa total (t/día)	Componentes	Fracción másica	Masa (t/día)	T (°C)	Q (J/día)
<b>REACTOR R-1</b>							
Entrada A14	Almidón nativo	286,18	H <sub>2</sub> O	0,66	188,88	40	2,5*10 <sup>10</sup>
			NaOH	0,01	1,51		
			Cenizas	0,08	23,51		
			Almidón	0,25	72,28		
Entrada A20	HCl 0,5 M	103	HCl	0,018	1,85		
			Agua	0,9818	101,12		
Entrada I3	(CH <sub>3</sub> CO) <sub>2</sub> O	14,17	(CH <sub>3</sub> CO) <sub>2</sub> O	1	14,17		
Salida A22	Almidón acetilado	235,13	Almidón	0,39	92	60	
			Agua	0,60	140,99		
			Cenizas	0,01	2,14		
Salida A15	Efluente	181,32	Exceso almidón nativo	0,01	1,44		
			Cenizas	0,11	21,37		
			Ácido acético	0,05	8,33		
			Agua	0,82	149,70		
			HCl	0,01	0,48		
<b>TANQUE AGITADO T-2</b>							
Entrada I2	Ácido clorhídrico al 34%	5,45	HCl	0,34	1,85		
			Agua	0,66	3,60		
Entrada W5	Agua fresca	97,55	Agua	1	97,55	-	-
Salida A20	HCl 0,5 M	103	HCl	0,018	1,85		
			Agua	0,9818	101,12		

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

<b>Balance de energía</b>
$\Delta H_R = Q_{\text{enfriamiento}} + Q_{\text{formación}} + Q_{\text{calentamiento}} + Q_{H_2O} + Q_{\text{cenizas}} + Q_{HCl\text{sinreaccionar}}$
$Q_{\text{enfriamiento}} = Q_{\text{anhídrido}} + Q_{HCl} + Q_{\text{almidón}} + Q_{NaOH}$
Siendo: $Q [J/día] = m [kg/día] * C_p [J/kg K] * \Delta T [K]$
$Q_{\text{anhídrido}} = (14170 * 1925 * (-15)) = -417,66 * 10^6$
$Q_{HCl} = (1370 * 4135,7 * (-15)) = -84,98 * 10^6$
$Q_{\text{almidón}} = (72280 * 5,92 * (-15)) = -6,42 * 10^6$
$Q_{NaOH} = (1510 * 4162,7 * (-15)) = -94,3 * 10^6$
$Q_{\text{enfriamiento}} = -594,85 * 10^6$
$Q_{\text{formaciónesterificación}} = m (\text{productos} - \text{reactivos}) * \Delta H_{\text{esterificación}}$
$Q_{\text{formaciónesterificación}} = 13880 * 39,7 * 10^3 = 551 * 10^6$
$Q_{\text{formaciónneutralización}} = m (\text{productos} - \text{reactivos}) * \Delta H_{\text{neutralización}}$
$Q_{\text{formaciónesterificación}} = 30 * -3,2 * 10^6 = 90 * 10^6$
$Q_{\text{calentamiento}} = Q_{\text{almidónacetilado}} + Q_{\text{ácidoacético}}$
$Q_{\text{almidónacetilado}} = (92000 * 5,92 * 35) = 19 * 10^6$
$Q_{\text{ácidoacético}} = (8330 * 2205 * 35) = 642,86 * 10^6$
$Q_{\text{calentamiento}} = 662 * 10^6$
$Q_{H_2O} = (290680 * 4191,85 * 20) = 2,44 * 10^{10}$
$Q_{\text{cenizas}} = (23510 * 4,31 * 20) = 2 * 10^6$
$Q_{HCl\text{sinreaccionar}} = (484 * 4136,4 * 20) = 40 * 10^6$
$\Delta H_R = 2,5 * 10^{10}$
<i>El dato de <math>\Delta H_R</math> calculado se utiliza para conocer la masa de vapor a proveer al reactor R-1 para mantener la temperatura de 60°C. Para ello:</i>
$m_{\text{vapor}} = (-\Delta H_R) / (C_{p\text{vapor}} * \Delta T_{\text{vapor}})$
$m_{\text{vapor}} = (-2,5 * 10^{10}) / (523,25 * 10^6 * (-50)) = 0,95 \text{ t/día}$

Fuente: Elaboración propia.

### Concentración

Una vez obtenido el almidón acetilado con el grado de sustitución deseado, se procede a la etapa de concentración donde se busca eliminar la mayor cantidad posible de agua para facilitar el posterior secado del producto. El almidón acetilado ingresa a la centrífuga con 60% de humedad y sale con 35%.

El equipo y las corrientes involucradas se pueden visualizar en la Figura 7.9 Mientras que los balances y las características de las corrientes involucradas se presentan en la Tabla 7.11.



**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

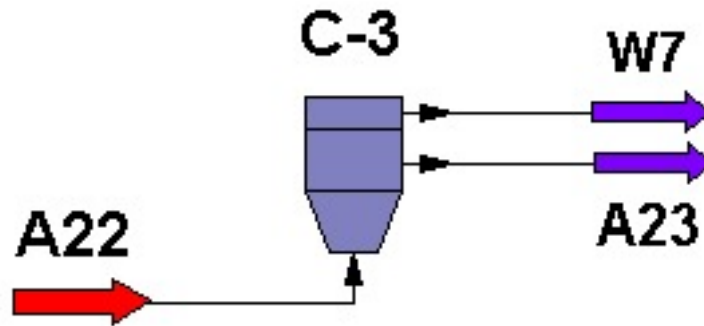


Figura 7-9 Concentración.  
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7-11 Balance de masa en C-3.

Balance de masa	
<b>Balance total en la centrífuga</b>	$A22 = A23 + W7$
<b>Balance parcial de almidón</b>	$A22 \cdot XA22_4 = A23 \cdot XA23_4$
<b>Balance parcial de cenizas</b>	$A22 \cdot XA22_6 = A23 \cdot XA23_6$
<b>Balance parcial de H2O</b>	$A22 \cdot XA22_1 = A23 \cdot XA23_1 + W7 \cdot XW7_1$

Corriente	Denominación	Masa total (t/día)	Componentes	Fracción másica	Masa (t/día)
Entrada A22	Almidón acetilado con 60% de humedad	235,3	Agua	0,6	140,99
			Almidón	0,39	92
			Cenizas	0,01	2,14
Salida A23	Almidón acetilado con 35% de humedad	145,23	Agua	0,35	51,09
			Almidón	0,63	92
			Cenizas	0,015	2,14
Salida W7	Agua recirculada a MIX-3	89,9	Agua	1	89,9

Fuente: Elaboración propia.

**Secado**

El almidón acetilado con 35% de humedad ingresa a la etapa de secado cuyo objetivo es lograr la humedad final del producto que asegure condiciones de almacenamiento óptimas para evitar su descomposición. En dicho proceso, se busca obtener un producto con 12% de humedad final.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

El equipo y las corrientes involucradas se pueden visualizar en la Figura 7.10 Mientras que los balances y las características de las corrientes involucradas se presentan en la Tabla 7.12.

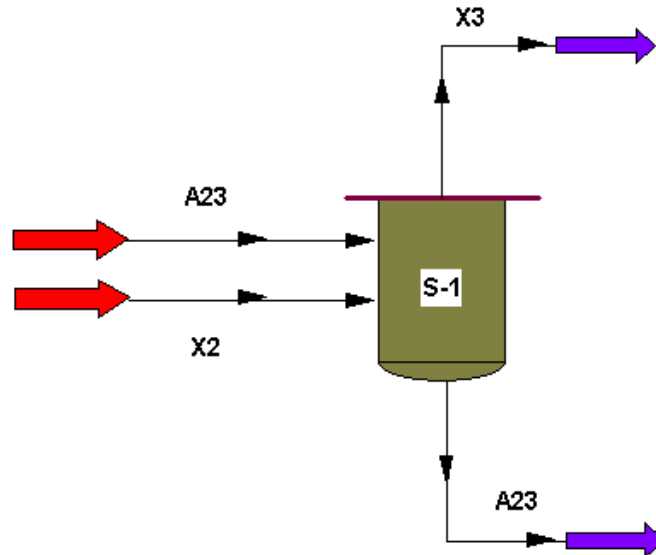


Figura 7-10 Secado.  
Fuente: Elaboración propia.

Consideraciones:

- El Cp del aire utilizado fue 276800 kJ/t\*°C
- El Cp del agua utilizado fue 1140000 kJ/t\*°C
- El Cp del vapor utilizado fue 523250 kJ/t\*°C
- Todos los Cp fueron extraídos en función de la temperatura del proceso en el software CHEMCAD.

Tabla 7-12 Balance de masa en S-1.

Balance de masa	
Secador S-1	
Balance total en el secador	$A23 + X2 = A24 + X3$
Balance parcial de almidón	$A23 * XA23_4 = A24 * XA24_4$
Balance parcial de cenizas	$A23 * XA23_6 = A24 * XA24_6$
Balance parcial de H2O	$A23 * XA23_1 + X2 * XX2_1 = A24 * XA24_1 + X3 * XX3_1$

Balance de energía	
Secador S-1	$Q = X2 * C_{p_{aire}} * \Delta T$

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Corriente	Denominación	Masa total (t/día)	Componentes	Fracción másica	Masa (t/día)	T (°C)	Q (kJ/día)
<b>SECADOR S-1</b>							
Entrada A23	Almidón acetilado con 35% de humedad	145,23	Agua	0,35	51,09	40	1,82*10 <sup>10</sup>
			Almidón	0,63	92		
			Cenizas	0,015	2,14		
Entrada X2	Aire caliente	658,02	Aire	0,985	648,15	180	
			Agua	0,015	9,87		
Salida A24	Almidón acetilado con 12% de humedad	106,98	Agua	0,12	12,84	70	
			Almidón	0,86	92		
			Cenizas	0,02	2,14		
Salida X3	Aire húmedo	696,27	Aire	0,926	644,75	80	
			Agua	0,074	51,52		

Fuente: Elaboración propia.

### Molienda y tamizado

Una vez lograda la humedad deseada del almidón acetilado (12%) se procede a la molienda y posterior tamizado del producto con el objetivo de obtener un polvo homogéneo apto para su comercialización.

El equipo y las corrientes involucradas se pueden visualizar en la Figura 7.11 Mientras que los balances y las características de las corrientes involucradas se presentan en la Tabla 7.13.

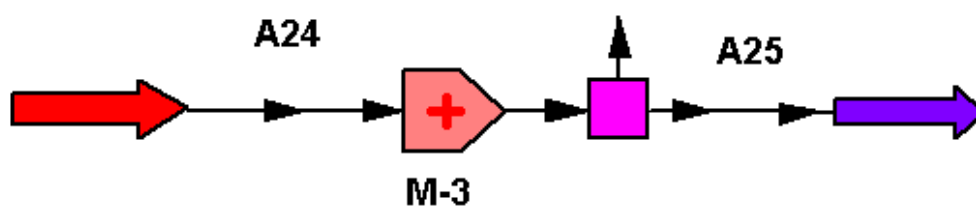


Figura 7-11 Molienda y tamizado.  
Fuente: Elaboración propia.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Consideraciones:

- La corriente (A25) contiene un 25% gruesos que se recirculan, mientras que un 75% corresponde a los finos aptos para envasado.

Tabla 7-13 Balance de masa en M-3 y TAM-2.

Balance de masa	
<b>Balance total en el molino</b>	$A24 + A27 = A25$
<b>Balance total en el tamiz</b>	$A25 = A26 + A27$

Corriente	Denominación	Masa total (t/día)	Componentes	Fracción másica	Masa (t/día)
<b>Molino M-3</b>					
Entrada A24	Almidón acetilado con 12% de humedad	106,98	Almidón	0,86	92
			Agua	0,12	12,84
			Cenizas	0,02	2,14
Salida A25	Almidón acetilado en polvo	106,98	Almidón	0,86	92
			Agua	0,12	12,84
			Cenizas	0,02	2,14

Fuente: Elaboración propia.

### 7.2.3 Sección 300 – Obtención de subproducto para alimentación ganadera

#### Mezclado

Las corrientes provenientes de la línea principal de producción (A3, A7 y A12) contienen la recuperación de los componentes principales del afrechillo de arroz, dichas corrientes deben mezclarse en un tanque agitado (T-3). El equipo y las corrientes involucradas se pueden visualizar en la Figura 7.12 Mientras que los balances y las características de las corrientes involucradas se presentan en la Tabla 7.14.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

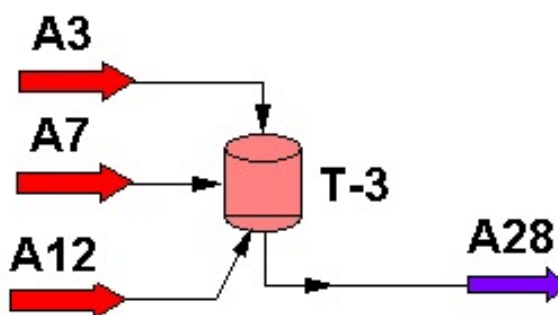


Figura 7-12 Mezclado.  
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7-14 Balance de masa en T-3.

Balance de masa	
Balance total en el tanque	$A3 + A7 + A12 = A28$

Corriente	Denominación	Masa total (t/día)	Componentes	Fracción másica	Masa (t/día)
Entrada A3	Solución de remojo	278,80	Proteínas	0,09	23,84
			H <sub>2</sub> O	0,91	254,96
Entrada A12	Agua con 10% fibras	171,10	H <sub>2</sub> O	0,90	153,99
			Fibra	0,10	17,11
Entrada A7	Lechada de germen	588,40	H <sub>2</sub> O	0,95	558,98
			Grasa	0,05	29,42
Salida A28	Producto balanceado al 93% de humedad	1038,30	H <sub>2</sub> O	0,93	967,93
			Proteína	0,02	23,84
			Fibra	0,02	17,11
			Grasa	0,03	29,42

Fuente: Elaboración propia.

**Extracción de H<sub>2</sub>O y secado**

La corriente de subproducto provenientes de la etapa de mezclado (A28) debe concentrarse hasta un valor de 55% de humedad, dicha actividad se realiza en una centrifuga (C-4). Posterior a esto, el alimento balanceado pasa a una etapa final de secado, en un secador (S-2) para alcanzar concentraciones del 12% de humedad que permiten un almacenamiento óptimo. Los equipos y las corrientes involucradas se pueden visualizar en la Figura 7.13

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Mientras que los balances y las características de las corrientes involucradas se presentan en la Tabla 7.15.

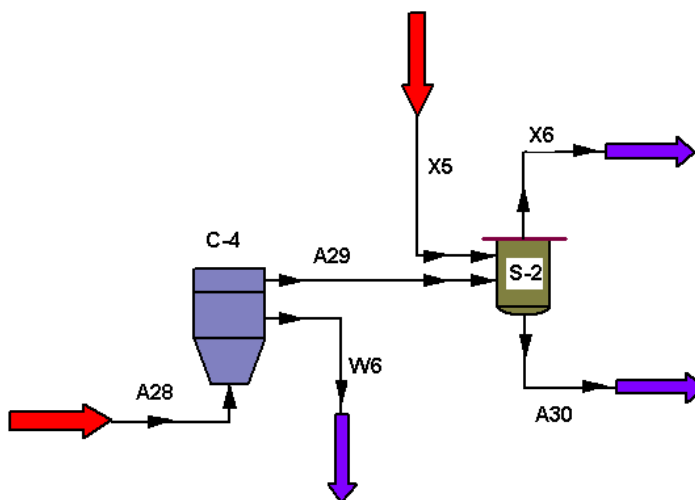


Figura 7-13 Extracción de agua y secado.  
 Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7-15 Balance de masa y energía en C-4, S-1 y IC-2.

Balance de masa	
Balance total en la centrifuga	$A28 = W6 + A29$
Balance total en el secador	$A29 + X5 = A30 + X6$

Corriente	Denominación	Masa total (t/día)	Componentes	Fracción másica	Masa (t/día)	T (°C)	Q (kJ/día)
<b>CENTRÍFUGA (C-4)</b>							
Entrada A28	Producto balanceado al 93% de humedad	1038,30	H <sub>2</sub> O	0,93	967,93	-	-
			Proteína	0,02	23,84		
			Fibra	0,02	17,11		
			Grasa	0,03	29,42		
Salida A29	Producto balanceado al 55% de humedad	153,24	H <sub>2</sub> O	0,55	84,28	-	-
			Proteína	0,15	23,36		
			Fibra	0,11	16,77		
			Grasa	0,19	28,83		
Salida W6	Efluente	885,06	H <sub>2</sub> O	0,9984	883,65	-	-
			Proteína	0,0005	0,48		
			Grasa	0,0007	0,59		
			Fibra	0,0004	0,34		

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

SECADOR (S-2)							
Entrada A29	Producto balanceado al 55% de humedad	153,24	H <sub>2</sub> O	0,55	84,28	40	2,35*10 <sup>10</sup>
			Proteína	0,15	23,36		
			Fibra	0,11	16,77		
			Grasa	0,19	28,83		
Entrada X5	Aire caliente	1288,20	H <sub>2</sub> O	0,015	19,32	250	
			Aire	0,985	1268,87		
Salida A30	Producto balanceado al 12% de humedad	78,36	H <sub>2</sub> O	0,12	9,4	70	
			Proteína	0,29	23,36		
			Fibra	0,21	16,77		
			Grasa	0,35	28,83		
Salida X6	Aire húmedo	1363,10	H <sub>2</sub> O	0,07	100,87	100	
			Aire	0,93	1262,23		

Balance de energía	
Secador S-2	$Q=X5*Cp_{aire}*\Delta T$

Fuente: Elaboración propia.

### 7.3 Adopción de bombas de proceso

En la industria se presentan con mucha frecuencia situaciones de transporte de líquidos a través de sistemas de tuberías, debiendo vencer presiones y desniveles, que hacen necesario el empleo de dispositivos mecánicos denominados bombas. Para poder realizar la adopción de las bombas involucradas en el proceso almidón acetilado se emplea el procedimiento detallado a continuación, el cual se basa en las ecuaciones típicas utilizadas para el cálculo de potencia en bombas:

Tabla 7-16 Ecuaciones utilizadas para la adopción de bombas.

<b>Velocidad</b>	$V = Q/A$
<b>Número de Reynolds</b>	$NRe = (V*\rho*D)/\mu$
<b>Factor de fricción</b>	$f = 64/NRe$
<b>Pérdida de carga</b>	$H = f*(L/D)*(v^2/2*g)$
<b>Potencia</b>	$P = (Ht*\rho*Q)/\eta$

Fuente: Ocon y Tojo.

Consideraciones:

- Los proveedores a los cuales se decidió adquirir las bombas de proceso fueron CER y Clima Técnica.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

- La longitud equivalente de succión e impulsión se considera 1,5 veces la longitud mayor del equipo involucrado, además, se incluye la longitud equivalente de los accesorios de tubería necesarios.

Tabla 7-17 Especificaciones técnicas de bombas de proceso adoptadas.

	P-1	P-2	P-3	P-4
Caudal (Q) [m <sup>3</sup> /h]	15,73	11,62	12,77	12,77
Viscosidad ( $\mu$ ) [cP]	1	1	2	2
Velocidad de succión (Vs) [m/s]	0,75	0,9	0,9	0,9
Velocidad de descarga (Vd) [m/s]	2,59	3	3	3
Diámetro de succión (Ds) [in]	3,38	2,75	2,75	2,75
Diámetro de descarga (Dd) [in]	1,79	1,55	1,55	1,55
Densidad ( $\rho$ ) [kg/m <sup>3</sup> ]	1000	1000	938,06	938,063
Número de Reynolds succión (NRe)	77260	62980	29540	29540
Número de Reynolds descarga (NRe)	136500	118200	55430	55430
Coefficiente de fricción succión (f)	0,023	0,023	0,023	0,023
Coefficiente de fricción descarga (f)	0,024	0,024	0,024	0,024
Longitud equivalente succión (Le) [m]	15,5	35,5	1,55	1,55
Longitud equivalente descarga (Le) [m]	15,4	35,4	1,55	1,55
Pérdida de carga (hf) [m]	3,9	7,45	0,43	0,43
Presión de succión (Ps) [atm]	1	1	1	1
Presión de descarga (Pd) [atm]	1	1	1	1
Altura de succión (hs) [m]	0	0	0	0
Altura de descarga (hd) [m]	15	10	1,3	1,3
Potencia (P) [CV]	1,4	0,95	0,12	0,12



**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

<b>Altura teórica (ht) [m]</b>	19,32	17,9	2,14	2,14
<b>Descripción de bomba adoptada</b>				
<b>Potencia adoptada (Pa) [CV]</b>	2	1	1	1
<b>Modelo</b>	Bombas Centrífugas Horizontales Grundfos CM15-1	Bombas Centrífugas Horizontales Grundfos CM10-1	Bombas Centrífugas Horizontales Grundfos CM10-1	Bombas Centrífugas Horizontales Grundfos CM10-1
<b>Caudal (Q) [m³/h]</b>	19,3	15	15	15

	<b>P-5</b>	<b>P-6</b>	<b>P-7</b>	<b>P-8</b>
<b>Caudal (Q) [m³/h]</b>	40,87	16,34	24,5	16,34
<b>Viscosidad (<math>\mu</math>) [cP]</b>	1,2	1,43	1	1,43
<b>Velocidad de succión (Vs) [m/s]</b>	0,9	0,9	0,9	0,9
<b>Velocidad de descarga (Vd) [m/s]</b>	3	3	3	3
<b>Diámetro de succión (Ds) [in]</b>	0,47	3,4	3,9	3,4
<b>Diámetro de descarga (Dd) [in]</b>	0,35	1,79	2,3	1,79
<b>Densidad (<math>\rho</math>) [kg/m³]</b>	988,6	972,4	1000	972,4
<b>Número de Reynolds succión (NRe)</b>	8949	52400	88690	52540
<b>Número de Reynolds descarga (NRe)</b>	22370	92800	172700	92800
<b>Coefficiente de fricción succión (f)</b>	0,034	0,023	0,02	0,023
<b>Coefficiente de fricción descarga (f)</b>	0,027	0,022	0,021	0,022
<b>Longitud equivalente succión (Le) [m]</b>	1,22	2,05	20	2
<b>Longitud equivalente descarga (Le) [m]</b>	2,22	3,05	20	2,5
<b>Pérdida de carga (hf) [m]</b>	2,11	0,34	0,88	1,55
<b>Presión de succión (Ps) [atm]</b>	1	1	1	1
<b>Presión de descarga (Pd) [atm]</b>	1	1	1	1
<b>Altura de succión (hs) [m]</b>	0	0	0	0
<b>Altura de descarga (hd) [m]</b>	1	1,3	10	15

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Potencia (P) [CV]	0,65	0,15	1,26	1,23
Altura teórica (ht) [m]	3,53	2,06	11,29	16,97
<b>Descripción de bomba adoptada</b>				
Potencia adoptada (Pa) [CV]	3	2	3	2
Modelo	Bomba Centrífuga Motorarg BH 300 T	Bombas Centrífugas Horizontales Grundfos CM 15-1	Bombas Centrífugas Horizontales Grundfos CM 25-1	Bombas Centrífugas Horizontales Grundfos CM 15-1
Caudal (Q) [m <sup>3</sup> /h]	67,5	19,6	28,4	19,6

	P-9	P-10	P-11	P-12
Caudal (Q) [m <sup>3</sup> /h]	29,11	7,13	12,12	17,03
Viscosidad ( $\mu$ ) [cP]	1,2	1	1,5	1
Velocidad de succión (Vs) [m/s]	0,9	0,9	0,9	0,9
Velocidad de descarga (Vd) [m/s]	3	3	3	3
Diámetro de succión (Ds) [in]	4,4	2,3	2,75	3,4
Diámetro de descarga (Dd) [in]	2,3	1,2	1,55	1,79
Densidad ( $\rho$ ) [kg/m <sup>3</sup> ]	994,65	1000	983,5	1000
Número de Reynolds succión (NRe)	82990	51800	41300	77260
Número de Reynolds descarga (NRe)	143100	91890	77480	136500
Coefficiente de fricción succión (f)	0,023	0,021	0,023	0,023
Coefficiente de fricción descarga (f)	0,022	0,025	0,024	0,022
Longitud equivalente succión (Le) [m]	3	15,5	1,5	18
Longitud equivalente descarga (Le) [m]	2,5	14	1	17,5
Pérdida de carga (hf) [m]	2,06	1,88	1,95	4
Presión de succión (Ps) [atm]	1	1	1	1
Presión de descarga (Pd) [atm]	1	1	1	1
Altura de succión (hs) [m]	0	0	0	0

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

<b>Altura de descarga (hd) [m]</b>	15	4	15	10
<b>Potencia (P) [CV]</b>	2,31	0,2	0,95	1,12
<b>Altura teórica (ht) [m]</b>	17,47	6,29	17,37	14,43
<b>Descripción de bomba adoptada</b>				
<b>Potencia adoptada (Pa) [CV]</b>	5,36	1,5	1	2
<b>Modelo</b>	Bombas Centrífugas Horizontales Grundfos CM 25-2	Electrobomba centrífuga MotorArg BC 125 Monofásica	Bombas Centrífugas Horizontales Grundfos CM10-1	Bombas Centrífugas Horizontales Grundfos CM 15-1
<b>Caudal (Q) [m<sup>3</sup>/h]</b>	29,7	7,3	15	19,6

	<b>P-13</b>	<b>P-14</b>	<b>P-15</b>	<b>P-16</b>
<b>Caudal (Q) [m<sup>3</sup>/h]</b>	9,94	3,75	6,29	5,05
<b>Viscosidad (<math>\mu</math>) [cP]</b>	2	1	3	8,3
<b>Velocidad de succión (Vs) [m/s]</b>	0,9	0,9	0,9	0,15
<b>Velocidad de descarga (Vd) [m/s]</b>	3	3	3	0,6
<b>Diámetro de succión (Ds) [in]</b>	2,75	1,55	2,3	4,4
<b>Diámetro de descarga (Dd) [in]</b>	1,55	0,75	1,2	2,3
<b>Densidad (<math>\rho</math>) [kg/m<sup>3</sup>]</b>	985,4	1000	962,03	882
<b>Número de Reynolds succión (NRe)</b>	31030	35450	16610	1773
<b>Número de Reynolds descarga (NRe)</b>	49350	57690	29470	3670
<b>Coefficiente de fricción succión (f)</b>	0,023	0,024	0,021	0,036
<b>Coefficiente de fricción descarga (f)</b>	0,024	0,027	0,025	0,021
<b>Longitud equivalente succión (Le) [m]</b>	3	20,5	9	1,5
<b>Longitud equivalente descarga (Le) [m]</b>	2,5	22	10,5	2
<b>Pérdida de carga (hf) [m]</b>	3,88	14,12	2,58	0,08
<b>Presión de succión (Ps) [atm]</b>	1	1	1	1
<b>Presión de descarga (Pd) [atm]</b>	1	1	1	1

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Altura de succión (hs) [m]	0	0	0	0
Altura de descarga (hd) [m]	15	10	15	15
Potencia (P) [CV]	0,86	0,42	0,49	0,31
Altura teórica (ht) [m]	19,29	24,54	18	15,1
<b>Descripción de bomba adoptada</b>				
Potencia adoptada (Pa) [CV]	1,5	0,6	1,13	0,6
Modelo	Bombas Centrífugas Monoturbina DAB K 30/100 T	Bombas Centrífugas Horizontales Grundfos CM3-2	Bombas Centrífugas Horizontales Grundfos CM5-4	Bombas Centrífugas Horizontales Grundfos CM5-2
Caudal (Q) [m <sup>3</sup> /h]	10,6	4,3	6,38	5,99

	P-17	P-18	P-19	P-20
Caudal (Q) [m <sup>3</sup> /h]	43,26	6,38	4,3	0,6
Viscosidad ( $\mu$ ) [cP]	1	1	1	1
Velocidad de succión (Vs) [m/s]	0,9	0,9	0,9	0,9
Velocidad de descarga (Vd) [m/s]	3	3	3	3
Diámetro de succión (Ds) [in]	6,5	2,3	1,55	0,61
Diámetro de descarga (Dd) [in]	2,75	1,2	0,96	0,35
Densidad ( $\rho$ ) [kg/m <sup>3</sup> ]	1000	1000	1000	1000
Número de Reynolds succión (NRe)	148400	51800	35450	13950
Número de Reynolds descarga (NRe)	209900	91890	73680	27150
Coefficiente de fricción succión (f)	0,018	0,021	0,024	0,031
Coefficiente de fricción descarga (f)	0,023	0,025	0,026	0,027
Longitud equivalente succión (Le) [m]	2,5	9	1,5	2,5
Longitud equivalente descarga (Le) [m]	2	9,5	1,5	3
Pérdida de carga (hf) [m]	1,06	5,62	7,5	23,97
Presión de succión (Ps) [atm]	1	1	1	1

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

<b>Presión de descarga (Pd) [atm]</b>	1	1	1	1
<b>Altura de succión (hs) [m]</b>	0	0	0	0
<b>Altura de descarga (hd) [m]</b>	4	12	22	22
<b>Potencia (P) [CV]</b>	1,08	0,53	0,6	0,125
<b>Altura teórica (ht) [m]</b>	5,47	18,04	29,92	46,39
<b>Descripción de bomba adoptada</b>				
<b>Potencia adoptada (Pa) [CV]</b>	3	1	0,75	0,5
<b>Modelo</b>	Bombas Centrífugas Motorarg BH 300 T	Bombas Centrífugas Motorarg BC 100 T	Electrobomba centrífuga Motorarga línea Vasser modelo QC 75	Electrobombas Periféricas Pedrollo PKm 60
<b>Caudal (Q) [m³/h]</b>	67,5	7,5	5,4	2,4

	<b>P-21</b>	<b>P-22</b>	<b>P-23</b>	<b>P-</b>
<b>Caudal (Q) [m³/h]</b>	4,29	28,42	0,14	
<b>Viscosidad (<math>\mu</math>) [cP]</b>	1	1	1	
<b>Velocidad de succión (Vs) [m/s]</b>	0,9	0,9	0,9	
<b>Velocidad de descarga (Vd) [m/s]</b>	3	3	3	
<b>Diámetro de succión (Ds) [in]</b>	1,55	4,4	0,35	
<b>Diámetro de descarga (Dd) [in]</b>	0,96	2,3	0,35	
<b>Densidad (<math>\rho</math>) [kg/m³]</b>	1000	1000	1000	
<b>Número de Reynolds succión (NRe)</b>	35450	100100	8145	
<b>Número de Reynolds descarga (NRe)</b>	72680	172700	27150	
<b>Coefficiente de fricción succión (f)</b>	0,024	0,023	0,027	
<b>Coefficiente de fricción descarga (f)</b>	0,026	0,021	0,027	
<b>Longitud equivalente succión (Le) [m]</b>	2,5	10,5	5	
<b>Longitud equivalente descarga (Le) [m]</b>	3	11	5,5	
<b>Pérdida de carga (hf) [m]</b>	2,44	1,23	13,07	

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

<b>Presión de succión (Ps) [atm]</b>	1	1	1	
<b>Presión de descarga (Pd) [atm]</b>	1	1	1	
<b>Altura de succión (hs) [m]</b>	0	0	0	
<b>Altura de descarga (hd) [m]</b>	2	12	7	
<b>Potencia (P) [CV]</b>	0,11	1,78	0,015	
<b>Altura teórica (ht) [m]</b>	4,86	13,64	20,48	
<b>Descripción de bomba adoptada</b>				
<b>Potencia adoptada (Pa) [CV]</b>	2	2	0,5	
<b>Modelo</b>	Electrobombas Periféricas Pedrollo PKm 200	Bombas Centrífugas Motorarg BH 200T	Electrobomba periférica Rowa modelo Pr 60	
<b>Caudal (Q) [m<sup>3</sup>/h]</b>	4,8	31,4	1,8	

Fuente: Elaboración propia.

#### 7.4 Resumen final de producción

Se presenta en las Tablas 7.18 un resumen que evidencia las cantidades necesarias para una producción anual de almidón acetilado de 32200 t. Mientras que en la Tabla 7.19 se puede apreciar las cantidades necesarias para producir una tonelada de almidón acetilado.

Tabla 7-18 Producción y consumo unitario y anual para una tonelada de almidón acetilado.

<b>Producción y consumo unitario y anual para una tonelada de almidón acetilado (t)</b>		
Hidróxido de sodio al 46%	0,036	1159,2
Agua fresca	12,392	399022
Afrechillo de arroz	2,052	66074
Ácido clorhídrico al 34%	0,059	1899
Anhídrido acético	0,154	4955
Efluentes	11,591	373230
Vapor	0,010	322
Almidón acetilado	1	33200
Producto balanceado	0,852	27434

Fuente: Elaboración propia.



# CAPÍTULO 8

## DISEÑO Y ADOPCIÓN DE EQUIPOS

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

**8 Diseño y adopción de equipos**

**8.1 Introducción**

En el presente capítulo se puede observar el desarrollo de cálculos matemáticos necesarios para el diseño y la adopción de equipos utilizados en el proceso de producción de almidón de arroz acetilado.

Los datos obtenidos del Capítulo 7 “Balance de materia y energía” fueron utilizados como base para el cálculo de los diseños y adopciones en cuestión.

Los diseños y adopciones se realizaron utilizando:

- ChemCAD.
- Catálogos de proveedores.
- Bibliografía correspondiente para cada equipo.

En la Tabla 8.1 se pueden apreciar todos los equipos involucrados en el proceso especificando si su construcción fue a partir de diseño propio o adopción por catálogo.

Tabla 8-1 Equipos diseñados

Denominación	Equipo	Cantidad	Etapas	Decisión tomada
SA-1	Silo de almacenamiento	2	Almacenamiento afrechillo de arroz	Dimensionamiento y adopción
SA-2	Silo de almacenamiento	2	Almacenamiento de almidón acetilado	Dimensionamiento y adopción
SA-3	Silo de almacenamiento	2	Almacenamiento de producto para alimentación ganadera	Dimensionamiento y adopción
TA-1	Tanque de almacenamiento	3	Almacenamiento de NaOH	Dimensionamiento y adopción
TA-2	Tanque de almacenamiento	3	Almacenamiento de HCl	Dimensionamiento y adopción
TA-3	Tanque de almacenamiento	4	Almacenamiento de (CH <sub>3</sub> CO) <sub>2</sub> O	Dimensionamiento y adopción
T-1	Tanque agitado	4	Preparación de solución de NaOH al 0,4%	Dimensionamiento y adopción
ME-1	Mezclador y amasador de pasta	3	Remojo	Dimensionamiento y adopción
M-1	Molino de martillo	3	Premolienda y separación de germen	Dimensionamiento y adopción



**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

ME-2	Mezclador y amasador de pasta	3	Premolienda y separación de germen	Dimensionamiento y adopción
TA-4	Tanque de almacenamiento	3	Premolienda y separación de germen	Dimensionamiento y adopción
HC-1	Hidrociclón	2	Premolienda y separación de germen	Diseño
M-2	Molino de martillo	3	Molienda húmeda	Dimensionamiento y adopción
C-1	Centrífuga	3	Separación y lavado de fibra	Dimensionamiento y adopción
C-2	Centrífuga	2	Preconcentración	Dimensionamiento y adopción
R-1	Reactor de tanque agitado enchaquetado	1	Reacción	Diseño
T-2	Tanque agitado	3	Reacción	Dimensionamiento y adopción
C-3	Centrífuga	2	Concentración	Dimensionamiento y adopción
S-1	Secador spray	3	Secado	Dimensionamiento y adopción
M-3	Molino de martillo	2	Molienda y tamizado	Dimensionamiento y adopción
T-3	Tanque agitado	2	Mezclado subproducto	Dimensionamiento y adopción
C-4	Centrífuga	2	Centrifugación subproducto	Dimensionamiento y adopción
S-2	Secador spray	4	Secado subproducto	Dimensionamiento y adopción

Fuente: Elaboración propia.

## 8.2 Consideraciones

- Los camiones que transportan los sólidos involucrados en el proceso (afrechillo de arroz, almidón acetilado y producto para alimentación ganadera) que mejor se adaptaron a la necesidad de la planta, admiten una carga máxima de 60 t según indica el Ministerio de Transporte - Dirección Nacional de Planificación de Transporte de Cargas y Logística.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

- Los camiones cisterna que mejor se adaptaron a las necesidades de la planta admiten capacidades de 34,5 t, 42 t, y 45 t según corresponda. En ellos se transportan los insumos NaOH, HCl y Anhidrido Acético.
- Para el diseño y/o adopción de equipos se toma la decisión de utilizar entre un 8 y un 22% extra de margen de seguridad, el cual ya está considerado en las especificaciones de cada equipo.

### 8.3 Recepción y almacenamiento de materias primas, insumos y producto final

#### 8.3.1 Tanque de almacenamiento de solución NaOH al 46% TA-1

Considerando un abastecimiento a la planta de NaOH al 46% para 12 días de producción se requieren 28 m<sup>3</sup> por lo cual se decidió utilizar 3 tanques cuyas características se detallan en la Tabla 8.2.

Tabla 8-2 Especificaciones técnicas TA-1.

<b>Fabricante</b>	Estudio Técnico Industrial S.R.L (ETI)
<b>Material</b>	AISI 304
<b>Capacidad máxima por tanque</b>	10000 l
<b>Cantidad requerida de tanques</b>	3
<b>Diámetro interno</b>	2 m
<b>Diámetro externo</b>	2,1 m
<b>Espesor</b>	0,05 m
<b>Altura</b>	3 m
<b>Relación de esbeltez</b>	1,5

Fuente: Elaboración propia.

#### 8.3.2 Tanque de almacenamiento de solución de HCl al 34% TA-2

Considerando un abastecimiento a la planta de HCl al 34% para 6 días de producción se requiere 28,5 m<sup>3</sup> por lo cual se utilizan 3 tanques con las características detalladas en la Tabla 8.3.

Tabla 8-3 Especificaciones técnicas TA-2.

<b>Fabricante</b>	Estudio Técnico Industrial S.R.L (ETI)
<b>Material</b>	AISI 304
<b>Capacidad máxima</b>	10000 l
<b>Cantidad requerida de tanques</b>	3
<b>Diámetro interno</b>	2 m
<b>Diámetro externo</b>	2,1 m
<b>Espesor</b>	0,05 m
<b>Altura</b>	3 m
<b>Relación de esbeltez</b>	1,5

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Fuente: Elaboración propia.

Tanque de almacenamiento de  $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$  TA-3

Considerando un abastecimiento a la planta de anhídrido acético para 3 días de producción se requieren  $40 \text{ m}^3$  por lo cual se utilizan los 4 tanques cuyas características se detallan en la Tabla 8.4.

Tabla 8-4 Especificaciones técnicas TA-3

<b>Fabricante</b>	Estudio Técnico Industrial S.R.L (ETI)
<b>Material</b>	AISI 304
<b>Capacidad máxima</b>	10000 l
<b>Cantidad requerida de tanques</b>	4
<b>Diámetro interno</b>	2 m
<b>Diámetro externo</b>	2,1 m
<b>Espesor</b>	0,05 m
<b>Altura</b>	3 m
<b>Relación de esbeltez</b>	1,5

Fuente: Elaboración propia.

### 8.3.3 Silo de almacenamiento de afrechillo de arroz SA-1

Considerando un abastecimiento a la planta para 1 día de producción se requieren  $190 \text{ t}$  por lo cual se utilizarán 2 silos detallados en la Tabla 8.5.

Tabla 8-5 Especificaciones técnicas SA-1.

<b>Silo de almacenamiento</b>	
<b>Fabricante</b>	LIMIT 21
<b>Material</b>	Base metálica de hierro en L
<b>Capacidad máxima</b>	120 t
<b>Cantidad requerida de silos</b>	2
<b>Diámetro</b>	5,2 m
<b>Altura</b>	8,8 m
<b>Sinfín asociado</b>	
<b>Longitud</b>	18 m
<b>Espesor</b>	3,2 mm
<b>Diámetro</b>	168 mm
<b>Potencia</b>	15 CV
<b>Capacidad</b>	60 t/h

Fuente: Elaboración propia.

### 8.3.4 Silo de almacenamiento de almidón acetilado SA-2

Considerando una producción de la planta de 2 días se requieren almacenar  $184 \text{ t}$  por lo cual se utilizan los equipos detallados en la Tabla 8.6.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Tabla 8-6 Especificaciones técnicas SA-2.

<b>Silo de almacenamiento</b>	
<b>Fabricante</b>	LIMIT 21
<b>Material</b>	Base metálica de hierro en L
<b>Capacidad máxima</b>	100 t
<b>Cantidad requerida de silos</b>	2
<b>Diámetro</b>	5,2 m
<b>Altura</b>	7,8 m
<b>Sinfín asociado</b>	
<b>Longitud</b>	16 m
<b>Espesor</b>	3,2 mm
<b>Diámetro</b>	168 mm
<b>Potencia</b>	15 CV
<b>Capacidad</b>	50 t/h

Fuente: Elaboración propia.

### 8.3.5 Silo de almacenamiento de producto para alimentación ganadera SA-3

Considerando una producción de la planta de 2 días se requieren almacenar 158 t por lo cual se utilizarán 2 silos detallados en la Tabla 8.7.

Tabla 8-7 Especificaciones técnicas SA-3.

<b>Silo de almacenamiento</b>	
<b>Fabricante</b>	LIMIT 21
<b>Material</b>	Base metálica de hierro en L
<b>Capacidad máxima</b>	80 t
<b>Cantidad requerida de silos</b>	2
<b>Diámetro</b>	5,2 m
<b>Altura</b>	6,8 m
<b>Sinfín asociado</b>	
<b>Longitud</b>	15 m
<b>Espesor</b>	3,2 mm
<b>Diámetro</b>	168 mm
<b>Potencia</b>	15 CV
<b>Capacidad</b>	40 t/h

Fuente: Elaboración propia.

### 8.4 Preparación solución de NaOH al 0,4% T-1

Para la preparación de la solución de NaOH necesaria para la etapa de remojo, se utiliza un tanque agitado con las siguientes características detalladas en las Tablas 8.8, 9, 10 y 11.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Tabla 8-8 Especificaciones técnicas T-1.

<b>Fabricante</b>	Estudio Técnico Industrial S.R.L (ETI)
<b>Material</b>	AISI 304
<b>Capacidad máxima por tanque</b>	100 m <sup>3</sup>
<b>Cantidad requerida de tanques</b>	4
<b>Diámetro interno</b>	4,4 m
<b>Diámetro externo</b>	4,45 m
<b>Espesor</b>	0,05 m
<b>Altura</b>	6,6 m
<b>Relación de esbeltez</b>	1,5

Fuente: Elaboración propia.

- Diseño del sistema de agitación

Consideraciones:

- El dato del número de revoluciones por segundo (n), K<sub>L</sub> y las relaciones geométricas fueron extraídos de Mc Cabe, Smith (2007) Operaciones Unitarias en Ingeniería Química para turbinas de palas rectas.

Tabla 8-9 Datos necesarios para el cálculo del agitador.

Datos necesarios		
Variable	Valor	Unidad
D	4,4	<i>m</i>
H	6,6	<i>m</i>
n	2,17	<i>rps</i>
ρ	1003,5	<i>kg/m<sup>3</sup></i>
μ	0,8	<i>cP</i>
K <sub>L</sub>	36,5	-

Fuente: Elaboración propia.

Las relaciones geométricas fueron:

$$S1 = \frac{Da}{D} = \frac{1}{3}$$

$$S2 = \frac{E}{Da} = 1$$

$$S3 = \frac{L}{Da} = \frac{1}{4}$$

$$S4 = \frac{W}{Da} = \frac{1}{5}$$

$$S5 = \frac{J}{D} = \frac{1}{12}$$

$$S6 = \frac{H}{D} = 1$$

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Las ecuaciones utilizadas fueron:

$$Re = \frac{D_a^2 * n * \rho}{\mu}$$

$$Np = \frac{K_L}{Re}$$

$$P = Np * n^3 * D_a^5 * \rho$$

Tabla 8-10 Datos calculados sistema de agitación.

Datos calculados		
Variable	Valor	Unidad
Da	1,5	m
E	1,5	m
L	0,3	m
W	0,3	m
J	0,44	m
Re	6124,5	-
P	6,13	CV
Np	0,006	-

Fuente: Elaboración propia.

- Adopción de motor y motorreductor para sistema de agitación

Tabla 8-11 Especificaciones técnicas de motor para sistema de agitación.

Motor eléctrico trifásico	
Línea	W21
Fabricante	Motores y Servicios S. A
Material	Aluminio
Potencia	10 CV
Revoluciones por minuto	1400
Voltaje nominal	380 V
Régimen servicio	S1
Protección	IP55
Motorreductor asociado	
Línea	LC tipo VM
Fabricante	MM Reductores S.A.S
Modelo	LC 105
Relación de reducción	1:10
Potencia	9 CV
RPM	1500
Rendimiento	88
RPM salida	150

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

Fuente: Elaboración propia.

## 8.5 Remojo ME-1

Para la etapa de remojo se decide adoptar una mezcladora y amasadora de pasta debido a las condiciones fisicoquímicas del sistema. Las características del equipo se detallan en la Tabla 8.12.

Tabla 8-12 Especificaciones técnicas ME-1.

Proveedor	Edelflex
Línea	Edelmix – FS
Modelo	3542
Potencia sistema de mezcla	30 CV
Capacidad de equipo	230 t/día
Cantidad de equipos	3
Línea de bomba asociada	FZX
Modelo de bomba asociada	2250
Potencia de bomba	20 CV

Fuente: Elaboración propia.

## 8.6 Premolienda y separación de germen

Para la etapa de premolienda y separación de germen se decide adoptar un molino de martillo, una mezcladora y amasadora de pasta, un tanque de almacenamiento, mientras que, se diseñó un hidrociclón. Las características de los equipos se detallan a continuación en las Tablas 8. 13,14,15,16 y 17.

### 8.6.1 Molino de martillo M-1

Tabla 8-13 Especificaciones técnicas M-1.

Proveedor	TUR S. A
Modelo	TM0770-100
Cantidad de equipos	3
Material	Acero al carbono
Cantidad de martillos	16
Capacidad	5000 kg/h
Volumen	4 m <sup>3</sup>
Potencia	100,6 CV
Velocidad	500 – 1800 rpm
Dimensiones [Alto x Ancho]	2075 x 1875 mm

Fuente: Elaboración propia.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

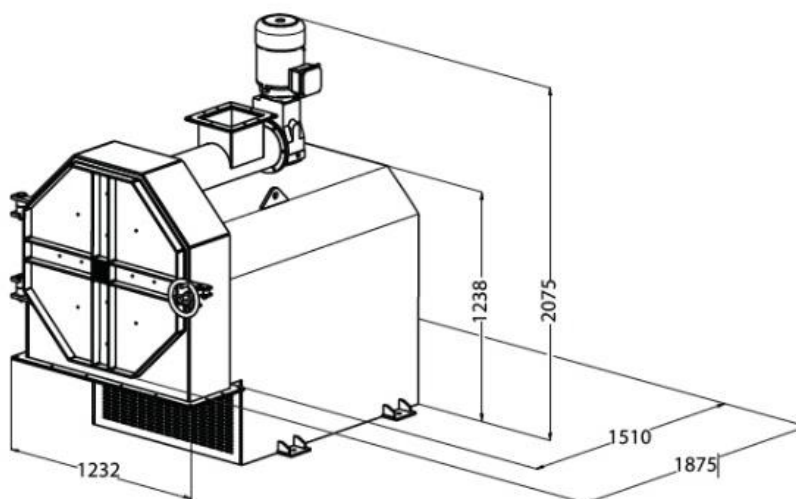


Fig. 8-1 Dimensiones molino M-1.  
Fuente: TUR S.A.

**8.6.2 Mezcladora y amasadora de pasta ME-2**

Tabla 8-14 Especificaciones técnicas ME-2.

<b>Proveedor</b>	Edelflex
<b>Línea</b>	Edelmix – FS
<b>Modelo</b>	3552
<b>Potencia sistema de mezcla</b>	75 CV
<b>Capacidad de equipo</b>	388,8 t/día
<b>Cantidad de equipos</b>	3
<b>Línea de bomba asociada</b>	FZX
<b>Modelo de bomba asociada</b>	2400
<b>Potencia de bomba</b>	60 CV

Fuente: Elaboración propia.

**8.6.3 Tanque de almacenamiento de agua TA-4**

Tabla 8-15 Especificaciones técnicas TA-4.

<b>Fabricante</b>	Estudio Técnico Industrial S.R.L (ETI)
<b>Material</b>	AISI 304
<b>Capacidad máxima</b>	12000 l
<b>Cantidad requerida de tanques</b>	3
<b>Diámetro interno</b>	2,17 m
<b>Diámetro externo</b>	2,22 m
<b>Espesor</b>	0,05 m
<b>Altura</b>	3,25 m
<b>Relación de esbeltez</b>	1,5

Fuente: Elaboración propia.



**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

**8.6.4 Hidrociclón HC-1**

Para la separación del germen se diseña un hidrociclón, equipo estándar utilizado para separar un componente de una suspensión. Las ecuaciones utilizadas para el diseño geométrico del hidrociclón HC-1 fueron extraídas de la bibliografía:

- Perry (1994), Manual del Ingeniero Químico.

Tabla 8-16 Datos necesarios para el cálculo de diseño de HC-1.

Datos necesarios		
Variable	Valor	Unidad
dc	1400	$\mu m$
$\rho_{\text{agua}}$	1000	$kg/m^3$
$\mu_{\text{agua}}$	0,0008	$kg/m*s$
$\rho_{\text{germen}}$	1200	$kg/m$
$Q_m$	20182,71	$kg/h$
$Q_v$	0,006	$m^3/s$

Fuente: Elaboración propia.

**8.6.5 Consideraciones:**

- El flujo es laminar por lo que se cumple la Ley de Stokes.
- El tamaño mínimo a separar es de 1400  $\mu m$ , este es el diámetro crítico (dc).
- El valor de la densidad de la mezcla se considera la del agua debido a que es el componente mayoritario de la corriente A6.
- El diseño se realiza para un hidrociclón, en el proceso se requieren 2 unidades.

Ecuaciones utilizadas:

$$\frac{d_c^2 * \pi * \Delta\rho}{9 * \mu} = \frac{Bc}{N * Vc}$$

$$Vc = \frac{Qv}{2 * Bc^2}$$

$$N = \frac{0,4682 * Vc}{1 + 0,0618 * Vc}$$

$$Dc = Bc * 4$$

$$De = \frac{Dc}{2}$$

$$Hc = \frac{Dc}{2}$$

$$Lc = Dc * 2$$

$$Zc = Dc * 2$$

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

$$S_c = \frac{D_c}{8}$$

$$J_c = \frac{D_c}{4}$$

$$L_t = L_c + Z_c$$

Tabla 8-17 Datos calculados diseño de HC-1.

Datos calculados		
Variable	Valor	Unidad
V <sub>c</sub>	0,879	-
B <sub>c</sub>	0,06	m
N	0,39	-
D <sub>c</sub>	0,24	m
D <sub>e</sub>	0,12	m
H <sub>c</sub>	0,12	m
L <sub>c</sub>	0,48	m
S <sub>c</sub>	0,03	m
Z <sub>c</sub>	0,48	m
J <sub>c</sub>	0,06	m
L <sub>t</sub>	0,96	m

Fuente: Elaboración propia.

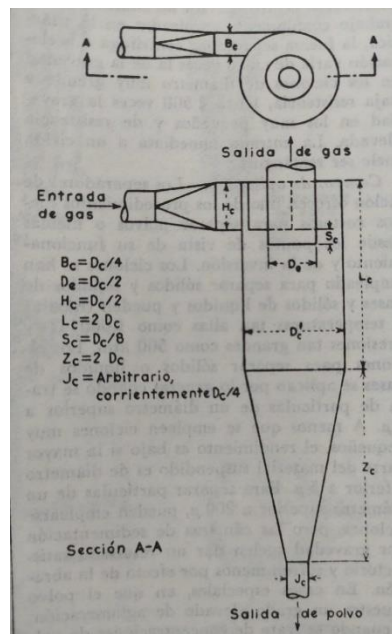


Fig. 8-2 Dimensiones y relaciones geométricas HC-1.  
 Fuente: Perry, 1994.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

### 8.7 Molienda húmeda M-2

Para la etapa de molienda húmeda se decide adoptar un molino de martillos. Las características del equipo se detallan en la Tabla 8.18.

Tabla 8-18 Especificaciones técnicas M-2.

Proveedor	TUR S. A
Modelo	TM0770-125
Cantidad de equipos	3
Material	Acero al carbono
Cantidad de martillos	22
Capacidad	7000 kg/h
Volumen	4 m <sup>3</sup>
Potencia	120,7 CV
Velocidad	500 – 1800 rpm
Dimensiones [Alto x Ancho]	2075 x 1875 mm

Fuente: Elaboración propia.

Nota: las dimensiones de dicho molino se pueden observar en la Figura 8.1.

### 8.8 Separación y lavado de fibra C-1

Para la etapa en cuestión se decidió adoptar un módulo centrífugo multipropósito para industrias de alimentos y bebidas. Las características del equipo se detallan en la Tabla 8.19.

Tabla 8-19 Especificaciones técnicas C-1.

Fabricante	Alfa Laval S. A
Modelo	Clara 250
Capacidad	25000 l
Consumo eléctrico máximo	21,5 CV
Volumen de descarga	3 – 10 l
Capacidad hidráulica máxima	23 m <sup>3</sup> /h
Cantidad de equipos	3
Masa del equipo completo	2200 kg
Potencia del motor asociado	24,8 CV

Fuente: Elaboración propia.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

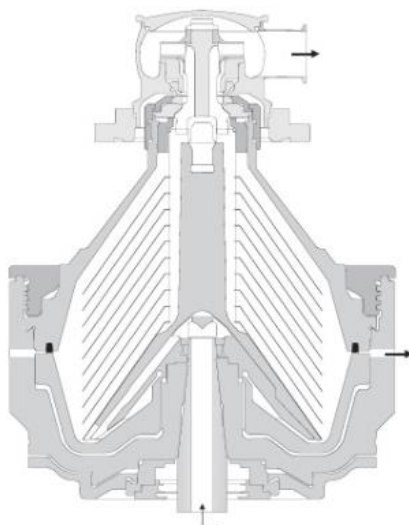


Fig. 8-3 Imagen ilustrativa centrífuga C-1.  
Fuente: Alfa Laval.

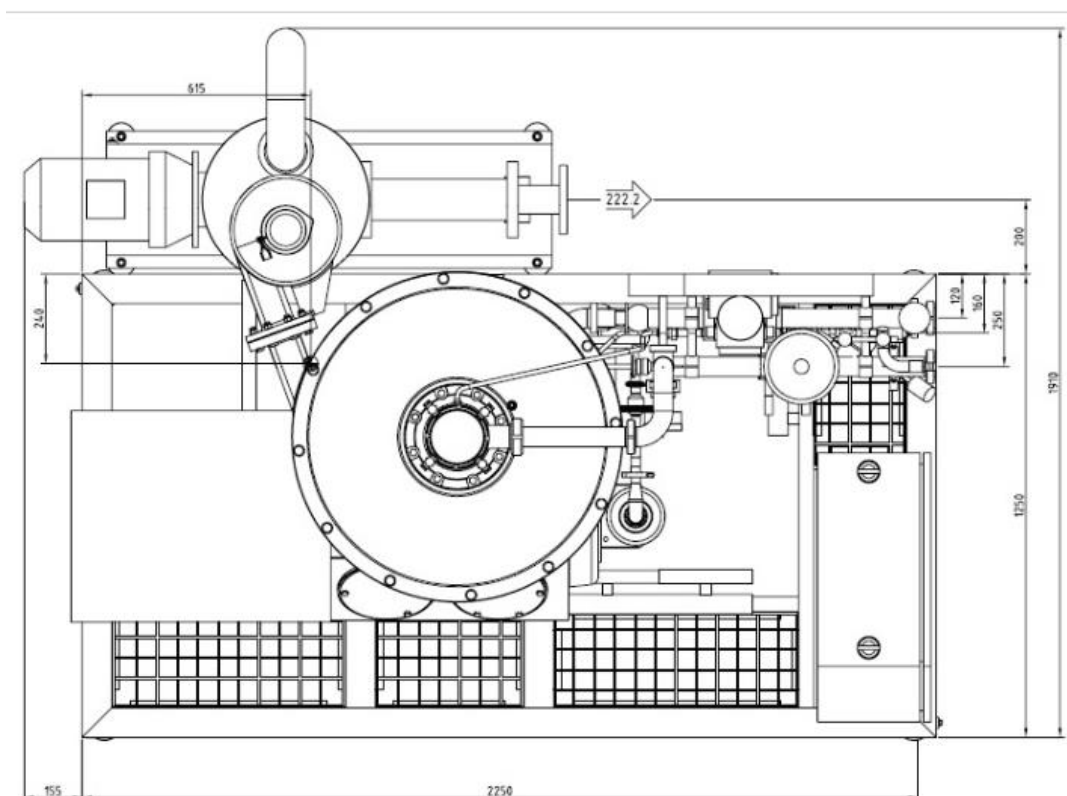


Fig. 8-4 Dimensiones centrífuga C-1.  
Fuente: Alfa Laval.

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

## 8.9 Preconcentración C-2

Para la etapa de preconcentración se decide adoptar un sistema de separación de pilas de discos para industrias de alimentos y bebidas. Las características del equipo se detallan en la Tabla 8.20.

Tabla 8-20 Especificaciones técnicas C-2.

<b>Fabricante</b>	Alfa Laval S. A
<b>Modelo</b>	Clara 450
<b>Capacidad</b>	20000 l/h
<b>Cantidad de equipos</b>	2
<b>Masa del equipo completo</b>	3400 kg
<b>Potencia del motor asociado</b>	73,8 CV
<b>Material</b>	AISI 304

Fuente: Elaboración propia.

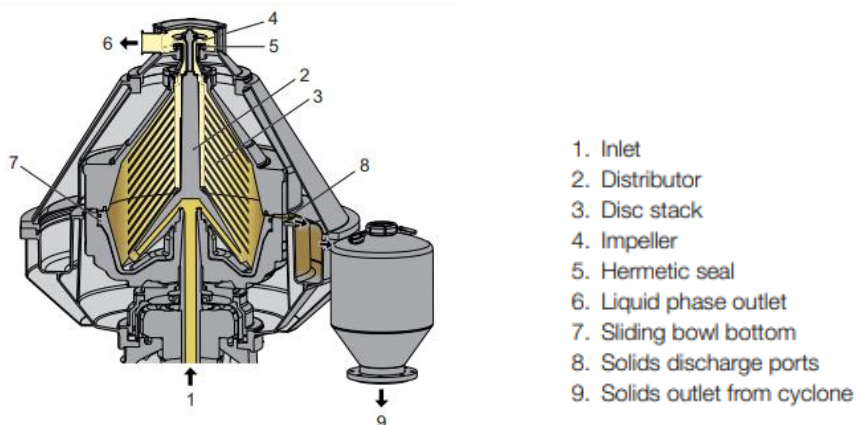


Fig. 8-5 Imagen ilustrativa centrífuga C-2.

Fuente: Alfa Laval.

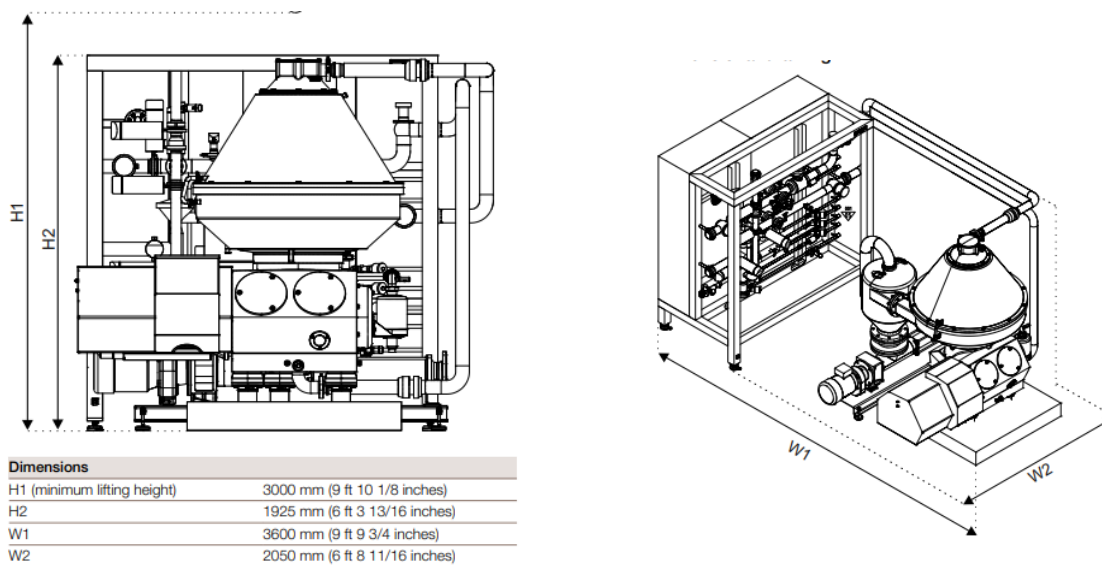


Fig. 8-6 Dimensiones centrífuga C-2.

Fuente: Elaboración propia

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

## 8.10 Reacción

En la etapa de reacción se diseñó un reactor de mezcla completa en estado estacionario para cumplimentar las exigencias del proceso, también se adoptó un tanque agitado para la preparación de la solución de HCl al 0,5 M que se utiliza como medio para la detención de la reacción de esterificación. Las características del modelo diseñado y la información necesaria se detallan en las Tablas 8. 21, 22, 23 ,24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 y 31.

### 8.10.1 Reactor R-1

Las ecuaciones utilizadas para el diseño geométrico del reactor R-1 fueron extraídas de:

- Levenspiel, (1999). Ingeniería de las reacciones químicas
- Kern (1965). Procesos de transferencia de calor.
- Mc Cabe, Smith (2007) Operaciones Unitarias en Ingeniería Química.

- **Diseño tanque agitado**

Tabla 8-21 Datos necesarios para el diseño del reactor R-1.

Datos necesarios		
Variable	Valor	Unidad
K	0,003887 <sup>1</sup>	l/mol*min
F <sub>a0</sub>	206,08	mol/min
C <sub>A</sub>	0,72	M
C <sub>B</sub>	10,65	M
C <sub>C</sub>	0,79	M

Fuente: Elaboración propia.

1: Calafell Carrera Daileny, (2018). Propuesta de tecnologías para la acetilación de almidón de yuca.

Las cuales se detallan a continuación:

$$-r_A = K * C_A * C_B$$

$$\tau = \frac{C_C - C_A}{-r_A}$$

$$V = \frac{\tau * F_{A0}}{C_A}$$

$$V = \pi * \frac{D^2}{4} * H$$

$$\frac{H}{D} = 1,5$$

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Tabla 8-22 Datos de diseño calculados para R-1.

Datos calculados		
Variable	Valor	Unidad
-rA	0,03	mol/l *min
$\tau$	2,33	min
V	800	l
D	0,9	m
H	1,35	m

Fuente: Elaboración propia.

- **Diseño del agitador**

Tabla 8-23 Datos necesarios para el diseño del agitador.

Datos necesarios		
Variable	Valor	Unidad
D	0,9	m
H	1,35	m
n	2,17 <sup>1</sup>	rps
$\rho$	665	kg/m <sup>3</sup>
$\mu$	2332,6 <sup>2</sup>	cP
K <sub>L</sub>	36,5 <sup>1</sup>	-

Fuente: Elaboración propia.

1: Dato extraído de Mc Cabe, Smith (2007) Operaciones Unitarias en Ingeniería Química para turbina de palas rectas.

2: Dato extraído de Revista Sociedad Química Del Perú, (2019) Propiedades físico-químicas, funcionales y estructurales de almidones nativos y acetilados obtenidos a partir de la papa.

Las relaciones geométricas fueron:

$$S1 = \frac{Da}{D} = \frac{1}{3}$$

$$S2 = \frac{E}{Da} = 1$$

$$S3 = \frac{L}{Da} = \frac{1}{4}$$

$$S4 = \frac{W}{Da} = \frac{1}{5}$$

$$S5 = \frac{J}{D} = \frac{1}{12}$$

$$S6 = \frac{H}{D} = 1$$

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Las ecuaciones utilizadas fueron:

$$Re = \frac{D_a^2 * n * \rho}{\mu}$$

$$P = K_L * n^2 * D_a^3 * \mu$$

Tabla 8-24 Datos de diseño del agitador.

Datos calculados		
Variable	Valor	Unidad
Da	0,3	m
E	0,3	m
L	0,06	m
W	0,06	m
J	0,09	m
Re	0,056	-
P	14,5	CV

Fuente: Elaboración propia.

- Adopción de motor y motorreductor eléctrico para sistema de agitación

Tabla 8-25 Especificaciones técnicas motor para sistema de agitación.

Motor eléctrico trifásico	
Línea	W22
Fabricante	Motores y Servicios S. A
Material	Fundición
Potencia	20 CV
Revoluciones por minuto	1400
Voltaje nominal	380 V
Régimen de servicio	S1
Protección	IP55
Motorreductor	
Línea	LC tipo VM
Fabricante	MM Reductores S.A.S
Modelo	LC 150
Potencia	17.5 CV
RPM	1500
Relación de reducción	1:10
Rendimiento	89
RPM de salida	150

Fuente: Elaboración propia.



**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

• **Diseño sistema de calefacción**

Tabla 8-26 Datos requeridos para el diseño del sistema de calefacción de R-1.

Datos necesarios		
Variable	Valor	Unidad
UD	500 <sup>1</sup>	BTU/h * pie <sup>2</sup> * F
Q	989583,3	BTU/h
Δt <sub>2</sub>	194	F
Δt <sub>1</sub>	140	F
A reactor	5,1	m <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia.

1: Dato extraído de Kern (1965). Procesos de transferencia de calor.

Las ecuaciones utilizadas fueron:

$$\Delta TML = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln\left(\frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}\right)}$$

$$A_{TC} = \frac{Q}{UD * \Delta TML}$$

$$\% \text{aprovechamiento} = \frac{A_{TC}}{A_{reactor}} * 100$$

Tabla 8-27 Datos de diseño obtenidos para el sistema de calefacción de R-1.

Datos calculados		
Variable	Valor	Unidad
ΔTML	165,2	F
A <sub>TC</sub>	1,11	m <sup>2</sup>
%aprovechamiento	21,76	-

Fuente: Elaboración propia.

**8.10.2 Tanque agitado para preparación de solución de HCl al 0,5 M T-2**

Tabla 8-28 Especificaciones técnicas T-2.

<b>Fabricante</b>	Estudio Técnico Industrial S.R.L (ETI)
<b>Material</b>	AISI 304
<b>Capacidad máxima por tanque</b>	2000 l
<b>Cantidad requerida de tanques</b>	3
<b>Diámetro interno</b>	1,2 m
<b>Diámetro externo</b>	1,25 m
<b>Espesor</b>	0,05 m
<b>Altura</b>	1,8 m

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Relación de esbeltez	1,5
Costo aproximado	6000 USD

Fuente: Elaboración propia.

- Diseño del sistema de agitación

Tabla 8-29 Datos necesarios para el diseño del sistema de agitación de T-2.

Datos necesarios		
Variable	Valor	Unidad
D	1,2	m
H	1,8	m
n	2,17 <sup>1</sup>	rps
$\rho$	1002,66	kg/m <sup>3</sup>
$\mu$	0,8	cP
K <sub>L</sub>	36,5 <sup>1</sup>	-

Fuente: Elaboración propia.

1: Dato extraído de Mc Cabe, Smith (2007) Operaciones Unitarias en Ingeniería Química para turbina de palas rectas.

Las relaciones geométricas fueron:

$$S1 = \frac{Da}{D} = \frac{1}{3}$$

$$S2 = \frac{E}{Da} = 1$$

$$S3 = \frac{L}{Da} = \frac{1}{4}$$

$$S4 = \frac{W}{Da} = \frac{1}{5}$$

$$S5 = \frac{J}{D} = \frac{1}{12}$$

$$S6 = \frac{H}{D} = 1$$

Las ecuaciones utilizadas fueron:

$$Re = \frac{D_a^2 * n * \rho}{\mu}$$

$$Np = \frac{K_L}{Re}$$

$$P = Np * n^3 * D_a^5 * \rho$$

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Tabla 8-30 Datos de diseño del sistema de agitación para T-2

Datos calculados		
Variable	Valor	Unidad
Da	0,4	m
E	0,4	m
L	0,08	m
W	0,08	m
J	0,12	m
Re	435,15	-
P	11,4	CV
Np	0,08	-

Fuente: Elaboración propia.

- Adopción de motor y motorreductor para sistema de agitación

Tabla 8-31 Especificaciones técnicas motor para sistema de agitación de T-2.

Motor eléctrico trifásico	
Línea	W22
Fabricante	Motores y Servicios S. A
Material	Fundición
Potencia	15 CV
Revoluciones por minuto	1400
Voltaje nominal	380 V
Régimen de servicio	S1
Protección	IP55
Motorreductor	
Línea	LC tipo VM
Fabricante	MM Reductores S.A.S
Modelo	LC 120
Potencia	13 CV
RPM	1500
Relación de reducción	1:10
Rendimiento	88
RPM de salida	150

Fuente: Elaboración propia.

### 8.11 Concentración C-3

Para la etapa en cuestión se adopta un sistema de separación de pilas de discos para industrias de alimentos y bebidas. Las características del equipo se detallan en la Tabla 8.32.

Tabla 8-32 Especificaciones técnicas C-3.

Fabricante	Alfa Laval S. A
Modelo	Clara 450
Capacidad	20000 l

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

<b>Cantidad de equipos</b>	2
<b>Masa del equipo completo</b>	3400 kg
<b>Potencia del motor asociado</b>	73,8 CV
<b>Material</b>	AISI 304

Fuente: Elaboración propia.

Nota: las dimensiones del equipo se pueden visualizar en las Figuras 8.5 y 8.6.

### 8.12 Secado S-1

Para la etapa de secado se decidió adoptar un secador spray de contacto directo, el mismo, utiliza aire como fluido calefactor que es acondicionado con combustible, en este caso, se utiliza gas natural debido a que el parque nacional de Villaguay ya posee la instalación de este servicio. Las características del equipo se detallan en la Tabla 8.33.

Tabla 8-33 Especificaciones técnicas S-1.

<b>Proveedor</b>	Galaxie
<b>Modelo</b>	5240
<b>Cantidad de equipos</b>	3
<b>Temperatura de entrada del aire de secado</b>	180 °C
<b>Temperatura de salida del aire de secado</b>	80 °C
<b>Evaporación de agua</b>	570 l/h
<b>Consumo de combustible</b>	81,47 m <sup>3</sup> /h
<b>Consumo eléctrico</b>	47 kW/h
<b>Dimensiones</b>	7,5 m x 9 m
<b>Altura</b>	12 m

Fuente: Elaboración propia.

### 8.13 Molienda y tamizado M-3

Para la etapa de molienda y tamizado final se adopta un molino de martillos. Las características del equipo se detallan en la Tabla 8.34.

Tabla 8-34 Especificaciones técnicas M-3.

<b>Proveedor</b>	TUR S. A
<b>Modelo</b>	TM490-040
<b>Cantidad de equipos</b>	2
<b>Material</b>	Acero al carbono
<b>Cantidad de martillos</b>	10
<b>Capacidad</b>	3000 kg/h
<b>Volumen</b>	2 m <sup>3</sup>
<b>Potencia</b>	40,2 CV
<b>Velocidad</b>	500 – 1800 rpm
<b>Dimensiones [Alto x Ancho]</b>	2075 x 1875 mm

Fuente: Elaboración propia.

Nota: las dimensiones del equipo se pueden observar en la Figura 8.1.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

**8.14 Mezclado subproducto T-3**

Para la etapa de mezclado de subproducto se decidió adoptar 2 tanques agitado. Las características del equipo se pueden observar a continuación en la Tabla 8.35, 36, 37 y 38.

Tabla 8-35 Especificaciones técnicas T-3.

<b>Fabricante</b>	Estudio Técnico Industrial S.R.L (ETI)
<b>Material</b>	AISI 304
<b>Capacidad máxima por tanque</b>	25000 l
<b>Cantidad requerida de tanques</b>	2
<b>Diámetro interno</b>	2,8 m
<b>Diámetro externo</b>	2,85 m
<b>Espesor</b>	0,05 m
<b>Altura</b>	4,2 m
<b>Relación de esbeltez</b>	1,5
<b>Costo aproximado</b>	50000 USD

Fuente: Elaboración propia.

- Diseño del sistema de agitación

Tabla 8-36 Datos requeridos para el diseño del agitador de T-3.

Datos necesarios		
Variable	Valor	Unidad
D	2,8	m
H	4,2	m
n	2,17 <sup>1</sup>	rps
$\rho$	1020	kg/m <sup>3</sup>
$\mu$	0,9	cP
K <sub>L</sub>	36,5 <sup>1</sup>	-

Fuente: Elaboración propio.

1: Dato extraído de Mc Cabe, Smith (2007) Operaciones unitarias en ingeniería química para turbina de palas rectas.

Las relaciones geométricas fueron:

$$S1 = \frac{Da}{D} = \frac{1}{3}$$

$$S2 = \frac{E}{Da} = 1$$

$$S3 = \frac{L}{Da} = \frac{1}{4}$$

$$S4 = \frac{W}{Da} = \frac{1}{5}$$

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

$$S5 = \frac{J}{D} = \frac{1}{12}$$

$$S6 = \frac{H}{D} = 1$$

Las ecuaciones utilizadas fueron:

$$Re = \frac{D_a^2 * n * \rho}{\mu}$$

$$Np = \frac{K_L}{Re}$$

$$P = Np * n^3 * Da^5 * \rho$$

Tabla 8-37 Datos de diseño calculados para el agitador de T-3.

Datos calculados		
Variable	Valor	Unidad
Da	0,93	m
E	0,93	m
L	0,19	m
W	0,19	m
J	0,28	m
Re	2127	-
P	194	CV
Np	0,02	-

Fuente: Elaboración propia.

- Adopción de motor para sistema de agitación

Tabla 8-38 Especificaciones técnicas motor para sistema de agitación de T-3.

Motor eléctrico trifásico	
Línea	W22
Fabricante	Motores y Servicios S. A
Material	Fundición
Potencia	250 CV
Revoluciones por minuto	1400
Voltaje nominal	380 V
Régimen de servicio	S1
Protección	IP55
Motorreductor	
Línea	LC tipo VM
Fabricante	MM Reductores S.A.S
Modelo	LC 250
Potencia	1:10
RPM	225 CV

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Relación de reducción	1500
Rendimiento	88
RPM de salida	150

Fuente: Elaboración propia.

### 8.15 Centrifugación C-4

Para la etapa en cuestión se decidió adoptar un módulo centrífugo multipropósito para industrias de alimentos y bebidas. Las características del equipo se detallan en la Tabla 8.39.

Tabla 8-39 Especificaciones técnicas C-4.

Fabricante	Alfa Laval S. A
Modelo	Clara 250
Capacidad	25000 l
Consumo eléctrico máximo	21,5 CV
Volumen de descarga	3 – 10 l
Capacidad hidráulica máxima	23 m <sup>3</sup> /h
Cantidad de equipos	2
Masa del equipo completo	2200 kg
Potencia del motor asociado	24,8 CV

Fuente: Elaboración propia.

Nota: las dimensiones del equipo se pueden observar en las Figuras 8.3 y 8.4.

### 8.16 Secado subproducto S-2

Para el secado del subproducto para alimentación ganadera se realiza la adopción y el dimensionamiento geométrico de un equipo de las mismas características que en la etapa de Secado de la línea principal. Las características de dicho equipo se detallan en la Tabla 8.40.

Tabla 8-40 Especificaciones técnicas S-2.

Proveedor	Galaxie
Modelo	5240
Cantidad de equipos	4
Temperatura de entrada del aire de secado	250 °C
Temperatura de salida del aire de secado	100 °C
Evaporación de agua	870 l/h
Consumo de combustible	1035000 kcal/h
Consumo de gas natural	117,1 m <sup>3</sup> /h
Consumo eléctrico	47 kW/h
Dimensiones	7,5 m x 9 m
Altura	12 m

Fuente: Elaboración propia.



# CAPÍTULO 9

## SERVICIOS AUXILIARES



# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

## 9 Servicios auxiliares

### 9.1 Introducción

El presente capítulo tiene como objetivo presentar los servicios auxiliares requeridos por la planta procesadora de afrechillo de arroz para completar de manera satisfactoria cada una de las actividades involucradas en el proceso productivo, que en ausencia de los mismos sería imposible de llevar a cabo.

Los principales servicios auxiliares que se trabajan son los siguientes:

- Agua
- Gas natural
- Vapor de agua

Además, fueron tenidos en cuenta los medios de transporte necesarios para distribuir cada uno de los servicios a las distintas zonas de la planta en cuestión.

### 9.2 Agua

El agua es, para la planta procesadora de afrechillo de arroz, un servicio fundamental ya que es de suma importancia en la mayoría de las etapas del proceso productivo. El sistema de provisión de agua del parque industrial de Villaguay que se destina a usos generales de limpieza, aseo personal, baños, laboratorios, etc. consta de una electrobomba sumergible de 10 hp a una profundidad de 80 m; una torre metálica de 10 m de altura, con escalera y tanque de chapa de acero con una capacidad de 15 m<sup>3</sup> para reserva de agua, con baliza reglamentaria, una casilla para la instalación del tablero comando, clorinador y 1500 m de cañería de P.V.C. para la distribución del agua.

El agua empleada en el proceso se obtiene de una perforación subterránea y es almacenada en tres tanques de 15 m<sup>3</sup>, 18 m<sup>3</sup> y 26 m<sup>3</sup> cada uno que aseguran el suministro durante un día de trabajo. Las etapas del proceso que mayor cantidad de agua fresca consumen se detallan a continuación en la Tabla 9.1

Tabla 9-1 Requerimientos de agua de proceso.

Etapa	Denominación del equipo	Consumo diario de agua [m <sup>3</sup> /día]
Preparación de la solución de NaOH al 0,4%	T-1	374,360
Premolienda y separación de germen	TA-4	183,390
Separación y lavado de fibra	C-1	484,730

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Reacción	T-2	97,550
Reposición caldera (10% de condensados)	CA-1	0,095
TOTAL		1140,125

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla 9.2 se detallan las características de los tanques que se adoptan para el almacenamiento de agua de proceso, mientras que, en la Figura 9.1 se pueden visualizar. Estratégicamente, se adoptó un 20% de margen de seguridad a la hora de seleccionar los equipos.

Tabla 9-2 Especificaciones tanques de almacenamiento de agua.

Fabricante	Rotor	Rotor	Rotor
Denominación	TA-5	TA-6	TA-7
Material	Polietileno de alta densidad (PEAD-HDPE)	Polietileno de alta densidad (PEAD-HDPE)	Polietileno de alta densidad (PEAD-HDPE)
Capacidad máxima	15 m <sup>3</sup>	18 m <sup>3</sup>	26 m <sup>3</sup>
Cantidad requerida de tanques	1	1	1
Diámetro	2,75 m	3 m	3 m
Altura	3,10 m	3 m	4 m
Relación de esbeltez	1,13	1	0,75

Fuente: Elaboración propia.



Fig. 9-1 Tanques de almacenamiento de agua adoptados.  
Fuente: Rotor.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

### 9.2.1 Tratamiento de agua para caldera

Para evitar incrustaciones en el servicio de vapor se realiza un pretratamiento del agua necesario para eliminar impurezas en suspensión, sólidos, y organismos vivos. Los ablandadores de agua son intercambiadores de iones, que están diseñados para eliminar iones con carga positiva, mayormente eliminan los iones de calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ ). Un efecto significativo en la disminución de la eficiencia de transferencia de calor se da cuando la incrustación está presente. Además de las pérdidas por transferencia de calor y del incremento en el consumo de energía, las incrustaciones pueden causar un sobrecalentamiento en el metal de los tubos de la caldera, generando fallas como roturas, lo que significa un aumento en el costo por mantenimiento. Por lo tanto, el suavizador de agua que se utiliza posee una resina catiónica que intercambia iones de calcio y magnesio por sodio, los cuales no generan incrustación (Baldassa, E., y otros, 2022).

En la Tabla 9.3 se resumen las características del ablandador de agua adoptado pudiendo visualizarse en la Figura 9.2.

Tabla 9-3 Especificaciones ablandador de agua.

<b>Fabricante</b>	Ingeniería Romin
<b>Producción [<math>m^3/h</math>]</b>	24
<b>Presión [<math>kgf/cm^2</math>]</b>	2-2,5
<b>Diámetro [<math>in</math>]</b>	8
<b>Altura [<math>in</math>]</b>	35
<b>Material</b>	Fibra de vidrio
<b>Medio filtrante</b>	Resina catiónica
<b>Cantidad medio filtrante [<math>l</math>]</b>	12
<b>Tanque de salmuera [<math>l</math>]</b>	30

Fuente: Elaboración propia.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*



Fig. 9-2 Ablandador de agua adoptado.  
Fuente: Ingeniería Romin.

### 9.2.2 Bombas para el transporte de agua fría

En la Tabla 9.4 se detallan las bombas necesarias para el abastecimiento de agua a planta, su cálculo fue realizado teniendo en cuenta las mismas consideraciones que en el Capítulo 8, “Diseño y adopción de equipos”. Se decidió adoptar bombas centrífugas de los proveedores CER y Clima Técnica.

Tabla 9-4 Caudal necesario a proveer por bombeo.

Bomba	Equipos involucrados	Caudal [kg/h]
P-24	TA-6 A T1	15598,33
P-25	TA-5 A TA4	7641,25
P-26	TA-7 A C1	20197,1
P-27	TA-5 A T2	4064,6

Fuente: Elaboración propia.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

En la Tabla 9.5 se describen las características más importantes de las bombas adoptadas.

Tabla 9-5 Especificaciones de bombas adoptadas.

	P-24	P-25	P-26	P-27
<b>Caudal (Q) [m<sup>3</sup>/h]</b>	16,3	7,64	20,19	4,06
<b>Viscosidad (<math>\mu</math>) [cP]</b>	1	1	1	1
<b>Velocidad de succión (Vs) [m/s]</b>	0,9	0,9	0,9	0,9
<b>Velocidad de descarga (Vd) [m/s]</b>	3	3	3	3
<b>Diámetro de succión (Ds) [in]</b>	3,4	2,3	3,9	1,6
<b>Diámetro de descarga (Dd) [in]</b>	1,79	1,2	2,3	0,97
<b>Densidad (<math>\rho</math>) [kg/m<sup>3</sup>]</b>	1000	1000	1000	1000
<b>Número de Reynolds succión (NRe)</b>	77260	51800	88690	35850
<b>Número de Reynolds descarga (NRe)</b>	136500	91890	172700	73680
<b>Coefficiente de fricción succión (f)</b>	0,023	0,021	0,02	0,026
<b>Coefficiente de fricción descarga (f)</b>	0,022	0,025	0,025	0,026
<b>Longitud equivalente succión (Le) [m]</b>	2,5	10	12	15
<b>Longitud equivalente descarga (Le) [m]</b>	3	9,5	10,5	15,5
<b>Pérdida de carga (hf) [m]</b>	2,96	4,97	2,65	6,5
<b>Presión de succión (Ps) [atm]</b>	1	1	1	1
<b>Presión de descarga (Pd) [atm]</b>	1	1	1	1

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

<b>Altura de succión (hs) [m]</b>	0	0	0	0
<b>Altura de descarga (hd) [m]</b>	5	5	5	5
<b>Potencia (P) [CV]</b>	0,6	0,4	0,74	0,22
<b>Altura teórica (ht) [m]</b>	8,38	10,4	8,07	11,92
<b>Descripción de bomba adoptada</b>				
<b>Potencia adoptada (Pa) [CV]</b>	3	0,75	3	0,6
<b>Modelo</b>	Electrobomba centrífuga DAB Modelo K36/200	Bomba centrífuga motorarg BC 75M	Bomba centrífuga horizontal grundfos CM 15-2	Bomba centrífuga horizontal grundfos CM 3-3
<b>Caudal (Q) [m<sup>3</sup>/h]</b>	18	8,5	22,3	4,41

Fuente: Elaboración propia.

### 9.2.3 Vapor

Este servicio auxiliar es clave para el funcionamiento de la planta ya que se utiliza como medio para la reacción isotérmica dentro del reactor. El vapor que se decidió utilizar es vapor de baja presión y la temperatura máxima alcanzable es de 140 °C, por lo que el calor de vaporización es 532.1 kcal/kg. Conociendo este valor y el calor necesario en el reactor R-1, se calculó la masa de vapor a entregar equivalente a 0,95 t/día.

Se estima un 10 % de pérdida de agua, la cual debe extraerse de pozo, tratar y reponer a la caldera, esta pérdida es igual a 0,095 t/día respecto del vapor utilizado.

### Adopción de caldera

El tipo de caldera que se adoptó para la producción de almidón acetilado es muy conveniente para la generación de vapor de uso industrial. La circulación se inicia desde el quemador, siendo el horno el primer paso efectivo de gases, al llegar al final de este se direcciona por el primer haz de tubos, siendo este el segundo paso efectivo de gases, estos se direccionan hacia adelante y chocan con la puerta delantera de la caldera, dirigiéndose por el segundo haz de tubos o tercer paso efectivo de gases hasta salir evacuados por la chimenea.

En la Tabla 9.6 se detallan las características de la caldera adoptada, mientras que, en la Figura 9.3 puede visualizarse el modelo seleccionado.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Tabla 9-6 Especificaciones caldera.

<b>Datos de la caldera</b>	
Fabricante	Calderas Markowicz
Modelo	LNR 8
Tipo	Humotubular de 3 pasos con circulación forzada de gases
Construcción	Acero
Combustibles	Gas natural, Gas envasada, Gas Oil ó Petróleo
Capacidad	66000 kcal/h
Capacidad	77 kW
Producción de vapor	100 kg vapor/h
Consumo de gas natural	10,75 m <sup>3</sup> /h
Capacidad calorífica del quemador	100000 kcal/h
Presión de trabajo	4-5 atm
Superficie de calefacción	3 m <sup>2</sup>
<b>Detalles de construcción</b>	
Largo total	1600 mm
Ancho total	1150 mm
Alto total	1400 mm

Fuente: Elaboración propia.

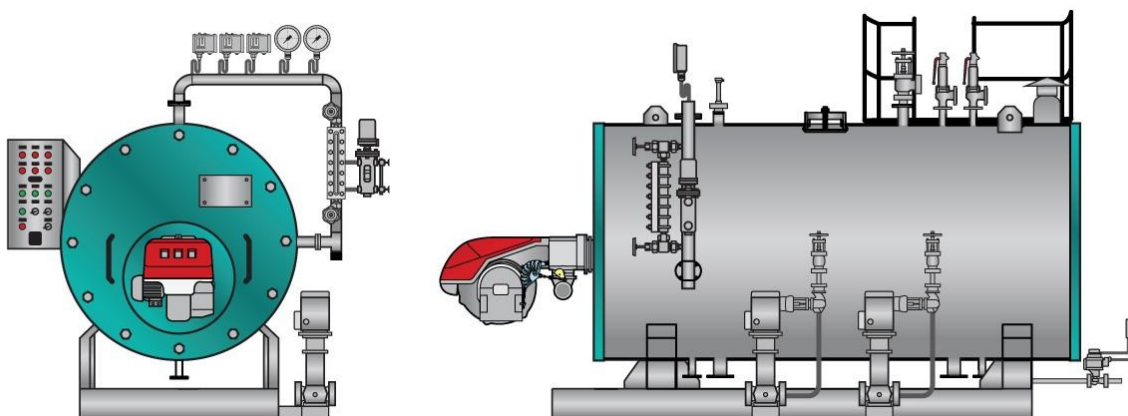


Fig. 9-3 Caldera adoptada.  
Fuente: Calderas Markowicz.

### 9.2.4 Diagrama de abastecimiento de vapor

En la Figura 9.4 se observa el diagrama de distribución de vapor desde la caldera CA-1 hacia el reactor R-1.

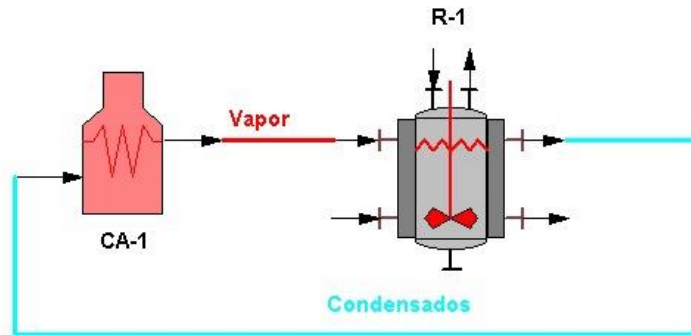


Fig. 9-4 Diagrama de distribución de vapor.  
Fuente: Elaboración propia.

### 9.2.5 Dimensiones de las tuberías de distribución de vapor

Para dimensionar el diámetro de una tubería de vapor sobrecalentado y retorno de condensados, se tienen en cuenta la velocidad con la que circulan en la línea de distribución.

- El diámetro de la tubería depende de la velocidad del vapor, puesto que, con una mayor velocidad del vapor en la línea de distribución, aumentan la erosión y el ruido. Por lo tanto, las velocidades recomendadas para una adecuada y correcta distribución de vapor dentro de las líneas son de 25 a 35 *m/s*.
- Para el retorno de condensado la velocidad de diseño depende de la existencia de vapor en la línea. Si sólo es líquido, como en el caso de dicho proyecto, la velocidad recomendada oscila entre 1 y 1,5 *m/s*.

El cálculo del diámetro de la tubería se efectúa con la siguiente ecuación y los resultados obtenidos se detallan en la Tabla 9.7:

$$D = \sqrt{\frac{4 * M_v * V_e}{V * \pi}}$$

*Donde*

*D: diámetro de la tubería [m]*

*M<sub>v</sub>: masa de vapor [ $\frac{kg}{h}$ ]*

*V<sub>e</sub>: volumen específico del vapor [ $\frac{m^3}{kg}$ ]*

*V: velocidad del vapor [ $\frac{m}{h}$ ]*



**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Tabla 9-7 Tuberías de distribución de vapor adoptadas.

	<b>Tubería vapor</b>	<b>Tubería condensados</b>
<b>Mv [kg/h]</b>	39,6	39,6
<b>Ve adoptado [m<sup>3</sup>/kg]</b>	0,4624 <sup>1</sup>	0,001036 <sup>1</sup>
<b>V adoptada [m/h]</b>	90000	3600
<b>D calculado [in]</b>	0,6336	0,15
<b>Construcción</b>	Acero al carbono – Schedule 80	Acero al carbono – Schedule 80
<b>Aislante</b>	Lana mineral	Lana mineral

Fuente: Elaboración propia.

1: Dato extraído de página web “TLV compañía especialista en vapor”.

### 9.3 Gas natural

El parque industrial de Villaguay, localización de la planta de obtención de almidón acetilado, cuenta con planta reductora de presión de 20/4 *kgf/cm<sup>2</sup>* con una capacidad instalada de 2000 *m<sup>3</sup>/h* y red de distribución interna. La empresa que provee gas natural a toda la provincia de Entre Ríos (con excepción de Paraná), “Gasnea”, es quién se encarga de abastecer al parque industrial en cuestión.

Para la producción de almidón acetilado, se requiere el uso de gas natural en:

- Caldera CA-1, la cual consume 10,75 *m<sup>3</sup>/h* para la producción de vapor utilizado en la etapa de reacción.
- Secador S-1 el cual consumo 81,47 *m<sup>3</sup>/h* para calefaccionar el aire utilizado en la etapa de secado del almidón acetilado,
- Secador S-2 el cual consume 117,1 *m<sup>3</sup>/h* para calefaccionar el aire utilizado en la etapa de secado del subproducto.

Se considera un margen de seguridad del 20% destinado al uso personal de los empleados de la fábrica, por lo cual, el consumo total estimado a utilizar es de 251,2 *m<sup>3</sup>/h*.



# CAPÍTULO 10

## CONTROL DE CALIDAD

## **10 Introducción**

En los últimos años el objetivo principal de la industria alimenticia es ofrecer productos de excelente calidad, con la seguridad de cumplir las necesidades y expectativas de los consumidores asegurando la inocuidad de los productos fabricados.

Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC) son una herramienta básica y segura para la obtención de productos inocuos para el consumo humano, que se centralizan en la higiene y forma de manipulación. Son importantes, ya que evitan errores, contaminación cruzada de los alimentos y garantizan la inocuidad durante el proceso del producto.

El control de calidad es una forma de verificar el estándar de un producto o servicio durante su proceso de elaboración y sirve para reducir la probabilidad de insertar productos con fallas en el mercado. Es fundamental en cualquier proceso industrial ya que permite hacer un seguimiento a las acciones productivas y así eliminar errores, fallas o defectos.

El capítulo en cuestión tiene como objetivo detallar cada uno de los controles de calidad aplicados, tanto a materias primas como a productos terminados y proceso productivo. Además de la realización de una manual de BPM, determinación de los puntos críticos de control (PCC) del proceso y Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento (POES).

### **10.1 Principios higiénicos de las materias primas y productos terminados**

#### **10.1.1 Almacenamiento y transporte de materias primas y productos terminados**

- Estos productos deben ser almacenados y transportados de manera tal que se evite la contaminación, proliferación de microorganismos, alteración o daños al producto o envase.
- Los productos terminados almacenados, deben ser controlados para asegurar que se liberen sólo alimentos aptos para consumo humano.
- Los vehículos destinados al transporte de materias primas o productos terminados deben encontrarse limpios y no deben transportar productos o sustancias no alimenticias por seguridad alimentaria.
- Los transportes deben estar libres de cuerpos extraños, plagas, óxidos, perforaciones, deterioros y contar con una correcta hermeticidad para evitar contaminación al producto.
- Los transportes serán fumigados acorde a los requerimientos de los clientes.
- El establecimiento debe contar con un listado de proveedores habituales y con un listado de materias primas e insumos empleados para la elaboración. Este listado debe

## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

incluir las características esenciales que debe cumplir cada ítem en función de las exigencias del proceso y los parámetros de calidad del producto terminado.

### **10.2 Condiciones generales de las instalaciones**

A continuación, se describen algunas consideraciones en cuanto a la instalación de equipamientos, construcción del predio y áreas de alrededores de la fábrica siendo importantes para que no ofrezcan condiciones de riesgo generales de higiene y sanidad (riesgos de contaminación de las materias primas, productos en proceso y de los productos terminados).

#### **10.2.1 Instalaciones**

- Las vías de tránsito internas (dentro del cerco perimetral) deben ser superficie dura y/o pavimentada apta para el tránsito rodado con un desagüe adecuado. Si en el área hay césped, éste debe ser bien cortado para evitar presencia de plagas (hormigas, roedores, etc.)
- La planta debe estar ubicada en una zona exenta de olores objetables, humo, polvo y otros contaminantes y no debe estar expuesta a inundaciones.
- Evitar la acumulación de material en desuso o material que no corresponde a la elaboración de almidón acetilado, remoción de residuos y desperdicios en forma diaria.
- El diseño de las instalaciones incluyendo los depósitos de almacenamiento deben permitir una limpieza fácil y adecuando en conjunto con una inspección higiénica para evitar el deterioro.
- Las instalaciones deben permitir que las operaciones se realicen en condiciones higiénicas, desde la llegada de la materia prima hasta el producto terminado. Para ello, el edificio debe estar separado por zonas para evitar la contaminación cruzada.
- Se debe contar con un zócalo sanitario no menor a 40 cm de la pared, para que se permita una buena circulación, una adecuada limpieza, organización y control de roedores.
- La unión entre la pared y el piso debe facilitar la limpieza por lo cual se harán a 45°.
- Las instalaciones deben ser diseñadas de manera tal que impidan la entrada de insectos, roedores y/o plagas u otros contaminantes del medio, como humo, polvos y vapores entre otros.
- Los pisos deben ser de material resistente al tránsito, impermeables, no absorbentes, lavables y antideslizantes, no debe tener grietas y debe ser fácil de limpiar y desinfectar.

## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

- Los líquidos deben escurrir hacia las bocas de sumideros impidiendo la acumulación en los pisos. Los desagües con salida al exterior deben permitir libre acceso para su limpieza y ser dotados de un sistema de cerramiento (tapones, telas, tapas de chapa, etc.) u otro sistema que impida la entrada de plagas al interior de la fábrica.
- Los techos y paredes de la planta deben ser de material no absorbente, estar en perfectas condiciones, sin roturas, sin aberturas entre las paredes y techos, evitando de esa manera la presencia de goteras, suciedad o entrada de plagas (aves, roedores).
- Todas las puertas de entrada, ventanas y entradas de aire que se comuniquen con el exterior deben estar provistas de protección contra plagas (ejemplo tela mosquitera), estas protecciones deben ser de fácil limpieza y buena conservación. Dichas aberturas deben ser de material no absorbente y de fácil limpieza.
- Los portones deben contar con cortinado sanitario para impedir la entrada de insectos y contaminación.
- Los vestuarios, baños y comedor deben estar completamente separados de las zonas de manipulación de alimentos, no tener accesos directo a éstas, ni comunicación alguna con ellas.
- Se deben colocar soportes con un cartel de identificación para los elementos de limpieza (ejemplo escobillones, baldes, etc.)
- Está prohibida la utilización de vidrios dentro del área de producción, en caso de existir partes vidriadas, se coloca láminas de seguridad antirrotura y de ser factible se eliminarán por otro material apto para el proceso.
- Está prohibido la utilización de plásticos duros dentro del área de producción y en puntos que sean un peligro potencial de contaminación. En caso de no poder evitar el uso de plásticos duros, se mantendrá control sobre ellos.

### **10.2.2 Ventilación**

- Se debe contar con una adecuada ventilación para evitar el calor excesivo, la acumulación de polvo y para eliminar el aire contaminado. El exceso de calor puede desembocar en condensación de vapores y consecuentes contaminaciones.
- La dirección del aire no debe ir nunca desde una zona sucia a una limpia.

## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

### **10.2.3 Almacenamiento de residuos y materiales no comestibles**

- Los residuos que se generen en el establecimiento deben ser almacenados en recipientes de material impermeable, de fácil limpieza y con tapa.
- Los recipientes deben limpiarse y desinfectarse diariamente para evitar que atraigan insectos y roedores.
- Los residuos deben ser retirados del establecimiento y ubicados en una zona alejada de la producción las veces que sea necesario y por lo menos una vez al día, poniendo especial cuidado en evitar el acceso de plagas.

### **10.2.4 Abastecimiento de agua**

- El agua debe cumplir con las regulaciones nacionales establecidas en el Artículo 982 del CAA.
- Se debe disponer de un abastecimiento abundante de agua potable, a presión adecuada y a temperatura conveniente, con adecuado sistema de distribución y protección contra contaminación.
- Se deben efectuar controles de potabilidad en los puntos de utilización de agua.

### **10.2.5 Instalaciones sanitarias**

- Deben estar convenientemente situados garantizando la eliminación higiénica de las aguas residuales. Estos lugares deben estar bien iluminados, ventilados y no tener comunicación directa con la zona de manipulación de alimentos.
- Deben ser áreas limpias, desinfectadas, en buen funcionamiento y provistas de agua caliente y fría.
- Los baños deben contar con lavabos, dispenser con jabón neutro, toallas descartables, desinfectante y recipientes de desechos.
- Sólo en el comedor está permitido almacenar y consumir alimentos.
- Los cofres en los vestuarios deben estar separados en su interior, y así poder discriminar la ropa de calle de la de trabajo.
- Dentro de los cofres no está permitido el almacenamiento de herramientas que entren en contacto con el producto, equipos de proceso, alimentos, basura ni vestimenta sucia.

## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

### **10.2.6 Estación de lavado de manos**

- En las entradas al área de producción deben existir lavatorios, provistos de jabón neutro y sanitizante para la higienización de manos, toallas de papel y recipientes cerrados provistos de pedales para depositar desperdicios.
- Se debe colocar avisos de indicación al personal de lavarse las manos.

### **10.3 Equipos y utensilios**

#### **10.3.1 Materiales**

- Todo equipo y utensilio empleados en zona de manipulación de alimentos y que pueda entrar en contacto con ellos deben ser de material que no transmita sustancias tóxicas, olores ni sabores, que sea no absorbente, resistente a la corrosión, capaz de resistir reiteradas operaciones de limpieza y desinfección.
- Las superficies deben ser lisas y exentas de hoyos, grietas e imperfecciones que afecten la higiene de los alimentos o sean fuentes de contaminación.
- Se debe evitar el uso de madera y otros materiales que impidan su limpieza y desinfección.
- Todo material que entre en contacto con la materia prima, producto en proceso y producto terminado en la planta productora de almidón es de acero inoxidable.

#### **10.3.2 Diseño, construcción y mantenimiento**

- Todos los equipos y utensilios deben estar diseñados y contruidos de manera de asegurar la higiene, permitir una fácil y completa limpieza y desinfección. Los utensilios no deben tener contacto con el piso.
- Los equipos deben estar ubicados de manera tal que faciliten realizar las actividades operativas de limpieza y mantenimiento.
- Todos los equipos deben ser diseñados para evitar la presencia de derrame de óxidos, aceites o grasas que puedan entrar en contacto con el producto y contaminarlos.
- Los equipos no deben estar pintados en su interior para evitar contaminación química al producto.
- Cinta de papel, cartón, cinta adhesiva, etc., no pueden ser utilizadas para amarrar piezas de equipamientos, o para cualquier otra operación ya que los mismos pueden desprenderse caer sobre el producto y contaminarlo.
- El mantenimiento dentro del área de manipulación debe realizarse ,de ser factible, en paradas de producción y siempre debe estar señalizada la zona con carteles o cintas.

## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

- Se utilizará lubricante grado alimenticio en aquellos equipos que puedan contaminar el producto o la línea de proceso.
- El personal de mantenimiento será capacitado en cuanto a los peligros asociados a sus actividades.

### **10.4 Requisitos de higiene del establecimiento**

#### **10.4.1 Conservación**

Las instalaciones, equipos y utensilios incluidos los desagües, se deben mantener en buen estado de conservación y funcionamiento.

#### **10.4.2 Limpieza y desinfección**

- Los productos utilizados para la limpieza y desinfección deben estar autorizados por la legislación vigente, y deben guardarse e identificarse adecuadamente fuera de las áreas de manipulación de alimentos.
- Los detergentes y desinfectantes deben ser convenientes para el fin que se persigue. Los residuos de estos agentes deben eliminarse mediante un enjuague minucioso con agua potable.
- No se deben utilizar sustancias odorizantes para la limpieza y desinfección.
- Cuantas veces sea necesario, se deben limpiar los pisos, incluidos desagües, estructuras y paredes de las zonas de manipulación
- Se deben usar paños limpios y que no suelten pelusa para la limpieza del equipamiento.
- Los vestuarios y cuartos se deben mantener limpios como así también sus vías de acceso.

#### **10.4.3 Programa de limpieza y desinfección**

- Se debe asegurar la limpieza y desinfección del establecimiento, no permitiendo utilizar en los POES (procedimientos operativos estandarizados de saneamiento) sustancias odorizantes y/o desodorantes en zona de manipulación de alimentos.
- El personal debe tener conocimiento de la importancia de la contaminación y de los POES.
- Los POES son verificados para asegurar su eficacia.

Los procedimientos se encuentran detallados en Anexo 1.



## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

### **10.4.4 Sistema de control de plagas**

- Se debe aplicar un programa eficaz y continuo de control de plagas. Las instalaciones y zonas circundantes se deben inspeccionar periódicamente para disminuir el mínimo riesgo de contaminación.
- Los productos utilizados deben estar autorizados por la industria alimenticia y deben ser aplicados por personal competente con conocimiento de los riesgos que el uso de estos agentes puede entrañar en la salud.
- Sólo se deben utilizar plaguicidas si no se pueden aplicar con eficacia otras medidas preventivas. Antes de su aplicación se deben proteger alimentos, equipos y utensilios, y al finalizar se deben limpiar equipos o utensilios contaminados. La desinfección interna de la planta no debe realizarse durante etapas de producción.
- Se deben mantener los siguientes requisitos:
  - Mapa de trampas
  - Control a realizar según planta o área y metodología
  - Productos a utilizar para el control de plagas
  - Registros de control realizado, incluyendo fecha, responsable, plaga encontrada y producto utilizado.

Para asegurar el correcto funcionamiento de este prerrequisito, se contrata de manera tercerizada el servicio de control de plagas a la empresa Biogens especialista en el tratamiento de plagas a industrias de dicha envergadura.

### **10.4.5 Almacenamiento de sustancias peligrosas**

Todas las sustancias que puedan representar un riesgo para la salud se deben etiquetar adecuadamente y deben almacenarse en salas separadas de las áreas de manipulación de alimentos para evitar la contaminación o intoxicación del personal y los alimentos.

## **10.5 Higiene de personal y requisitos sanitarios**

### **10.5.1 Capacitación sobre higiene**

Se debe instruir al personal fundamentalmente en manipulación higiénica de los alimentos e higiene de personal. Para lo cual, en la planta procesadora de afrechillo de arroz se realiza un plan de capacitación anual que se detalla en la Tabla 10.1.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Tabla 10-1 Plan de capacitación anual.

Personal involucrado	Capacitación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Todo el personal afectado a la producción	Higiene de las instalaciones												
Todo el personal	Gestión de residuos												
Todo el personal afectado a la producción	Higiene del personal												
Todo el personal	Sensibilización BPM												
Todo el personal afectado a la producción	Sensibilización POES												
Todo el personal	Sensibilización HACCP												
Todo el personal afectado a la producción	Control de plagas												

Fuente: Elaboración propia.

### 10.5.2 Higiene del personal

- Todo el personal debe lavar sus manos al ingreso a la sala de elaboración, antes de comenzar a trabajar, luego de manipular residuos, limpiar y desinfectar, luego de pausas en el trabajo, de utilizar los sanitarios, manipular alimentos crudos, fumar o tocarse cualquier parte del cuerpo.
- Todo el personal debe utilizar ropa de protección compuesta por: chaqueta blanca o guardapolvo, cofia, mangas y calzado exclusivo para usar en la sala de elaboración.
- No se debe emplear la vestimenta de trabajo para otras actividades distintas de las del puesto de trabajo.
- Está prohibido que los empleados lleguen a la planta o salgan de ella con el uniforme puesto.
- Los empleados deben mantener el cabello corto o si se usa largo debe estar recogido y en ambos casos usar cofia o gorro.

## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

- Se debe mantener las uñas cortas a la altura de la yema de los dedos, limpias y sin esmalte.
- No está permitido el uso de maquillaje y cosméticos.

### **10.5.3 Estado de salud y heridas**

- Las personas de las que se sepa o sospeche padecen alguna enfermedad que pueda transmitirse por medio de los alimentos, no deben entrar en ninguna zona de manipulación de alimentos.
- El personal debe informar a su superior cuando presente síntomas gripales u otras enfermedades (alergias, heridas, eczemas, diarreas) para ser atendido por un médico.
- Ninguna persona que sufra de heridas graves puede continuar manipulando alimentos, ya que una herida abierta es una fuente de contaminación, poniendo en riesgo los productos. Las cortaduras de pequeña importancia en las manos deberán vendarse adecuadamente con material impermeable y utilizar guante de látex para evitar que el apósito se desprenda.

## **10.6 Requerimientos de higiene en la elaboración**

### **10.6.1 Control de materias primas e insumos**

Para el control de calidad aplicado a las materias primas e insumos que ingresan al proceso productivo de almidón acetilado a partir de afrechillo de arroz se debe realizar un seguimiento comprobando que los proveedores suministren los productos conforme a las especificaciones previamente acordadas y exigidas por el CAA. Cabe destacar que todos los proveedores deben brindar un certificado firmado, por lo tanto, el control se realiza únicamente con el objetivo de corroborar el cumplimiento de los valores informados.

Las variables a analizar serán aquellas que puedan llegar a provocar algún desvío en los parámetros establecidos.

En la Tabla 10.2 se detalla una lista de las materias primas e insumos utilizados en el área de producción, se menciona la técnica utilizada en cada caso y luego, se describe cada una detalladamente en Anexo 1. Cabe destacar que:

- No se debe aceptar materia prima o insumos que evidencien algún tipo de contaminación la cuál puede ser trasladada al producto o planta.
- Las materias primas e insumos se deben inspeccionar antes de su uso en cumplimiento con especificaciones.
- Las materias primas e insumos deben almacenarse de manera tal que se evite deterioro o contaminación y se debe asegurar una correcta rotación.

### **10.6.2 Sistema de control proceso productivo**

Es necesaria la implementación de un plan de control de calidad en todo el proceso productivo, ya que existen variables que son muy influyentes en el desarrollo de todas las operaciones. De esta forma se verifica que el producto final se estandarice, al igual que la eficiencia del proceso.

A continuación, se establecerán los puntos de control dentro del proceso y las especificaciones que se deben cumplir, la mayoría de los controles se realizan por control automático y visualización SCADA, eliminando en gran medida errores operativos.

Si se encuentra algún desvío de la calidad durante el proceso, este debe corregirse inmediatamente, dando aviso al supervisor de producción, evitando así pérdidas económicas y reprocesos. En la Tabla 10.3 se adjuntan los controles de procesos de las etapas críticas.

Cabe destacar que:

- El personal de elaboración debe ser capacitado y supervisado por personal técnico competente.
- Todas las actividades del proceso de elaboración, los controles, el envasado y la conservación de los alimentos deben ser tales que se protejan contra la contaminación, deterioro, o aparición de un riesgo para la salud.
- No se debe dejar al producto expuesto a contaminación.

### **10.6.3 Control producto terminado**

En la producción de almidón acetilado para uso industrial alimenticio es necesario lograr una serie de especificaciones para obtener un producto estandarizado que cumpla tanto exigencias de calidad como también de inocuidad para el consumidor.

En la Tabla 10.4 se detalla una lista con los dos productos resultantes del proceso, se menciona la técnica utilizada en cada caso y luego, se describe en Anexo 1. Cabe destacar que las técnicas AOAC se comercializan por lo que no se encuentra la descripción en la web.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Tabla 10-2 Resumen de controles de calidad realizados a materias primas e insumos.

<b>Materia prima</b>	<b>Punto de control</b>	<b>Variable</b>	<b>Rango</b>	<b>Técnica</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Registro</b>	<b>Responsable</b>	<b>Acción preventiva/ correctiva</b>
Afrechillo de arroz	Antes de la descarga	Humedad	14% +/- 2%	T-05-MP	Cada lote	R-05-MP	Analista de laboratorio	Avisar a encargado de producción
NaOH	Recepción	Concentración	32% +/- 1%	T-01-MP	Cada lote	R-01-MP	Analista de laboratorio	Rechazar lote
HCl	Recepción	Concentración	34% +/- 1%	T-02-MP	Cada lote	R-02-MP	Analista de laboratorio	Rechazar lote
(CH <sub>3</sub> CO) <sub>2</sub> O	Recepción	Pureza	99% +/- 1%	T-03-MP	Cada lote	R-03-MP	Analista de laboratorio	Rechazar lote
		Densidad	1,08	T-04-MP	Cada lote	R-04-MP	Analista de laboratorio	Rechazar lote

Fuente: Elaboración propia.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Tabla 10-3 Controles de calidad en proceso productivo.

Etapa	Variable	Rango	Técnica	Frecuencia	Registro	Responsable	Acción preventiva/ correctiva
Reacción de acetilación	Temperatura	60°C +/- 2°C	PT-100	Continua	R-01-CP	Operador de reactor	Avisar al supervisor de producción Aumentar o disminuir la entrega de vapor, según corresponda.
	Acidez (inicio de la reacción)	pH 8-8,5	peachimetro	Inicio de la reacción	R-02-CP	Operador de reactor	Avisar al supervisor de producción
	Acidez (Detención de la reacción)	pH 4-4,5	peachimetro	Luego del agregado de HCl al 0,5 M	R-03-CP	Operador de reactor	Avisar al supervisor de producción
Secado almidón acetilado	Humedad	> 11% +/-1%	T-01-PT	2 veces al día	R-04-CP	Operador de secador	Avisar al supervisor de producción Aumentar o disminuir la temperatura del aire de secado, según corresponda.
Secado producto terminado	Humedad	> 11% +/-1%	T-01-PT	2 veces al día	R-05-CP	Operador de secador	Avisar al supervisor de producción Aumentar o disminuir la temperatura del aire de secado, según corresponda.

Fuente: Elaboración propia.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Tabla 10-4 Control de calidad a productos terminados.

Producto terminado	Punto de control	Variable	Rango	Técnica	Frecuencia	Registro	Responsable	Acción preventiva/ correctiva
Almidón acetilado	Almacenamiento	Humedad a 100-105 °C	Máx 15%	T-01-PT	Cada lote	R-01-PT	Analista de laboratorio	Reprocesar lote
		Cenizas a 500-550°C	Máx 2%	AOAC 942.05	Cada lote	R-02-PT	Analista de laboratorio	Reprocesar lote
		Nitrógeno totales x 6,25	Máx 0,5%	AOAC 923.03	Cada lote	R-03-PT	Analista de laboratorio	Reprocesar lote
		Grasas	Max 0,15%	T-02-PT	Cada lote	R-04-PT	Analista de laboratorio	Reprocesar lote
		Anhidrido sulfuroso total	Max 80 mg/kg	T-03-PT	Cada lote	R-05-PT	Analista de laboratorio	Reprocesar lote
		% grupos acetilo	Max 2,5%	T-04-PT	Cada lote	R-06-PT	Analista de laboratorio	Reprocesar lote
Producto para alimentación ganadera	Recepción	Humedad	12% +/- 1%	T-01-PT	Cada lote	R-01-PT	Analista de laboratorio	Rechazar lote

Fuente: Elaboración propia.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

**10.7 Planillas de control**

A continuación, se pueden observar en las Tablas 10.5, 10.6 y 10.7 las planillas utilizadas para llevar registro del control de materias primas, productos terminados y proceso respectivamente. Cabe destacar:

- XX hace referencia al número de registro.
- YY hace referencia a la etapa involucrada.

Tabla 10-5 Planilla de registro materia prima.

<b>Código: R-XX-MP</b>				
<b>Fecha</b>				
<b>Materia prima</b>				
<b>Proveedor</b>				
<b>Variable</b>	<b>Valor ideal</b>	<b>Valor real</b>	<b>Lote</b>	<b>Firma de responsable</b>
<b>Observaciones</b>				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10-6 Planilla de registro producto terminado.

<b>Código: R-XX-PT</b>				
<b>Fecha</b>				
<b>Producto terminado</b>				
<b>Variable</b>	<b>Valor ideal</b>	<b>Valor real</b>	<b>Lote</b>	<b>Firma de responsable</b>
<b>Observaciones</b>				

Fuente: Elaboración propia.



**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Tabla 10-7 Planilla de registro proceso productivo.

Código: R-XX-CP-YY				
Fecha				
Etapas				
Variable	Valor ideal	Valor real	Lote	Firma de responsable
Observaciones				

Fuente: Elaboración propia.

### 10.8 Trazabilidad e información al consumidor

Todo producto debe estar correctamente identificado indicando el tipo de producto y mantener una identificación única de N° de lote para permitir su correcta trazabilidad.

La información debe ser clara para los consumidores o aquellos clientes que utilizan el producto como ingrediente. Como mínimo se debe realizar un ejercicio de trazabilidad una vez al año.

### 10.9 Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control

El Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC) es el camino más efectivo y económico para garantizar alimentos de buena calidad e inocuidad.

Según la Comisión del Codex Alimentarius del 28 de octubre de 1991, el sistema APPCC permite identificar los riesgos específicos, ya sean de tipo biológico, químico o físico, que puedan afectar adversamente a la inocuidad de los alimentos, y establecer las medidas preventivas para su control.

#### 10.9.1 Identificación de los peligros, análisis de riesgos y determinación de las medidas para su control

Se puede definir “peligro” como la contaminación inaceptable, la proliferación o la supervivencia en los alimentos de microorganismos que puedan afectar a la inocuidad del alimento o deteriorarlo, y/o la producción o persistencia inaceptable en los alimentos de ciertos productos del metabolismo microbiano, tales como toxinas o enzimas. Pero, además, por lo indicado anteriormente, también es un peligro la contaminación indeseable de tipo físico y químico.

La probabilidad de presentación de los peligros sanitarios es el riesgo que podría clasificarse de alto, moderado, bajo y despreciable, pudiendo variar dependiendo de las circunstancias del momento en el que se producen.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Otro concepto a considerar es el de severidad, que es la magnitud del peligro o grado de consecuencia que puede resultar cuando existe peligro.

Una vez identificados los riesgos o peligros potenciales en relación con un determinado tipo de alimento y con la materia prima e ingredientes que lo integran, el análisis de riesgos debe incluir también una evaluación de la posibilidad o probabilidad de que puedan ocurrir.

Los peligros sanitarios en los alimentos pueden clasificarse de varias formas:

- Peligros químicos
- Peligros físicos.
- Peligros biológicos

Una vez identificados los peligros es necesario definir las medidas preventivas que puedan minimizar los mismos. Estos son los mecanismos de control para cada peligro y se definen como aquellos factores que son necesarios para eliminar o reducir la aparición de los peligros a un nivel aceptable. Se puede visualizar en la Figura 10.1 la matriz utilizada para la evaluación de riesgos.

PROBABILIDAD DEL RIESGO	SEVERIDAD DEL RIESGO		
	LIGERAMENTE DAÑINO (1)	DAÑINO (2)	EXTREMADAMENTE DAÑINO (3)
BAJA (1)	Trivial (1) No significativo	Tolerable (2) No significativo	Moderado (3) No significativo
MEDIA (2)	Tolerable (2) No significativo	Moderado (4) No significativo	Importante (6) Significativo
ALTA (3)	Moderado (3) No significativo	Importante (6) Significativo	Intolerable (9) Significativo

Fig. 10-1 Matriz de evaluación de riesgos.  
Fuente: Fuente Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos, 2015.

La planta procesadora de afrechillo de arroz considera que los peligros a tratar serán aquellos cuya valoración resulte mayor a 6, esto quiere decir que se valorarán haciendo uso del árbol de decisiones adjunto en la Figura 10.2 aquellos peligros que sean de color naranja y rojo.

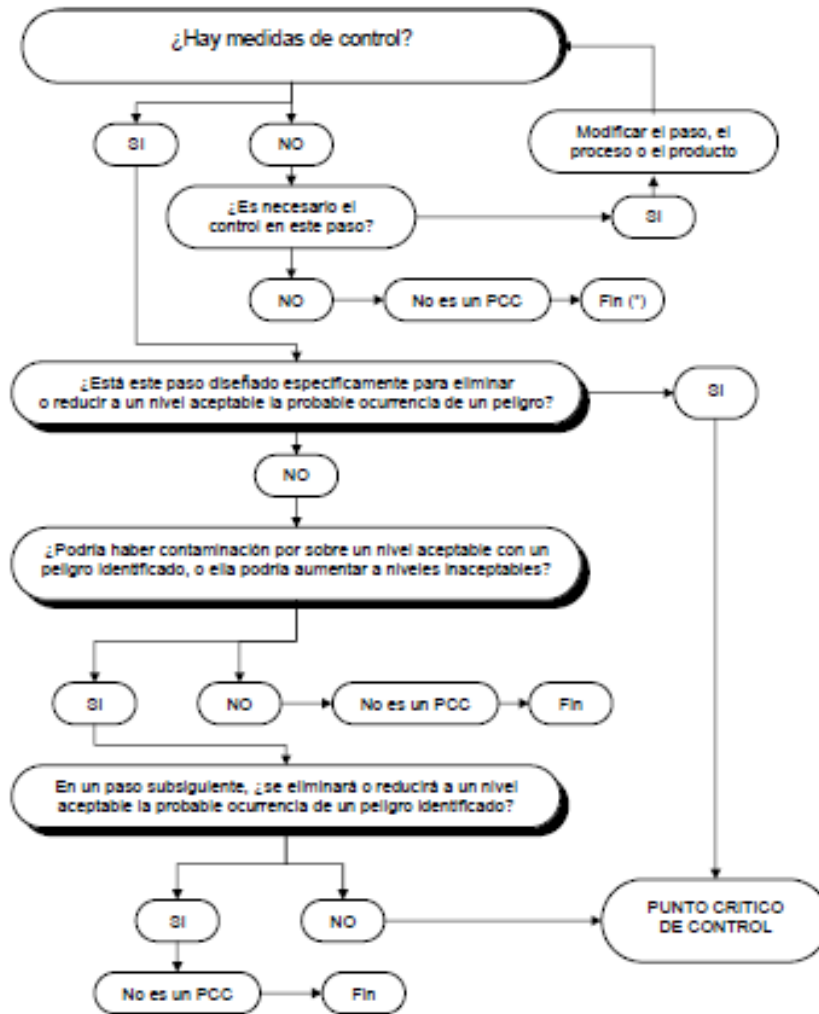


Fig. 10-2 Árbol de decisión.  
Fuente: IRAM NM 323.

### 10.9.2 Identificación de los puntos críticos

Es la determinación de los puntos críticos de control (PCC), los cuales deber ser monitoreados de manera estricta para evitar, reducir o eliminar los riesgos o peligros identificados anteriormente.

Se define PCC como un lugar, una práctica, un procedimiento o proceso en el que puede ejercerse control sobre uno o más factores, que, si son controlados, podrían reducirse al mínimo o prevenirse un peligro o riesgo.

Los peligros dentro del proceso de producción pueden provenir de la propia materia prima o ser adicionados en algunos de los demás puntos del diagrama de flujo hasta su consumo.

### **10.9.3 Límites críticos para cada punto crítico.**

El “límite crítico” es un valor que debe estar especificado para cada medida de control en un determinado PCC. Estos límites suelen estar recogidos en la legislación vigente para cada tipo de alimento, o en estudios experimentales realizados por expertos en esa materia.

### **10.9.4 Procedimientos de vigilancia y control**

La monitorización o vigilancia es definida como la visión, observación o control de un proceso con un propósito especial. En sistemas APPCC se considera que la vigilancia, así como el control del proceso en los PCC sirven para verificar que estos se encuentran bajo control. Los parámetros de monitorización deben ser valores de fácil obtención, tales como la evolución temperatura/tiempo. Asimismo, la inspección visual sería también en todos los casos una importante medida de control, siempre que la higiene personal y la limpieza de los elementos técnicos se presenten como puntos críticos de control.

### **10.9.5 Medidas correctivas que deberán tomarse en cada caso**

Consiste en la instauración de las medidas correctivas que se han de tomar cuando se produzcan desviaciones en el seguimiento de cada PCC o medida esencial controlable. Hay que especificar dichas medidas, que son los procedimientos de actuación en caso de fallos de proceso.

En las Tablas 10.8 y 10.9 se detalla la identificación de los peligros y puntos críticos de control involucrados en el proceso.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química- Año 2022*

Tabla 10-8 Identificación de puntos críticos de control.

Etapa de proceso	Peligro identificado		Medida de Control	Probabilidad de ocurrencia	Severidad de ocurrencia	¿Es un peligro significativo? *Ver Figura 10.1	P1	P2	P3	P4	PCC
<b>PRODUCTO PRINCIPAL</b>											
Remojo	B	Plagas	Muestreo aleatorio de lotes	3	3	Si	Si	No	Si	Si	No
	B	Microorganismos varios	BPM	1	3	No	-	-	-	-	-
	Q	Herbicidas y/o pesticidas	Análisis de laboratorio	1	3	No	-	-	-	-	-
	F	Elementos extraños	Escáner	3	3	Si	Si	Si	-	-	PCC1
Premolienda y separación de germen	F	Partes móviles de equipos	Mantenimiento preventivo	1	3	No	-	-	-	-	-
	Q y B	Agua de proceso	Análisis de laboratorio	1	3	No	-	-	-	-	-

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Molienda Húmeda	F	Partes móviles de equipos	Mantenimiento preventivo	1	3	No	-	-	-	-	-
Separación y lavado de fibra	Q y B	Agua de proceso	Análisis de laboratorio	1	3	No	-	-	-	-	-
Preconcentración	F	Partes móviles de equipos	Mantenimiento preventivo	1	3	No	-	-	-	-	-
Reacción	F	Partes móviles de equipos	Mantenimiento preventivo	1	3	No	-	-	-	-	-
	Q	Grado de acetilación 0,1	Agregado correcto de HCl	2	2	No	-	-	-	-	-
Centrifugación	F	Partes móviles de equipos	Mantenimiento preventivo	1	3	No	-	-	-	-	-
Secado	F y B	Partículas suspendidas y microorganismos varios	Filtro de aire	1	3	No	-	-	-	-	-
Molienda y tamizado	F	Partes móviles de equipos	Mantenimiento preventivo	1	3	No	-	-	-	-	-
	F	Ruptura de tamiz	Mantenimiento preventivo	2	3	Si	Si	No	Si	No	PCC2

Fuente: Elaboración propia.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Tabla 10-9 Tratamiento de puntos críticos de control.

PRODUCTO GANADERO											
Mezclado	F	Partes móviles de equipos	Mantenimiento preventivo	1	3	No	-	-	-	-	-
Extracción de agua	F	Partes móviles de equipos	Mantenimiento preventivo	1	3	No	-	-	-	-	-
Secado	F y B	Partículas suspendidas y microorganismos varios	Filtro de aire	1	3	No	-	-	-	-	-
PCC	Valor Objetivo	Límite de acción	Acción Correctiva	Limite crítico	Acción Correctiva		Método de control	Frecuencia de Control	Responsable	Registro	
			De producto		De proceso	De producto					
PCC1	Cero apariciones	Una aparición	Identificar lote como no conforme	Igual o mayor a dos unidades	Parada de proceso. Revisión y ajuste de equipos en línea y materias primas	Identificar lote como no conforme	Visual	Continua	Operario	R-XX-CP-YY Registro Escáner	
PCC2	Cero rupturas	-		Una ruptura	Adquisición de nuevo tamiz e incremento en la exigencia	Identificar lote como no conforme	Visual	Parada de mantenimiento	Mantenimiento	R-XX-CP-YY Registro tamiz	

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

					del mantenimiento					
--	--	--	--	--	----------------------	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia.





# CAPÍTULO 11

## CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS

## **11 Control automático de procesos**

### **11.1 Introducción**

El control automático de procesos hace referencia a un conjunto de componentes físicos conectados o relacionados entre sí, de manera que regulen o dirijan su actuación por sí mismos, es decir sin intervención de agentes exteriores (incluido el factor humano), corrigiendo además los posibles errores que se presenten en su funcionamiento. (Everest, 2019)

Las razones por las cual se implementa en la industria:

- Evitar lesiones al personal de la planta o daño al equipo.
- Mantener la calidad del producto en un nivel continuo y con un costo mínimo.
- Mantener la tasa de producción de la planta al costo mínimo.

En el presente capítulo se describe cómo se adoptó un sistema de control automático sobre la etapa de “Reacción de acetilación” del proceso de producción de almidón acetilado, además se detalla la secuencia de arranque y las hojas de especificaciones de los accesorios requeridos para dicho propósito.

### **11.2 Control automático de procesos**

El objetivo del control automático de procesos (CAP) es mantener en un determinado valor, una variable crítica de la operación que se desea controlar. Las variables que pueden controlarse en un procesamiento químico son la temperatura, la presión, el nivel de líquido, el caudal, la relación de flujo, la composición y ciertas propiedades físicas cuyas magnitudes pueden verse influenciadas por algunas de las otras variables, por ejemplo, viscosidad, presión de vapor, índice de refracción, etc. (Stanley, 1990)

En CAP existen cuatro componentes básicos en el sistema de control:

1. Sensor, que también se conoce como elemento primario.
2. Transmisor, el cual se conoce como elemento secundario.
3. Controlador, que es el cerebro del sistema de control.
4. Elemento final de control, frecuentemente se trata de una válvula de control. Otros elementos finales de control utilizados son las bombas de velocidad variable, los transportadores y los motores eléctricos.

Estos componentes realizan las tres operaciones que deben estar presentes en todo sistema de control: medición, decisión y acción.

El sensor se conecta físicamente al transmisor, el cual capta la salida del sensor y la convierte en una señal lo suficientemente intensa como para transmitirla al controlador. El controlador recibe la señal, la compara con el valor que se desea y, según el resultado de la comparación, decide qué hacer para mantener la variable en el valor deseado. Con base en la decisión, el

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

controlador envía otra señal al elemento final de control, el cual efectúa la acción correspondiente en base a esa señal. Esta última, puede ser del tipo neumática, eléctrica o electrónica (Baldassa, 2022). El circuito de funcionamiento de los elementos mencionados anteriormente se representa en la Figura 11.1

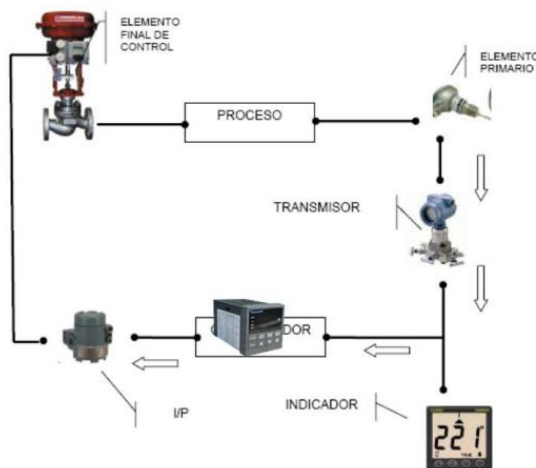


Fig. 11-1 Circuito de funcionamiento de un sistema de control.  
Fuente: Google imágenes.

### 11.3 Automatización de R-1

Las variables que se decidieron controlar en la etapa de reacción de acetilación para asegurar una operación eficiente fueron:

- Temperatura.
- pH
- Nivel alto
- Nivel bajo
- Caudales

#### 11.3.1 Secuencia de arranque

La corriente A14 que contiene principalmente almidón nativo y la corriente correspondiente al  $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ , ingresan al reactor de tanque agitado R-1 a través de las bombas P-11 y P-20 respectivamente. Los flujos de entrada de dichas corrientes son medidas por los transmisores de caudal FT-1 y FT-2, los cuales están conectadas a válvulas V-1 y V-2, tipo multigiro de globo, con un funcionamiento óptimo al 50 % de apertura permitiendo regular los caudales. A su vez, están conectadas a un PLC para enviar estequiométricamente las cantidades necesarias para que se dé la reacción.

El reactor R-1 cuenta con:

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

- Dos sensores de nivel discontinuos. El interruptor de nivel bajo LSL-1, que, al encenderse, indica el accionamiento de las bombas P-11 y P-20, y el interruptor de nivel alto HSL-1 utilizado para prevenir el derrame en el reactor, tiene como objetivo detectar el nivel máximo permitido enviando una señal para que las bombas se detengan.
- Un transmisor de nivel LT-1 conectado con la válvula V-3 que hará variar el caudal de salida dependiendo de la necesidad para mantener una altura del líquido constante dentro del reactor.
- Un transmisor de temperatura TC-1 el cual se conecta a la válvula V-4 que regula el ingreso de la corriente de vapor V1 dando apertura o cierre según necesidad.
- Un transmisor de pH PH-1 para indicar cuando la reacción de acetilación está completa, el mismo está conectado con la válvula V-5, para controlar el ingreso de la corriente de HCl al 0,5M A20, la cual ingresa al reactor con los mismos elementos de control que las corrientes A14 e I3, mencionadas anteriormente, siendo estos P-19, FT-3.

La corriente de salida A22 comienza a fluir con la apertura del sistema compuesto por la válvula V-3, el transmisor de caudal FT-4 y la bomba P-13, dicha corriente alimenta la centrífuga C-3.

En la Tabla 11.1 se detallan todos los accesorios necesarios y sus denominaciones, para el control automático del reactor R-1.

Tabla 11-1 Elementos de control para Reacción de acetilación.

Elemento de control	Denominación
Transmisores de caudal	FT-1
	FT-2
	FT-3
	FT-4
Válvulas multigiro de globo	V-1
	V-2
	V-3
	V-4
	V-5
Interruptores de nivel	LSL-1 (Nivel bajo)
	HSL-1 (Nivel alto)
Transmisor de nivel	LT-1
Transmisor de temperatura	TC-1

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Transmisor de pH	PH-1
------------------	------

Fuente: Elaboración propia.

**11.3.2 P&ID**

En la Figura 11.2 se puede visualizar la representación gráfica de los equipos, corrientes y elementos de control utilizados en la automatización de la etapa de reacción.

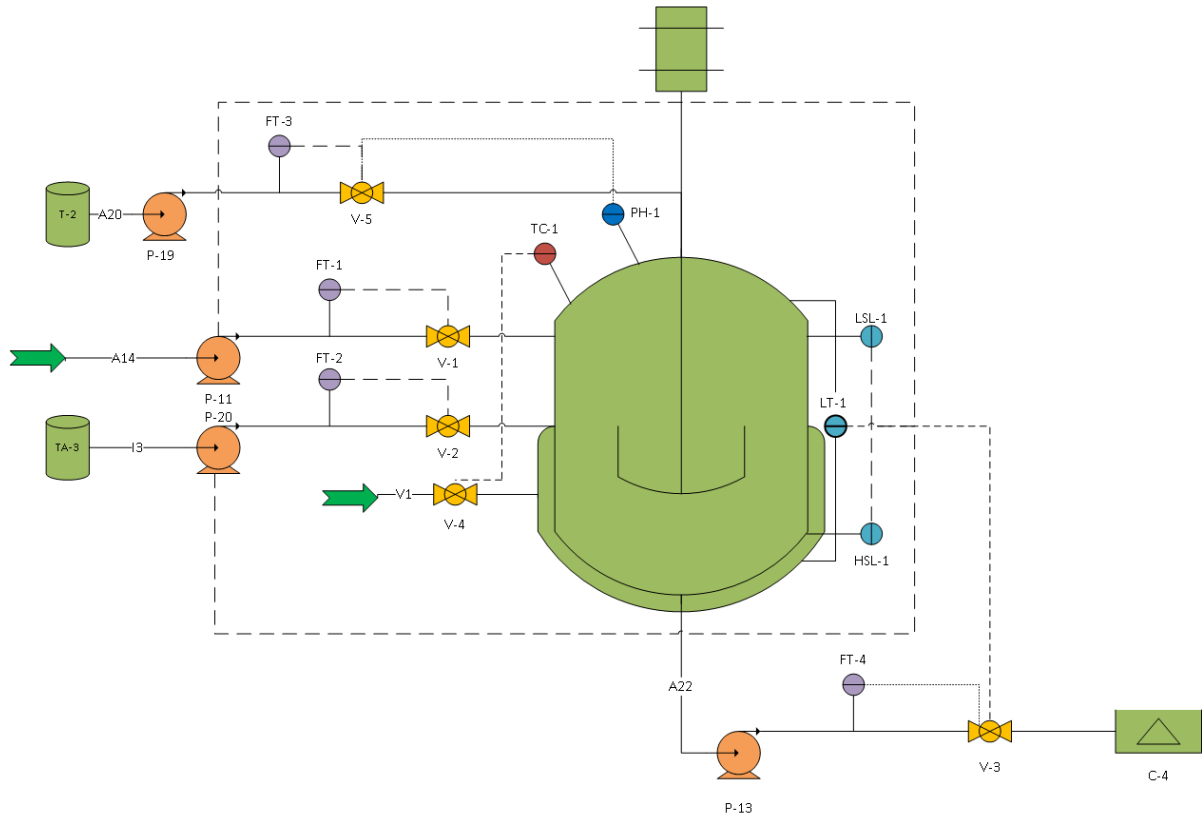


Fig. 11-2 P&ID.  
Fuente: Elaboración propia.

**11.4 Hoja de especificaciones**

**11.4.1 Transmisores de caudal**

En la Tabla 11.2 se detallan las especificaciones que deben cumplir los transmisores de caudal adoptados para el sistema de control. Mientras que en la Figura 11.3 se visualiza dicho elemento.

Tabla 11-2 Especificaciones transmisor de caudal.

HOJA DE ESPECIFICACIONES		Transmisores de caudal			
GENERAL	TAG	FT-1	FT-2	FT-3	FT-4
	TIPO DE CAUDALIMETRO	Másico			

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

	<b>FUNCIÓN</b>	Medir caudales al ingreso y egreso del reactor R-1			
	<b>SERVICIO</b>	Medida continua			
	<b>CORRIENTES</b>	A14	I3	A20	A22
<b>CONEXIÓN A PROCESO</b>	<b>MATERIAL DE CAÑERÍA</b>	AISI 304			
	<b>CONEXIÓN</b>	Bridada			
<b>MODELO</b>		FG 4000			
<b>DISEÑO SENSOR</b>	<b>CAUDAL MÍNIMO [m<sup>3</sup>/h]</b>	172	8,48	76	136
	<b>CAUDAL MÁXIMO [m<sup>3</sup>/h]</b>	6867	339	3050	5431
	<b>DIÁMETRO NOMINAL [mm]</b>	450	100	300	400
<b>TRANSMISOR</b>	<b>SEÑAL DE SALIDA</b>	4 – 20 mA 0 – 10 V			
	<b>COMUNICACIÓN</b>	RS 485			
	<b>ALIMENTACIÓN</b>	230 V/ 50-60 Hz			
	<b>SALIDA DE IMPULSOS</b>	Ajustable (0,001 – 1000 imp/dm <sup>3</sup> )			

Fuente: Elaboración propia.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*



Fig. 11-3 Transmisores de caudal.  
Fuente: Limesa.

**11.4.2 Válvulas multigiro de globo**

En la Tabla 11.3 se detallan las especificaciones que deben cumplir las válvulas adoptadas para el sistema de control. Mientras que en la Figura 11.4 se visualiza dicho elemento.

Tabla 11-3 Especificaciones transmisor de temperatura.

HOJA DE ESPECIFICACIONES		VÁLVULAS				
GENERAL	TAG	V-1	V-2	V-3	V-4	V-5
	SERVICIO	Variación de caudal				
	UBICACIÓN	Después de FT-1	Después de FT-2	Después de FT-4	Entrada de vapor	Después de FT-3
CUERPO	TIPO DE VÁLVULA	Multigiro				
	CONEXIONES/ EXTREMOS	Brida				
	MATERIAL	Acero inoxidable				
	MARCA	VALAR				
ACTUADOR	TIPO	Neumático				

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

	<b>FLUIDO MOTOR</b>	Aire comprimido				
	<b>PRESIÓN DE FLUIDO MOTOR [kgf/cm<sup>2</sup>]</b>	6,12				
	<b>VOLTAJE [V]</b>	24				
	<b>TRANSMISOR</b>	Analógico				
<b>CONDICIONES OPERATIVAS</b>	<b>FLUIDO MOTOR</b>	Almidón nativo	(CH <sub>3</sub> CO) <sub>2</sub> O	Almidón acetilado	Vapor	HCl
	<b>CAUDAL OPERATIVO [t/día]</b>	286,18	14,17	235,14	0,95	103
	<b>MÁXIMA PRESIÓN PERMITIDA [kgf/cm<sup>2</sup>]</b>	105,46				
	<b>MÁXIMA TEMPERATURA PERMITIDA [°C]</b>	811				

Fuente: Elaboración propia.



Fig. 11-4 Válvula de globo.  
Fuente: VALAR.



**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

**11.4.3 Interruptor de nivel**

En la Tabla 11.4 se detallan las especificaciones que deben cumplir los switches de nivel adoptados para el sistema de control. Mientras que en la Figura 11.5 se visualiza dicho elemento.

Tabla 11-4 Especificación switch de nivel.

HOJA DE ESPECIFICACIONES		SWITCH DE NIVEL	
GENERAL	TAG	LSL-1	HSL-1
	SERVICIO	Control de nivel bajo	Control de nivel alto
	UBICACIÓN	Zona inferior de R-1	Zona superior de R-1
SENSOR TRANSMISOR	TIPO DE SENSOR	Discontinuo	
	MODELO	NV	
	ORIENTACIÓN	Lateral	
	MATERIAL	Acero inoxidable	
	PRESIÓN MÁXIMA [bar]	11	
	TEMPERATURA MÁXIMA [°C]	110	
	DENSIDAD MÍNIMA PERMITIDA [g/ml]	0,7	
	CONEXIÓN A PROCESO	G ¾	
	SEÑAL DE SALIDA	Digital	
PROCESO	FLUIDO	Mezcla reaccionante	
	PRESIÓN [bar]	1	
	TEMPERATURA [°C]	60	
	CANTIDAD	1	1

Fuente: Elaboración propia.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*



Fig. 11-5 Interruptor de nivel.  
 Fuente: KyC instruments.

**11.4.4 Transmisor de nivel**

En la Tabla 11.5 se detallan las especificaciones que debe cumplir el transmisor de nivel adoptado para el sistema de control. Mientras que en la Figura 11.6 se visualiza dicho elemento.

Tabla 11-5 Especificaciones transmisor de nivel.

HOJA DE ESPECIFICACIONES		TRANSMISOR DE NIVEL
GENERAL	TAG	LT-1
	SERVICIO	Medir nivel
	UBICACIÓN	R-1
SENSOR TRANSMISOR	MODELO	BNA-S
	TIPO DE SENSOR	Continuo
	ORIENTACIÓN	Vertical
	MATERIAL	Acero inoxidable 311 TI
	LONGITUD APROXIMADA [m]	Min. 0,15 Max. 6
	CONEXIÓN A PROCESO	Brida
PRESIÓN MÁXIMA [bar]	100	

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

	<b>TEMPERATURA [°C]</b>	-196; 450
<b>PROCESO</b>	<b>FLUIDO</b>	Mezcla reaccionante
	<b>PRESIÓN [bar]</b>	1
	<b>TEMPERATURA [°C]</b>	60
	<b>CANTIDAD</b>	1

Fuente: Elaboración propia.



Fig. 11-6 Transmisor de nivel.  
Fuente: WIKA.

**11.4.5 Transmisor de temperatura**

En la Tabla 11.6 se detallan las especificaciones que debe cumplir el transmisor de temperatura adoptado para el sistema de control. Mientras que en la Figura 11.7 se visualiza dicho elemento.

Tabla 11-6 Especificaciones transmisor de temperatura.

<b>HOJA DE ESPECIFICACIONES</b>		<b>TRANSMISOR DE TEMPERATURA</b>
<b>GENERAL</b>	<b>TAG</b>	TC-1
	<b>SERVICIO</b>	Medir temperatura
	<b>UBICACIÓN</b>	Zona superior de R-1

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

<b>TRANSMISOR</b>	<b>TIPO DE SENSOR</b>	Continuo
	<b>ORIENTACIÓN</b>	Vertical
	<b>MATERIAL</b>	Acero inoxidable
	<b>LONGITUD APROXIMADA [mm]</b>	150
	<b>CONEXIÓN A PROCESO</b>	Brida
	<b>RANGO DE TEMPERATURA [°C]</b>	-200;400
<b>PROCESO</b>	<b>FLUIDO</b>	Mezcla reaccionante
	<b>PRESIÓN [bar]</b>	1
	<b>TEMPERATURA [°C]</b>	60
	<b>CANTIDAD</b>	1

Fuente: Elaboración propia.



Fig. 11-7 Transmisor de temperatura.  
 Fuente: KyC instruments.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

**11.4.6 Transmisor de pH**

En la Tabla 11.7 se detallan las especificaciones que debe cumplir el transmisor de pH adoptado para el sistema de control. Mientras que en la Figura 11.8 se visualiza dicho elemento.

Tabla 11-7 Especificaciones transmisor de pH.

HOJA DE ESPECIFICACIONES		PHMETRO
GENERAL	TAG	PH-1
	SERVICIO	Medir pH
	UBICACIÓN	Zona superior de R-1
TRANSMISOR	TIPO DE SENSOR	Continuo
	ORIENTACIÓN	Vertical hasta +25°
	MODELO	PHES 112 SE 3D
	MATERIAL	Vidrio
	LONGITUD APROXIMADA [mm]	120 +/- 3
	CONEXIÓN A PROCESO	Rosca PG 13,5
	RANGO DE PH	1 – 12
	PRESIÓN MÁXIMA [bar]	3
	RANGO DE TEMPERATURA [°C]	0 – 60
PROCESO	FLUIDO	Mezcla reaccionante
	PRESIÓN [bar]	1
	TEMPERATURA [°C]	60
	CANTIDAD	1

Fuente: Elaboración propia.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*



Fig. 11-8 Transmisor de pH.  
Fuente: ProMinent.



# CAPÍTULO 12

## OBRAS CIVILES

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

## 12 Obras Civiles

### 12.1 Introducción

Este capítulo tiene como objetivo definir la distribución general de la infraestructura edilicia y de los equipos involucrados dentro del predio ubicado en el parque industrial Villaguay seleccionado en el capítulo 5 del proyecto, denominado “Localización”.

### 12.2 Ubicación

La planta procesadora de almidón acetilado, se encuentra ubicada en el Parque Industrial Villaguay ubicado en la localidad de Villaguay, provincia de Entre Ríos. El terreno a utilizar se halla en el centro del parque industrial con salida a calles internas del mismo por la parte delantera y trasera. La parcela seleccionada cuenta con una superficie total de 20000 m<sup>2</sup>. La distribución de los diferentes sectores en el terreno, se llevó a cabo teniendo en cuenta el movimiento del personal, del producto y la secuencia de operaciones desde la recepción de la materia prima hasta la expedición del producto terminado. Cabe destacar, que las áreas que se encuentran al aire libre son, carga y descarga, estacionamiento, servicios auxiliares, almacenamiento de materia prima y productos terminados, el resto se encontrará en estructuras cerradas. Sectores como oficinas, baños, comedor y portería, se encuentran distanciados de la zona de producción.

En la Tabla 12.1 se detalla la superficie de cada uno de los ambientes cubiertos.

Tabla 12-1 Detalle de superficie cubierta en planta procesadora de afrechillo de arroz.

Edificio	Sector	Área [m <sup>2</sup> ]	Área total [m <sup>2</sup> ]
1	Portería	21	21
3	Oficina director y sala de conferencia	47,8	164,1
	Baño	8,1	
	Cocina	8,1	
	Oficina 1	19	
	Recepción	8,7	
	Oficina 2	10,7	
	Oficina 3	13,1	
	Oficina 4	13,3	
	Oficina 5	13,8	
Oficina 6	11,4		



**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

	Oficina 7	18,2	
11	Producción subproducto	999,1	3414,7
10	Producción producto principal	2415,6	
2	Estacionamiento	500	500
4	Comedor	100	100
5	Baños y Vestuarios	100	100
9	Depósito	100	100
8	Mantenimiento	60	60
6	Laboratorio	60	60
7	Oficina supervisor	12	12
<b>Total superficie cubierta</b>			<b>4531.8</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 12.3 Descripción detallada de los edificios

#### 12.3.1 Edificio 1 - Portería

La portería de paso obligatorio para el ingreso a planta se encuentra sobre la calle interna del P.I.Villaguay, es un puesto de seguridad con una barrera al paso donde el personal de seguridad y portería se encarga de controlar el tránsito de personal interno y externo de la empresa. Este edificio presenta un área de 21 m<sup>2</sup> (7 m x 3 m), con una altura de 3 m, construida con ladrillos block de hormigón de 20 x 20 x 40 cm y techo de loza con pintura impermeabilizante. En su interior se encuentra un escritorio, un baño y una computadora para llevar los registros necesarios, Figura 12.1

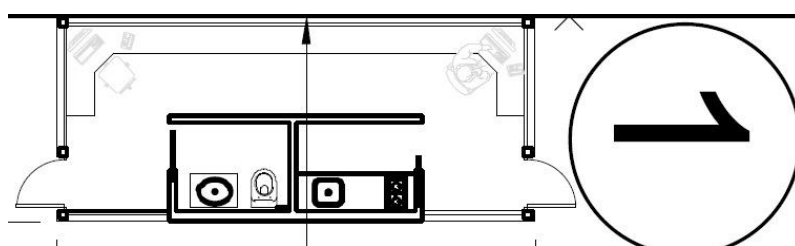


Fig. 12-1 Portería.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 12.3.2 Edificio 2 - Estacionamiento

La planta procesadora de afrechillo de arroz cuenta con un estacionamiento cubierto que ocupa una superficie de 500 m<sup>2</sup> (50 m x 10 m) y posee capacidad para 19 autos aproximadamente. Se encuentra a la izquierda de las oficinas administrativas facilitando el ingreso y la salida de los vehículos por la entrada principal a la planta. La playa se construye

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

de pavimento rígido y hormigón, realizado con cemento. El techo que cubre los vehículos está compuesto de una estructura de hierro unido a chapas, además se encuentra señalizado y con iluminación adecuada. Se puede observar en la Figura 12.2 estructura y dimensión del mismo.

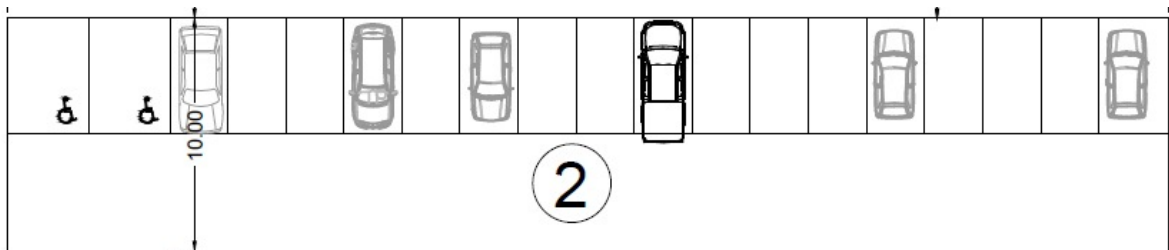


Fig. 12-2 Estacionamiento.  
Fuente: Elaboración propia.

### 12.3.3 Edificio 3 - Administración

En la Figura 12.3 se puede observar dicha estructura edilicia, distribuida en las siguientes secciones:

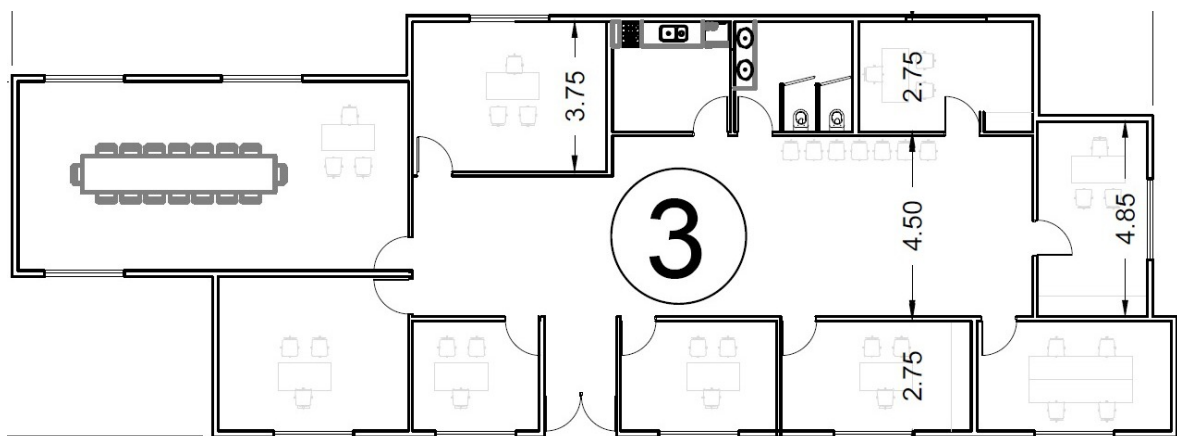


Fig. 12-3 Sector administrativo.  
Fuente: Elaboración propia.

### Recepción

La sala de espera o recepción es el primer contacto que tiene el cliente o persona externa a la organización con el personal interno de la misma coordinado por 1 recepcionista. La infraestructura cuenta con las siguientes medidas 2,75 m de ancho, 3,15 m de largo y 3 m de alto. El sector está construido de ladrillo block de hormigón, con un espesor de 20 x 20 x 40 cm y un techo de hormigón con viguetas. Cuenta con 1 escritorio, 3 sillas, computadora, impresora y teléfono fijo. En la Figura 12.4 se puede observar la distribución de dicha oficina.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

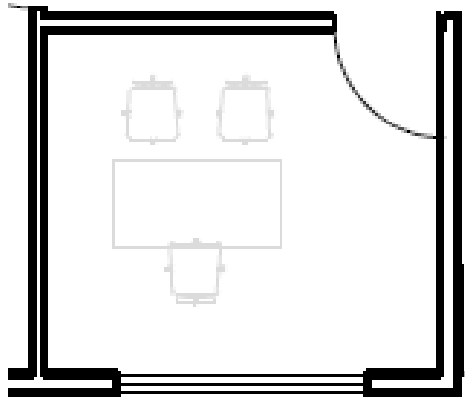


Fig. 12-4 Recepción.  
Fuente: Elaboración propia.

### Oficinas director y sala de conferencia

La oficina perteneciente al director (Figura 12.5) es la más grande de la administración ya que ahí mismo se incluye la sala de conferencias y reuniones de personal. Las dimensiones de la misma son las siguientes 9,85 m de largo por 4,85 m de ancho y 3 m de alto. Está equipada con 1 escritorio, 19 sillas, 1 mesa rectangular, computadora, impresora, teléfono fijo y proyector. La construcción se realiza con ladrillos block de hormigón de 20 x 20 x 40 cm y techo de loza con pintura impermeabilizante.

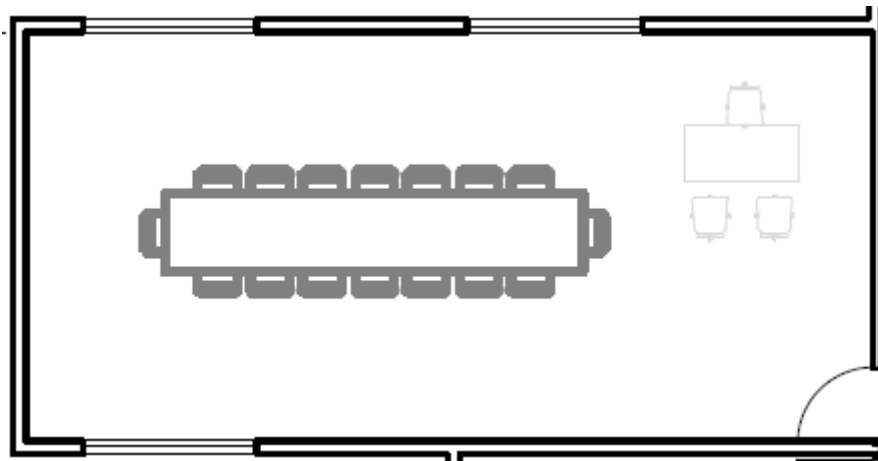


Fig. 12-5 Oficina director y sala de conferencia.  
Fuente: Elaboración propia.

### Oficinas administrativas

En dichas oficinas se encuentran trabajando los departamentos de administración, ventas y logística, compras, calidad, recursos humanos y diseño y desarrollo. La edificación de las oficinas posee una altura 3 m construidos con ladrillos block de hormigón de 20 x 20 x 40 cm y techo de loza con pintura impermeabilizante. Todas las oficinas están equipadas con

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

escritorio, sillas, computadoras, impresora y teléfonos fijos. Las dimensiones de las mismas se detallan en la Tabla 12.2 y en la Figura 12.6 se puede visualizar la distribución.

Tabla 12-2 Dimensiones de oficinas administrativas.

Oficina	Largo (m)	Ancho (m)	Superficie (m <sup>2</sup> )
Oficina 1	4,75	4	19
Oficina 2	3,9	2,75	10,725
Oficina 3	4,75	2,75	13,0625
Oficina 4	4,85	2,75	13,3375
Oficina 5	4,85	2,85	13,8225
Oficina 6	4,15	2,75	11,4125
Oficina 7	4,85	3,75	18,1875

Fuente: Elaboración propia.

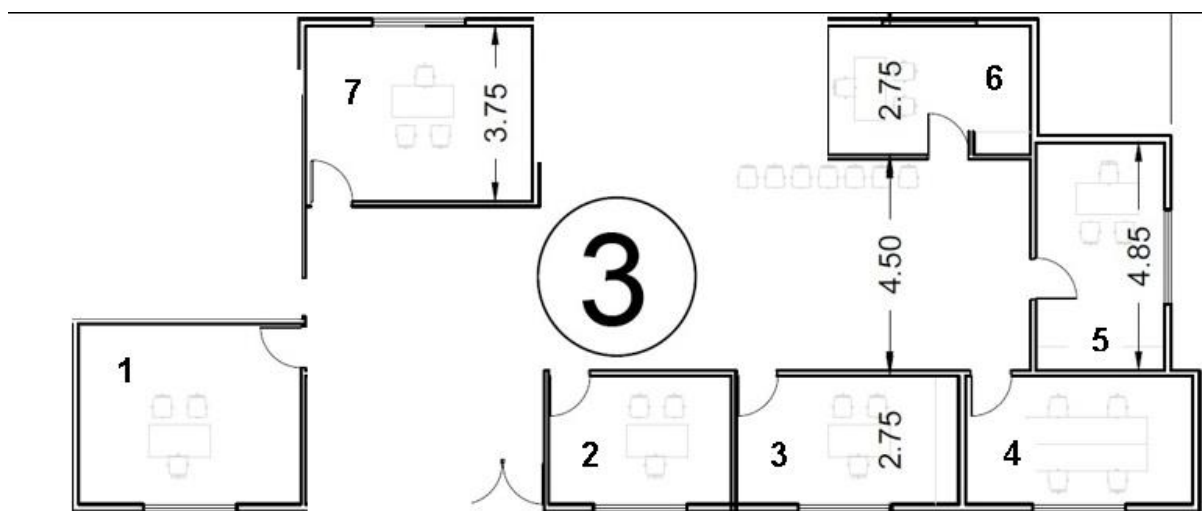


Fig. 12-6 Oficinas administrativas.

Fuente: Elaboración propia.

**Baño**

La administración cuenta con un baño (Figura 12.7) para uso del personal que posee 2 inodoros y 2 lavamanos con agua fría y caliente. Las dimensiones del mismo son de 2,95 m de largo por 2,75 m de ancho y 3 m de alto.

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

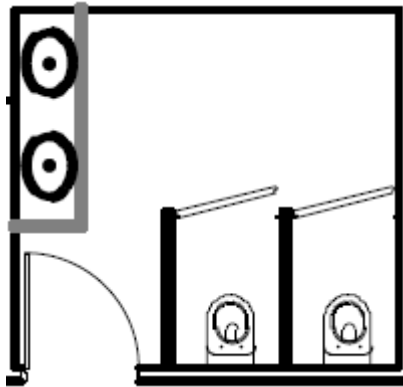


Fig. 12-7 Baño administración.  
Fuente: Elaboración propia.

## Cocina

A la izquierda de los baños se encuentra la cocina (Figura 12.8) de la administración, la misma está equipada con 1 heladera, 1 cocina, 1 pileta para lavar utensilios, pava eléctrica y dispenser de agua caliente y fría. Las dimensiones son las siguientes 2,95 m de largo por 2,75 m de ancho y 3 m de alto.

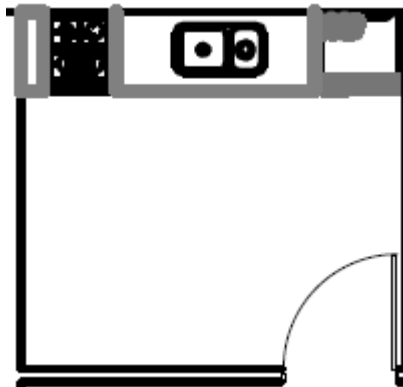


Fig. 12-8 Cocina administración.  
Fuente: Elaboración propia.

### 12.3.4 Edificio 4 – Comedor

Dicho espacio cuenta con una superficie de 100 m<sup>2</sup>, con 10 m de ancho y 10 m de largo, para dicho sector. Está construido de ladrillos block de hormigón de 20 x 20 x 40 cm con una altura de 3 m y un techo de hormigón con viguetas. Vale aclarar que las paredes cuentan con recubrimiento de cerámicos hasta los 2m de altura para cumplimentar exigencias sanitarias. Está equipado con mesas, sillas, heladera, microondas, mobiliario que incluye bajo mesada y los utensilios necesarios, el mismo se puede observar en la Figura 12.9.

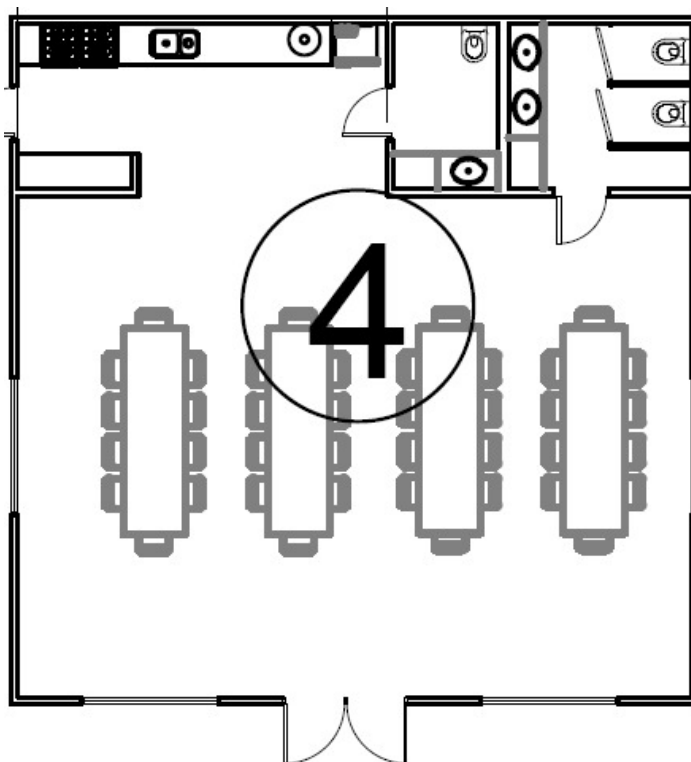


Fig. 12-9 Comedor.  
Fuente: Elaboración propia.

### 12.3.5 Edificio 5 - Baños y Vestuarios

El edificio donde se encuentran los baños y vestuarios (Figura 12.10) para uso de personal interno de la fábrica cuenta con un total de 100 m<sup>2</sup> distribuidos uniformemente de 10 m de ancho y 10 m de largo. El mismo cuenta con las siguientes características:

- Paredes hechas con ladrillos bloque de hormigón de 20 x 20 x 40 cm y 3 m de altura.
- El techo es de loza de hormigón con viguetas y pintura impermeabilizante.
- Recubrimiento con azulejos hasta los 2 m de altura.
- El vestidor debe estar equipado con un casillero metálico por identificado con el nombre del empleado, con dos compartimientos, uno donde puede almacenar sus pertenencias o ropa de calle y el otro donde puedan guardar su uniforme de trabajo.

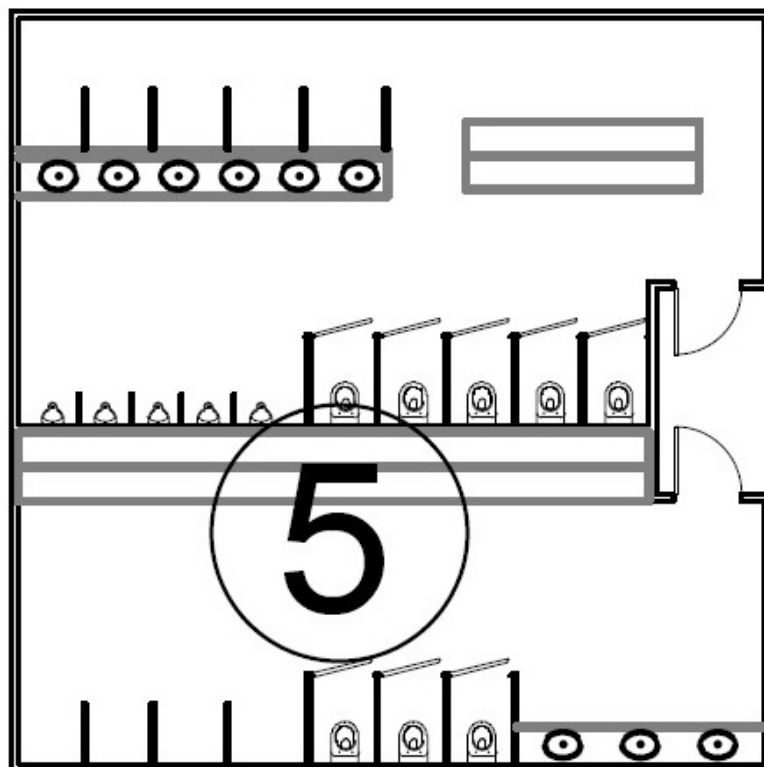


Fig. 12-10 Baños y vestuarios.  
Fuente: Elaboración propia.

### 12.3.6 Edificio 6 – Laboratorio

Espacio destinado a la realización de pruebas estándares de calidad, tanto de materia prima como producto terminado. Cuenta con una superficie de 60 m<sup>2</sup> (6 m de ancho, 10 m de largo y 3 m de alto) que se puede observar en la Figura 12.11. Las paredes son de ladrillos block de hormigón y un techo flotante de durlock. Los pisos se recubren con mosaicos debido a su alta resistencia, impermeabilidad y durabilidad.

El laboratorio posee:

- Área de lavado de equipos y vajillas.
- Área de equipo y de realización de los métodos de control.

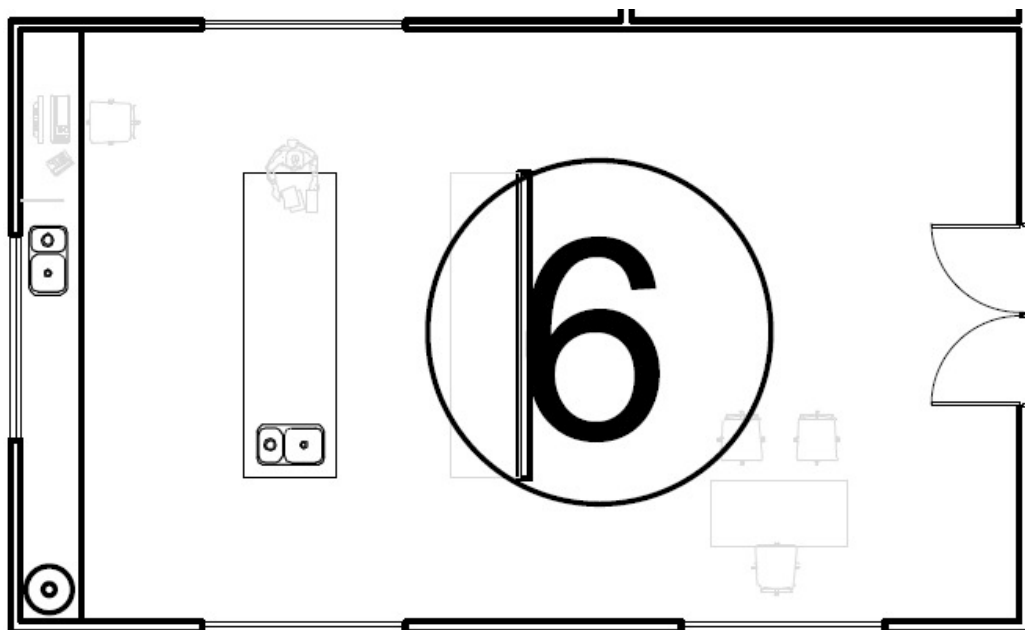


Fig. 12-11 Laboratorio.  
Fuente: Elaboración propia.

### 12.3.7 Edificio 7 – Oficina supervisor

La oficina del supervisor de producción (Figura 12.12) cuenta con una superficie de 12 m<sup>2</sup> (4 m de largo por 3 m de ancho). Está equipada con 1 computadora, impresora, teléfono fijo, escritorio y 3 sillas. Constructivamente es igual que las demás oficinas, ladrillos block de hormigón de 20 x 20 x 40 cm y techo de loza con pintura impermeabilizante.

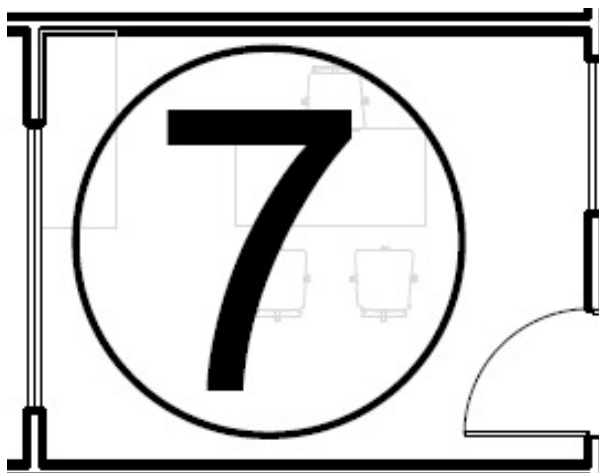


Fig. 12-12 Oficina supervisor.  
Fuente: Elaboración propia.

### 12.3.8 Edificio 8 – Mantenimiento

El edificio 8 destinado al personal de mantenimiento (Figura 12.13) está equipado para que los mismos puedan trabajar de manera cómoda y segura en las tareas que les competen.



## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

Cuenta con estanterías y armarios para almacenar repuestos y piezas pequeñas, además, posee 1 escritorio con 1 computadora, teléfono fijo y 4 sillas. Cuenta con una superficie de 60 m<sup>2</sup> (6 m de ancho, 10 m de largo y 5 m de alto).

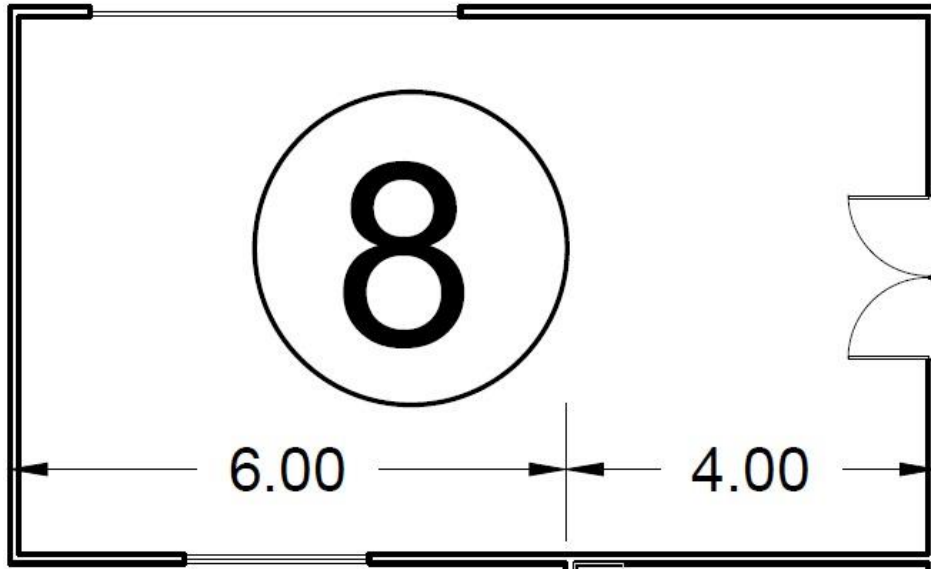


Fig. 12-13 Mantenimiento.  
Fuente: Elaboración propia.

### 12.3.9 Edificio 9 – Depósito

Se provee un espacio de 10 m de ancho por 10 m de largo y 5 m de alto, suficiente para ubicar las herramientas necesarias y almacenar todo aquello que sea necesario (Figura 12.14). Las características constructivas son techo parabólico cubierto con chapa de acero galvanizada, paredes de ladrillo bloque de 19 x 19 x 39 cm, revoque grueso y fino, pintura látex y pisos de hormigón con endurecimiento de superficie.

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

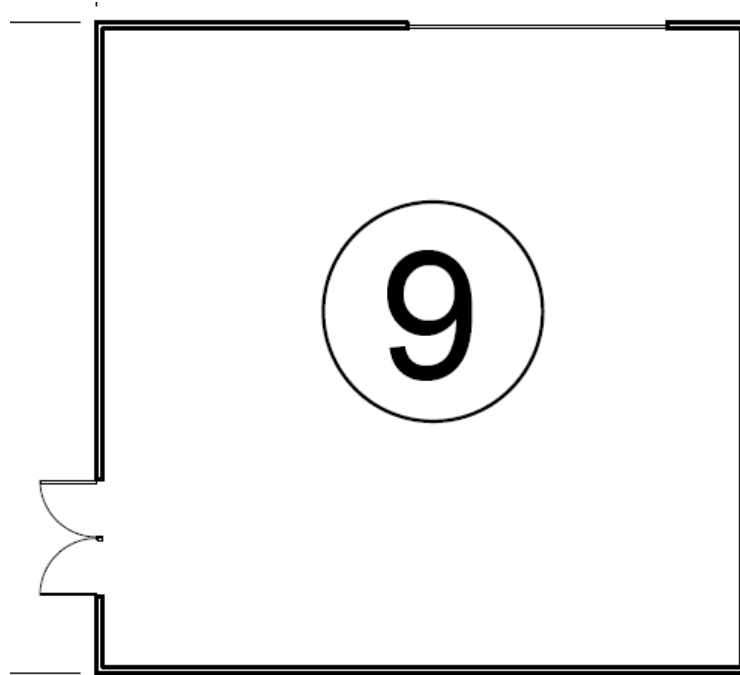


Fig. 12-14 Depósito.  
Fuente: Elaboración propia.

## 12.3.10 Edificio 11 - Producción producto principal

El área destinada a la producción de almidón acetilado (Figura 12.15) posee una superficie cubierta de 2415,6 m<sup>2</sup> (107,36 m de largo por 22,5 m de ancho y 15 m de alto), en la misma se distribuyen todos los equipos involucrados en el proceso como son, tanques agitados, mezcladoras, molinos, secadores, bombas, hidrociclón, reactor, entre otros. A la hora de diseñar la distribución de los equipos en planta se tuvieron en cuenta varias consideraciones como ser, distancias óptimas entre equipos, facilidad de mantenimiento, accesos seguros y cómodos.

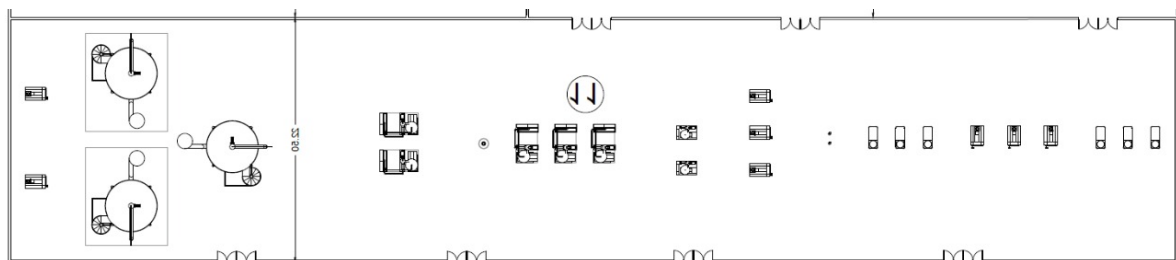


Fig. 12-15 Zona producción almidón acetilado.  
Fuente: Elaboración propia.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

### 12.3.11 Edificio 10 – Producción de subproducto

Al igual que en el caso de la zona de producción de almidón, a la hora de diseñar la distribución de equipos para la línea de producto balanceado (Figura 12.16) se priorizó la comodidad y seguridad del personal, así como también las mejores condiciones de trabajo y practicidad de carga, descarga y transporte de materias primas, productos intermedios y terminados. Dicha área cuenta con una superficie de 999,1 m<sup>2</sup> donde se encuentran distribuidos 4 secadores, 2 centrífugas y 2 tanques agitados.

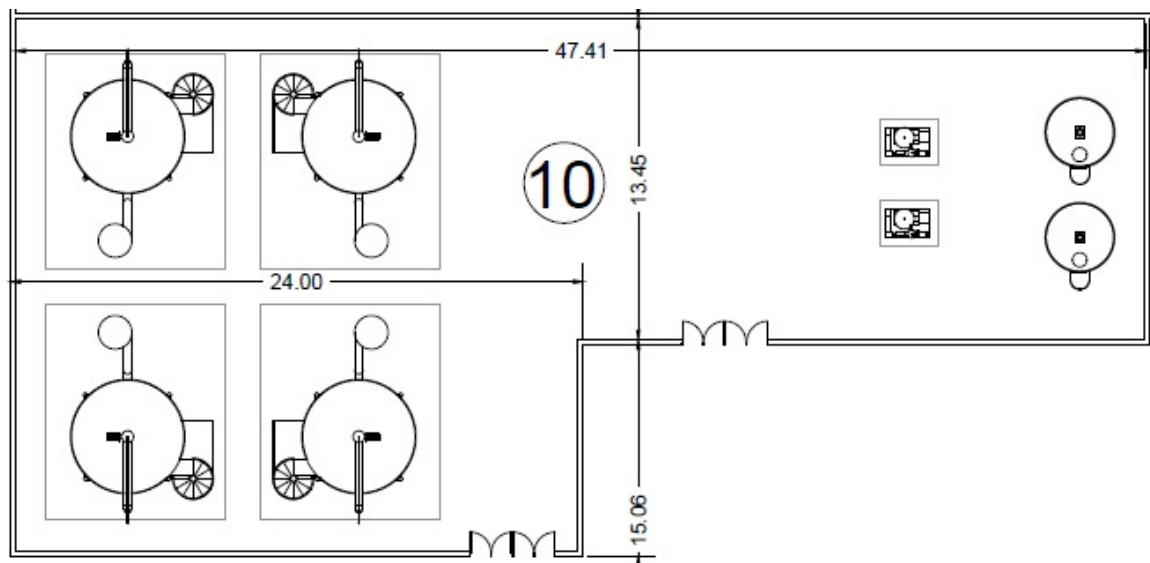


Fig. 12-16 Zona producción alimento balanceado.  
Fuente: Elaboración propia.

### 12.4 Almacenamiento y servicios auxiliares

Tanto el almacenamiento de los productos terminados como de las materias primas (Figuras 12.17 y 12.18), la caldera y los tanques de agua de proceso se encuentran a la intemperie. En lo que respecta a almacenaje se utilizan tanques verticales de acero inoxidable y silos también verticales y del mismo material. Dicha zona se encuentra rodeada de una calle interna de la planta para facilitar la carga y descarga de materias primas, insumos y productos terminados.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

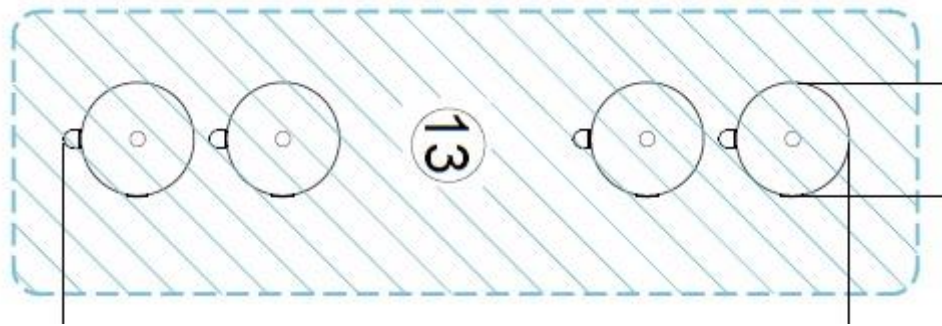


Fig. 12-17 Almacenamiento productos terminados.  
Fuente: Elaboración propia.

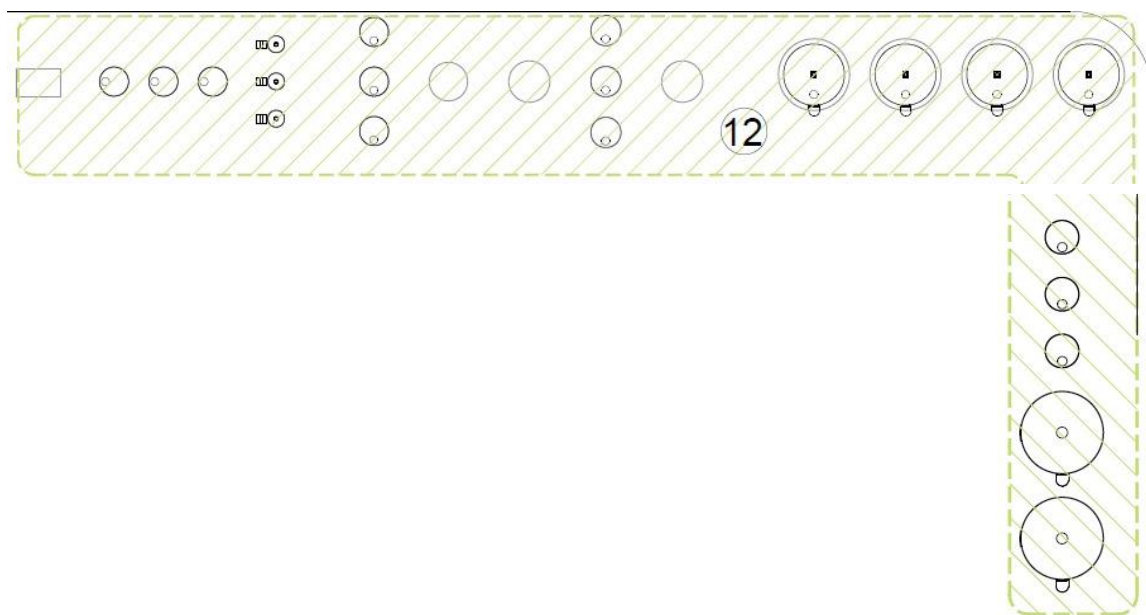


Fig. 12-18 Caldera, tanques de agua y almacenamiento materias primas e insumos.  
Fuente: Elaboración propia.



# CAPÍTULO 13

## INSTALACIONES ELÉCTRICAS

## **13 Instalaciones eléctricas**

### **13.1 Introducción**

En este capítulo se describen los elementos y los tipos de instrumentos que se utilizarán para realizar las conexiones de la instalación eléctrica de la planta de almidón acetilado.

Las elecciones siguen las normas que regulan este tipo de servicio, además de adoptar los materiales y equipos que se consideran apropiados respecto a costo, espacio, mantenimiento y confiabilidad (Combale, 2020).

### **13.2 Elementos de la instalación eléctrica**

#### **13.2.1 Transformador**

Un transformador es una máquina eléctrica que, basándose en los principios de inducción electromagnética, transfiere energía de un circuito eléctrico a otro, sin cambiar la frecuencia (Figura 13.1 y 13.2). La transferencia se lleva a cabo con el cambio de voltaje y corriente. Un transformador aumenta o disminuye la corriente alterna cuando es necesario. Estas máquinas ayudan a mejorar la seguridad y eficiencia de los sistemas de energía durante su distribución y regulación a través de largas distancias utilizando 2715,74 kW/h de potencia.

Los tres componentes más importantes de un transformador son el núcleo magnético, el devanado principal y el secundario.

La intensidad de la pérdida de energía determina la eficiencia de un transformador eléctrico, representada en términos de pérdida de energía entre los devanados primarios y secundarios. La eficiencia resultante se calcula en términos de la tasa de salida de energía en el devanado secundario hacia la entrada de energía del primario. Idealmente, la eficiencia de un transformador eléctrico debe estar entre el 94 y 96 %.

Todos los transformadores comparten varias características sin importar su tipo:

- La frecuencia de energía de entrada y salida es la misma.
- Todos se rigen por las leyes de la inducción electromagnética.
- Las bobinas primarias y secundarias no cuentan con conexión eléctrica (excepto por los transformadores automáticos). La transferencia de energía se lleva a cabo por el flujo magnético.
- Las partes móviles no son requeridas para transferir energía, por lo que no existe fricción o pérdidas en el devanado como en otros dispositivos eléctricos (TECSA, 2019).

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

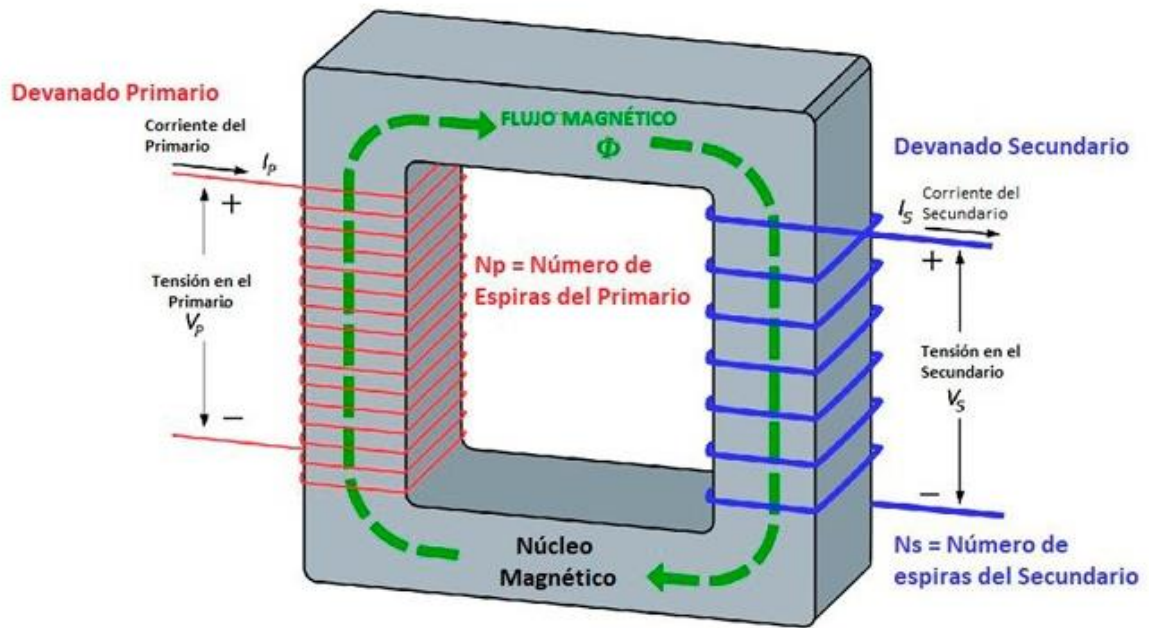


Fig. 13-1 Circuito de funcionamiento de un transformador.  
Fuente: TECSA.



Fig. 13-2 Imagen ilustrativa de transformador.  
Fuente: TECSA.

### **13.2.2 Tableros**

En una instalación eléctrica, el tablero eléctrico es imprescindible para la protección de equipos críticos. En términos generales, un tablero eléctrico es un gabinete en el que se concentran los dispositivos de conexión, control, maniobra, protección, medida, señalización y distribución, todos estos dispositivos permiten que una instalación eléctrica funcione adecuadamente (Hoffman, 2021).

Los constituyentes de los tableros eléctricos (Figura 13.3) son:

- Medidor de consumo (mismo que no se puede alterar)
- Interruptor, que es un dispositivo que corta la corriente eléctrica una vez que se supera el consumo contratado. Es importante mencionar que el interruptor no tiene funciones de seguridad, solamente se encarga de limitar el nivel del consumo.
- Gabinete, parte exterior que se encarga de proteger a todos los componentes de un circuito de control, principalmente los podemos encontrar de metal, aunque en algunas ocasiones y depende de su aplicación los encontramos de plástico.
- Rieles metálicos, sirven como base para poder montar todos los componentes que se van a utilizar para el control del sistema.
- Barras colectoras, son de un material conductor y se utilizan para suministrar la corriente eléctrica a los componentes del tablero, por lo regular se utilizan cuando se necesita de una gran cantidad de energía.
- Canaletas, son unos canales de plástico en donde se colocan los cables para llevarlos de un lugar del tablero hacia otro.
- Bornera de conexiones, también se les conocen como clemas y son prácticamente son conectores eléctricos que aprisionan el cable a través de un tornillo, estas borneras se utilizan principalmente cuando los cables van a salir del tablero hacia un componente externo como puede ser un motor o cualquier actuador.
- Prensa cables, también se les conoce como conectores de glándula y estos van empotrados en el gabinete eléctrico para poder transportar los cables de una manera segura desde el exterior al interior o viceversa.
- Componentes eléctricos y electrónicos, Los componentes pueden variar según el tipo de sistema que se necesite puede desde uno básico con fusibles y protecciones hasta uno más complejo con PLC, contactores, guardamotores, temporizadores, etcétera (Mecafenix, 2019).



## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022



Fig. 13-3 Constituyentes eléctricos de un tablero.  
Fuente: Mecafenix.

Para fabricar los tableros eléctricos se debe cumplir con una serie de normas que permitan su funcionamiento de forma adecuada cuando ya se le ha suministrado la energía eléctrica. El cumplimiento de estas normas garantiza la seguridad tanto de las instalaciones en las que haya presencia de tableros eléctricos como de los operarios (Hoffman, 2021).

### 13.2.3 Generador de emergencia

En pocas palabras, un generador eléctrico industrial o comúnmente llamada planta eléctrica, es un dispositivo que puede crear energía eléctrica y suministrarla a algún sitio o instalación donde la compañía suministradora no sea capaz de hacerlo, ya sea por falta de infraestructura o daños en la misma que provoquen cortes de energía (Figura 13.4).

Todo comienza en el motor de combustión interna que va acoplado a un alternador, este último es el responsable de generar la electricidad. Para crear la energía mecánica, el motor entra en acción transformando la energía térmica de un combustible, mientras que el alternador tomará este movimiento y utilizando la ley de Faraday lo convierte en energía eléctrica.

Estas máquinas pueden operar con distintos tipos de combustible, ya sea diésel, gas natural, gas LP o, en algunos casos, gasolina.

Un generador eléctrico industrial se vale de un motor con un Sistema de Cuatro Tiempos, como su nombre lo indica, está compuesto por 4 etapas que se definen de la siguiente manera: admisión, compresión, expansión y escape.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

El alternador, por su parte, funciona gracias a la ley de electromagnetismo también conocida como "Ley de Faraday", para su funcionamiento y generación de voltaje se requiere de un conductor (estator), un campo magnético (rotor) y un movimiento relativo

El nombre de este dispositivo se deriva de su funcionamiento, ya que la corriente fluye alternando su dirección dependiendo de la polaridad del campo magnético. Sus componentes principales son: estator, rotor y regulador de voltaje (Generac, 2020).



Fig. 13-4 Imagen ilustrativa generador eléctrico.  
Fuente: Generac.

### 13.2.4 Conductores eléctricos

Los conductores eléctricos o materiales conductores son aquellos que tienen poca resistencia a la circulación de la corriente eléctrica, dadas sus propiedades específicas (Figura 13.5). La estructura atómica de los conductores eléctricos facilita el movimiento de los electrones a través de estos, con lo cual este tipo de elementos favorece la transmisión de electricidad. Los conductores pueden presentarse de diversas formas, una de estas es el material en condiciones físicas específicas, como barras de metal (cabillas) que no hayan sido elaboradas para formar parte de circuitos eléctricos. A pesar de no formar parte de un montaje eléctrico, estos materiales siempre mantienen sus propiedades de conducción. También existen los conductores eléctricos unipolares o multipolares, los cuales son empleados formalmente como elementos conectores de circuitos eléctricos en ámbitos residenciales e industriales. Este tipo de conductor puede estar conformado en su interior por hilos de cobre u otro tipo de material metálico, recubierto de una superficie aislante. Además, dependiendo de la configuración del circuito, pueden diferenciarse los conductores para aplicaciones residenciales (delgados) o cables para tomas subterráneas en sistemas de distribución eléctrica (gruesos) (Lifeder, 2021).

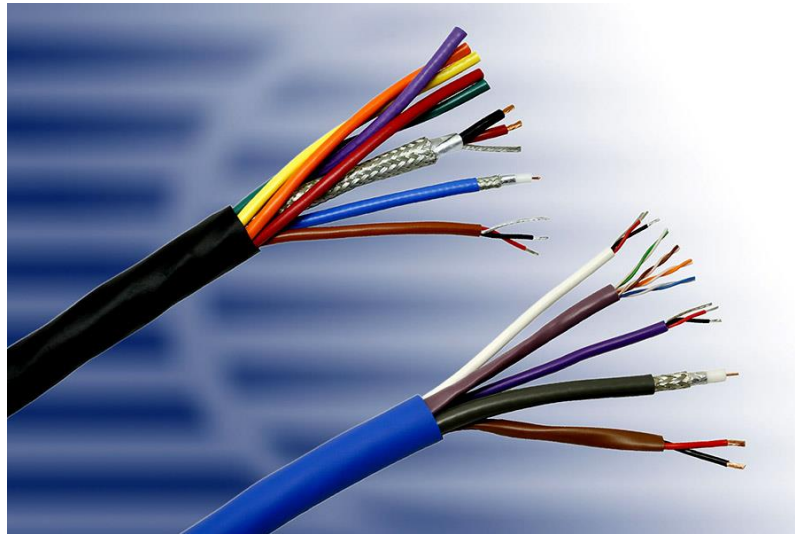


Fig. 13-5 Imagen ilustrativa conductores eléctrico.  
Fuente: Lifeder.

### **13.2.5 Iluminación**

Cuando se hace referencia a la iluminación se debe considerar tanto la iluminación natural como la iluminación artificial. A la hora de diseñar un área de trabajo siempre se deben considerar ambas. La luz natural causa menor fatiga visual que la iluminación artificial. Por eso, en la actualidad se han desarrollado técnicas que maximizan el aprovechamiento de la luz natural.

Las principales ventajas de la iluminación natural son las siguientes:

- Produce menor cansancio a la vista.
- Permite apreciar los colores tal y como son
- Es la más económica.
- Psicológicamente un contacto con el exterior a través de una ventana, por ejemplo, produce un aumento del bienestar.

No obstante, su principal inconveniente es la gran variabilidad que se produce al cabo del tiempo. La iluminación artificial se debe usar cuando no se puede emplear la luz natural o, como ocurre en la mayoría de los casos, para complementar la luz natural (Figura 13.6).

La calidad de la luz artificial será mejor cuanto más próximo esté el espectro de esa luz al que produce el sol. A la hora de evaluar o adecuar una iluminación artificial en un puesto de trabajo se deben considerar aspectos relacionados con el trabajador, con el tipo de tarea que vaya a desempeñar y los propiamente relacionados con la iluminación. Por un lado, la iluminación se produce gracias a unas lámparas, que son las que van a emitir la luz; esas lámparas se encontrarán colocadas en unas luminarias concretas que modificarán las características de la luz y formarán parte de todo un sistema de iluminación que también modificará las

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

características de la luz conseguida en el local. Todos estos aspectos se deberán considerar, pues un fallo en uno solo hará que la iluminación no sea la adecuada. Si las lámparas no emiten suficiente flujo luminoso, si hay zonas donde no se dispone de luminarias, si la luz no es la adecuada para la tarea del trabajador, sólo uno de estos aspectos será suficiente para que la luz no sea adecuada y se deba rectificar (INSHT, 2015).



Fig. 13-6 Imagen ilustrativa de correcta iluminación.  
Fuente: INSHT.

### 13.2.6 Tomacorrientes

Los tomacorrientes son dispositivos eléctricos que sirven como punto de conexión para alimentar equipos eléctricos, tales como electrodomésticos, equipos portátiles e industriales. Los tomacorrientes no consumen ninguna energía, este solo enlaza la fuente de alimentación a los equipos que se vayan a alimentar de una fuente de energía eléctrica.

La National Electrical Manufacturers Association (NEMA) es una asociación que se ha encargado de normalizar el diseño que se debe utilizar para los tomacorrientes y otros dispositivos eléctricos en gran parte del continente americano.

Dependiendo el tipo de alimentación que necesite el equipo, existe un diseño específico del tomacorriente. Las características que definen a un tomacorriente son las siguientes:

- Tensión máxima: es el voltaje máximo al cual debe someterse el tomacorriente. Los niveles de tensión máximos se encuentran de 125V, 250V, 480V y hasta 600V.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

- Corriente máxima: es la corriente máxima que puede soportar el tomacorriente sin que este se sobrecaliente y se estropee. Los amperajes normalizados son de 15A, 20A, 30A, 50A y 60A.
- Número de polos: este determina la cantidad de salidas que posee el tomacorriente para alimentar la carga (fase o potencial y neutro). Este número de polos no incluye la salida de tierra, esta es adicional. Por ejemplo, un tomacorriente puede tener 2 polos y una tierra (a este llegan 3 cables en total).

Existen una gran cantidad de tomacorrientes con diferentes características y diseños, esto varía según la aplicación a la que se vaya a utilizar. Para el caso de industrias con alto consumo de potencia, se utiliza un tomacorriente para sistema monofásico a 3 hilos-120V/240V al cual llegan cuatro cables. En este se consiguen dos niveles de tensión 120V-240V. El voltaje entre potencial y potencial es de 240V, entre potencial y neutro de 120V, entre potencial y tierra es de 120V, y entre neutro y tierra es de 0V (Faradays, 2020). El mismo se puede visualizar en la Figura 13.7.



Fig. 13-7 Imagen ilustrativa tomacorriente.  
Fuente: Faradays.

### 13.2.7 Puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra es una parte básica de cualquier instalación eléctrica (Figura 13.8), y tiene como objetivo:

- Limitar la tensión que presentan las masas metálicas respecto a tierra.
- Asegurar actuación de las protecciones.
- Eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material eléctrico utilizado.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Existen principalmente dos tipos de protecciones que dependen de la puesta a tierra de forma básica para su correcto funcionamiento, que son la protección contra sobretensiones transitorias (protección de equipos), y protección diferencial contra contactos indirectos (protección de personas). Los efectos de las sobretensiones transitorias sobre una instalación se evitan mediante protectores contra sobretensiones transitorias (SPD). Éstos actúan derivando la energía de la sobretensión hacia la puesta a tierra, evitando así daños en equipos eléctricos y electrónicos. La calidad de la protección contra sobretensiones está muy ligada al sistema de puesta a tierra, pues un camino de impedancia elevada puede exponer en mayor medida los equipos sensibles a los efectos de dicha sobretensión. Directamente, en caso de pérdida o inexistencia de la puesta a tierra, la protección contra sobretensiones pierde toda su eficacia. En el caso de la protección diferencial, la conexión de los equipos a las puestas de tierra es de vital importancia para la seguridad ante contactos indirectos, ya que, sin conexión a tierra, no se produce la fuga necesaria para que el diferencial pueda actuar antes de que alguien toque la carcasa metálica y se produzca un contacto indirecto, descargando la fuga de corriente a través de él. El uso generalizado en instalaciones industriales de diferenciales de mayor calibre, aumenta si cabe la relación entre la puesta a tierra y la seguridad, debido a que un contacto indirecto representaría un potencial peligro mucho mayor para las personas. Vemos, por tanto, como el estado del sistema de puesta a tierra es esencial para el correcto funcionamiento de las protecciones en cualquier instalación (CPT, 2016).

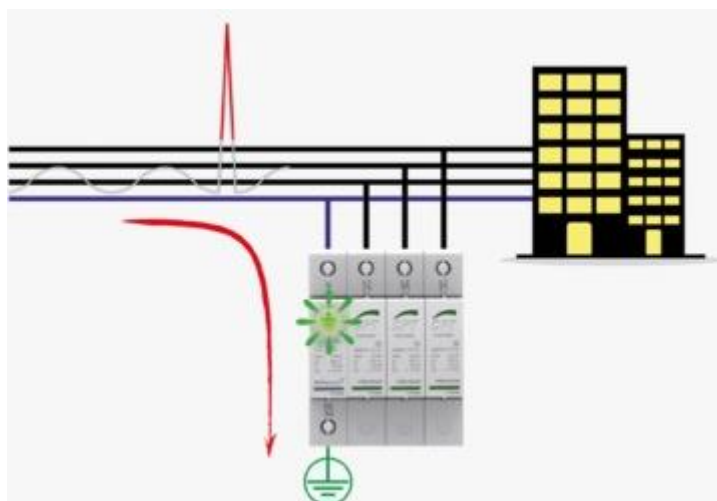


Fig. 13-8 Imagen ilustrativa de conexión puesta a tierra.  
Fuente: CPT.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

### 13.3 Requerimientos de energía eléctrica

En la planta procesadora de afrechillo de arroz se tuvo en cuenta la fuerza motriz requerida por los equipos y la iluminación necesaria por área para determinar el requerimiento total de energía eléctrica, así como también, los costos asociados que se verán reflejados en el Capítulo 16. Cabe destacar que la empresa proveedora de energía del parque industrial Villaguay es la Cooperativa de Servicios Públicos Villaguay Limitada.

#### 13.3.1 Iluminación

Las lámparas necesarias para iluminación se adoptan teniendo en cuenta los siguientes factores: el consumo energético, la economía de instalación, el mantenimiento que debe realizarse como así también el nivel de iluminación, las dimensiones del sector y la exposición al medio ambiente. En la Tabla 13.1 se especifica el nivel de iluminación necesario en función de la tarea a realizar.

Tabla 13-1 Nivel de iluminación necesario según actividad a realizar.

Tarea visual	Nivel de iluminación (lx)	Descripción de la tarea
Tareas que no exigen esfuerzo visual	50	Tránsito por pasillos, almacenaje, carga y descarga de materia prima.
Visión ocasional	100	Para permitir movimientos seguros por ej. En lugares de poco tránsito como sala de calderas, depósito de materiales, baños y otros
Tareas intermitentes, ordinarias y fáciles, con contrastes fuertes	200	Trabajos simples, intermitentes y mecánicos, inspección general y contado de partes de stock, colocación de maquinaria pesada.
Tareas moderadamente críticas y prolongadas, con detalles medianos	500	Trabajos medianos, mecánicos y manuales, inspección y montaje; trabajos comunes de oficina, tales como: lectura, escritura y archivo.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Tareas severas, prolongadas y de poco contraste	1100	Trabajos finos, mecánicos y manuales, montajes e inspección; pintura extrafina, sopleteado.
Tareas muy severas, prolongadas, con detalles minuciosos o muy poco contraste	2200	Montaje e inspección de mecanismos delicados, fabricación de herramientas y matrices; inspección con calibrador, trabajo de molienda fina.
Tareas excepcionales, difíciles o importantes	5000	Casos especiales, como, por ejemplo: iluminación del campo operatorio en una sala de cirugía.

Fuente: Conicet.

**Iluminación interior**

Teniendo en cuenta los parámetros aclarados anteriormente, se determinó el número de lámparas necesarias para la correcta iluminación en el trabajo. Para ello, se utilizó la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} \text{ de lámparas} = \frac{E * S}{F_m * F_u * I_i}$$

*Donde:*

*E: nivel de iluminación (lux)*

*S: superficie del sector a iluminar (m<sup>2</sup>)*

*F<sub>m</sub>: factor de mantenimiento*

*F<sub>u</sub>: factor de utilización*

*I<sub>i</sub>: flujo luminoso de la lámpara (lumen)*

El factor de mantenimiento (F<sub>m</sub>) está relacionado con el ensuciamiento de la iluminación, lo cual se ve reflejado en una disminución de la intensidad de iluminación. Este factor, se designa según los diversos sectores de las empresas siendo:

- 90% para lugares donde hay baja polución en luminarias de interior
- 70% para luminarias de exterior.



## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

El factor de utilización ( $F_u$ ) nos da el rendimiento de las luminarias ubicadas en los sectores analizados, y se obtiene una vez obtenido el índice del local ( $K$ ), mediante la siguiente Ecuación. Con ese dato y la Figura 13.9 ofrecida por el fabricante, se calcula  $F_u$ .

$$K = \frac{a * b}{h * (a + b)}$$

Donde

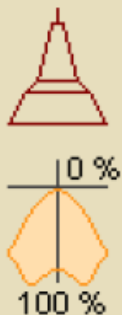
$K$ : índice del local

$a$ : largo de la superficie (m)

$b$ : ancho de la superficie (m)

$h$ : altura de las lámparas (m)

También, se debe conocer, el nivel de reflectancia de las paredes y el techo. Para ello, se adopta un factor de reflexión de 0,5 para techo y 0,5 para las paredes, considerando que serán de un color claro.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización ( $\eta$ )												
		Factor de reflexión del techo												
		0.8			0.7			0.5			0.3			0
		Factor de reflexión de las paredes												
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0	
	0.6	.66	.62	.60	.66	.62	.60	.65	.62	.59	.62	.59	.58	
	0.8	.75	.71	.68	.75	.71	.68	.74	.71	.68	.70	.68	.67	
	1.0	.80	.76	.73	.80	.76	.73	.79	.76	.73	.76	.73	.72	
	1.25	.85	.81	.80	.85	.81	.80	.84	.81	.78	.80	.78	.77	
	1.5	.88	.86	.82	.88	.85	.82	.88	.84	.82	.84	.82	.81	
	2.0	.94	.90	.88	.93	.90	.88	.92	.89	.87	.88	.87	.85	
	2.5	.96	.93	.92	.96	.93	.91	.94	.92	.90	.91	.89	.88	
	3.0	.99	.95	.94	.98	.95	.93	.96	.94	.92	.93	.91	.89	
	$D_{max} = 0.7 H_m$	4.0	1.01	.99	.96	1.00	.98	.96	.98	.97	.95	.95	.94	.92
	$f_m$ .70 .75 .80	5.0	1.02	1.01	.99	1.01	1.00	.98	1.00	.98	.97	.97	.96	.94

$H_m$ : altura luminaria-plano de trabajo

Figura 13-9 Tabla para cálculo de  $F_u$ .  
Fuente: Megaman

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Tabla 13-2 Lámparas interiores requeridas por metro cuadrado.

Sector	E [lx]	S [m <sup>2</sup> ]	K	F <sub>u</sub>	F <sub>m</sub>	l <sub>i</sub> [lm]	N° de lámparas calculadas	N° de lámparas adoptadas
Comedor	100	100	1,67	0,92	0,9	1750	6,9	7
Baño	100	100	1,67	0,92	0,9	1750	6,9	7
Depósitos	50	100	1	0,79	0,9	1750	4,01	4
Laboratorio	200	60	1,25	0,84	0,9	1750	9,07	10
Mantenimiento	200	60	1,25	0,84	0,9	1750	9,07	10
Oficina supervisor	200	10	0,57	0,65	0,9	1750	1,95	2
Administración	200	213	2,18	0,94	0,9	1750	28,77	29
Portería	200	10	0,57	0,65	0,9	1750	1,95	2
Producción	200	4833	2,16	0,94	0,9	1750	652,9	653
<b>Total luminaria interna</b>								<b>724</b>

Fuente: Elaboración propia.

El modelo de lampara adoptado es de la marca Megaman, modelo T8 18W G13 4000K, el mismo tiene una vida útil de 40.000 h y es reconocido por su aplicación en este tipo de proyecto.

### Iluminación exterior

Las instalaciones que se encuentran al aire libre, junto con las vías de circulación y estacionamientos, deberán contener proyectores de exterior de la marca Artelum, modelo DAN apto para intemperie construido en aluminio con cierre de vidrio templado.

Se utiliza el siguiente método para determinar la cantidad de reflectores a incorporar. Primero se calcula el flujo luminoso total ( $\Phi$ ), con la siguiente ecuación:

$$\Phi = \frac{N_i * S}{K}$$

Donde

$N_i$ : nivel de iluminación deseado

$S$ : superficie a iluminar

$K$ : coeficiente de utilización

Tomando como pérdidas de flujo luminoso por condiciones ambientales, se adopta un valor de K entre 0,20 y 0,35. Una vez que se tiene el valor de la ecuación anterior, se procede a la al cálculo para obtener la cantidad de reflectores por cada zona, expresado en la Tabla 13.3

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

$$N_{reflectores} = \frac{\Phi}{\Phi_i}$$

Donde

$\Phi_i$ : flujo de cada luminaria

Tabla 13-3 Iluminación exterior requerida por metro cuadrado.

Sector	Nivel de iluminación	S [m <sup>2</sup> ]	$\Phi_i$ [lm]	Número de reflectores
Estacionamiento	50	500	5000	19
Almacenamiento	50	3400	5000	124
Parque	50	20000	5000	585
<b>Total luminaria externa</b>				728

Fuente: Elaboración propia.

### Consumo por iluminación

En la Tabla 13.4 se pueden observar los consumos diarios y anuales de las luminarias en cada uno de los sectores.

Tabla 13-4 Consumo total por iluminación.

Tipo de iluminación	Nº de Lámparas	Potencia [kW]	Frecuencia [h/día]	Consumo diario [kWh/día]	Consumo anual [kWh/año]
Interior	724	0,018	10	130,32	45612
Exterior	728	0,07	12	611,52	214032
<b>Consumo total</b>				741,84	259644

Fuente: Elaboración propia.

### 13.3.2 Cálculo de la fuerza motriz

En la Tabla 13.5 se detallan los consumos de potencia de cada equipo por día y por año, considerando las horas de funcionamiento en un ciclo de producción de 350 días.

Tabla 13-5 Cálculo de fuerza motriz.

Equipo	Potencia [kW]	Funcionamiento [h/día]	Consumo diario [kWh/día]	Consumo anual [kWh/año]
--------	---------------	------------------------	--------------------------	-------------------------

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

T-1	5,52	24	132,48	46368
ME-1	14,72	24	353,28	123648
M-1	74,04	24	1776,99	621949,44
ME-2	44,16	24	1059,84	370944
M-2	88,83	24	2132,04	746215,68
C1	18,25	24	438,06	153323,52
C2	54,32	24	1303,6	456261,12
R-1	11,04	24	264,96	92736
T-2	9,2	24	220,8	77280
C-3	54,32	24	1303,6	456261,12
M-3	29,6	24	710,10	248532,48
T-3	184	24	4416	1545600
C-4	18,25	24	438,06	153323,52
CA-1	77	24	1848	646800
P-1	1,47	24	35,33	12364,8
P-2	0,74	24	17,66	6182,4
P-3	0,74	24	17,66	6182,4
P-4	0,74	24	17,66	6182,4
P-5	2,2	24	52,99	18547,2
P-6	1,47	24	35,33	12364,8
P-7	2,2	24	52,99	18547,2
P-8	1,47	24	35,33	12364,8
P-9	3,94	24	94,68	33137,66
P-10	1,1	24	24,49	9273,6
P-11	0,74	24	17,66	6182,4
P-12	1,47	24	35,33	12364,8
P-13	1,1	24	24,49	9273,6
P-14	0,44	24	10,6	3709,44
P-15	0,83	24	19,96	6986,11
P-16	0,44	24	10,6	3709,44
P-17	2,2	24	52,99	18547,2
P-18	0,74	24	17,66	6182,4
P-19	0,55	24	13,24	4636,8
P-20	0,37	24	8,83	3091,2

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

P-21	1,47	24	35,33	12364,8
P-22	1,47	24	35,33	12364,8
P-23	0,37	24	8,83	3091,2
P-24	2,2	24	52,99	18547,2
P-25	0,55	24	13,24	4636,8
P-26	2,2	24	52,99	18547,2
P-27	0,44	24	10,6	3709,44
<b>Potencia total</b>	<b>716,9</b>	<b>Consumo diario y anual total</b>	<b>17202,6</b>	<b>6022334,97</b>

Fuente: Elaboración propia.



# CAPITULO 14

## HIGIENE Y SEGURIDAD

## **14 Higiene y seguridad**

### **14.1 Marco legal**

La higiene Industrial es la disciplina preventiva que estudia las condiciones del medio ambiente de trabajo, identificando, evaluando y controlando los contaminantes de origen laboral. Para evitar que se produzca un daño a la salud. Puede definirse como la técnica no médica de prevención de enfermedades profesionales. Las actividades productivas en general utilizan para su producción sustancias químicas, biológicas y/o energía (físicas). Al someterlas a procesos de manufacturado estas expulsan subproductos y residuos al medio ambiente laboral, que en muchos casos son tóxicos para los trabajadores. Para minimizar estos riesgos o eliminarlos interviene la Higiene Industrial, mediante técnicas que les permitan identificar los agentes presentes en dicho medio ambiente, conocer el modo en el que están emergiendo, su concentración en el aire y su toxicidad. Un medio ambiente insano es un potencial daño para la salud de los trabajadores, que mantenido en el tiempo va a producir enfermedades relacionadas con el trabajo (que podrán ser en realidad Enfermedades Profesionales) en los trabajadores, y efectos sobre el medio ambiente circundante a la empresa y los vecinos de la zona.

El perfil dedicado a la prevención de riesgos y enfermedades laborales de la planta productora de almidón acetilado se basa en el panorama legislativo vigente en Argentina según indica el Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social en su última actualización del mes de abril de 2021:

- Ley (Decreto Ley) 19.587/1972 de Higiene y Seguridad en el Trabajo (B.O. 28/04/1972).
- Decreto 351/1979: Reglamentación de la Ley 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo. Derógase el Decreto 4160/73. (B.O. 22/5/1979).
- Ley 24.557 sobre Riesgos del Trabajo. (B.O. 04/10/1995).
- Ley 26.773: Régimen de ordenamiento de la reparación de los daños derivados de los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales. (B.O. 26/10/2012).
- Ley 27.348 Complementaria de la Ley sobre Riesgos del Trabajo. (B.O. 24/02/2017).

### **14.2 Higiene y seguridad en el establecimiento**

#### **14.2.1 Sanidad industrial**

Mientras la higiene es un principio que se aplica a las personas, la sanidad industrial se aplica a los equipos, las instalaciones y los locales usados en la producción. Es muy importante tener en cuenta diversas normas que permitan adecuar las instalaciones a condiciones de sanidad

## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

industrial que aseguren un funcionamiento conveniente del proceso. Estas normas son igualmente válidas, para pequeñas, medianas y grandes empresas (Moreno, 1993).

Cuando se habla de saneamiento en la industria alimentaria se incluye dos conceptos claves: limpieza y sanitización o desinfección. El término limpieza refiere a la reducción de restos de alimentos, suciedad, tierra, grasa u otro agente contaminante, mientras que la sanitización es la reducción del número de microorganismos en ese medio ambiente, por medio de agentes químicos y/o métodos físicos a un nivel que no comprometa la inocuidad o la aptitud del alimento. Para la primera operación se requiere productos detergentes y para la segunda productos sanitizantes o desinfectantes cuyos principios activos variarán de acuerdo con el tipo de matriz alimenticia, suciedad o residuo propio de la actividad que se desarrolla. La efectividad de los procedimientos de saneamiento son mandatorios para el logro de la inocuidad en la cadena de alimentos (Espinosa, y otros, 2020).

### **Pabellón sanitario**

El filtro sanitario se refiere a una barrera donde se busca minimizar el ingreso de contaminantes del exterior a las diferentes áreas de proceso. Dada su importancia en la legislación sanitaria se cuenta con artículos específicos que hacen énfasis en su adecuado diseño y dotación. Si se va a realizar alguna adecuación o un nuevo diseño se debe pensar en los siguientes aspectos:

- Flujo adecuado: se refiere a que las actividades se desarrollen de forma secuencial evitando una re contaminación. Un flujo adecuado puede ser: al ingreso, se debe contar con lavado de botas, seguido del lavado de manos y luego hacer uso del delantal. Si alguno de estos pasos está en la secuencia incorrecta, esto será un punto a corregir.
- Ubicación de delantales: En los filtros se debe ubicar el lavado de delantales y los sitios para su colgado, lo cual debe estar indicado claramente de manera que sea obvio que el flujo de salida corresponde e incluye: Lavado de delantales, colgado y lavado de manos.
- Tamaño y cantidad suficiente: se debe pensar en el número de personas que ingresan a determinadas horas, ya que se busca que todos hagan uso del filtro apropiadamente y además que no se generen retrasos para iniciar los procesos.

El filtro deberá contar con los siguientes insumos:

- Agua, jabón o gel antibacterial (base alcohol mayor al 70%).
- Solución clorada para mantenerlo limpio y desinfectado.



## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

- Pañuelos desechables
- Bote de basura con tapa y accionamiento a pedal para los desechos (se deberá evitar la acumulación de los desechos)
- Termómetro infrarrojo o tiras plásticas

Y con los siguientes Elementos de Protección Personal (EPP) que se debe proporcionar para el filtro sanitario:

- Bata descartable.
- Mascarilla quirúrgica.
- Cofia.
- Guantes.

### **Botiquín de primeros auxilios**

Según el Ministerio de Salud – Sección primeros auxilios, el botiquín (Figura 14,1) es una aplicación del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo en el sentido que funciona de manera asistencial en caso de accidentes laborales. Su ubicación en el lugar de trabajo dependerá de la garantía que la prestación de los primeros auxilios pueda realizarse con la rapidez que requiera el tipo de daño previsible. Es importante tener en cuenta que el botiquín debe situarse en un sitio seco, fresco, lejos del alcance de los niños y protegido de la luz para evitar que se pueda alterar las características y propiedades de sus elementos (agua oxigenada, alcohol, etc.). Los elementos tienen que mantenerse en buen estado, deben controlarse sus fechas de vencimiento y reponerse periódicamente. Existen dos tipos de botiquín: los fijos, que están instalados dentro de armarios y cajones, y los portátiles, en bolsos y maletines, esto por la necesidad de trasladarlo al lugar del accidente.



Fig. 14-1 Botiquín.  
Fuente: Google imágenes.

## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Todo botiquín al menos debe contar con los siguientes materiales:

- **Material de cura**
  - Algodón (no utilizarlo en heridas abiertas, porque las fibras pueden ocasionar infecciones).
  - Gasas y vendas estériles de 7 y 10 cm de ancho para limpiar heridas y detener hemorragias.
  - Esparadrapo hipoalergénico
  - Apósitos adhesivos para limpiar y cubrir heridas abiertas.
  - Antisépticos y desinfectantes (agua oxigenada, jabón desinfectante, etc.).
  - Cinta adhesiva para fijar gasas o vendajes.
- **Accesorios**
  - Tijeras con punta roma para cortar gasas, vendas o la ropa de la víctima.
  - Pinzas
  - Guantes descartables de látex para no contaminar heridas y para seguridad de la persona que asiste a la víctima.

Es muy importante que el botiquín no incluya medicamentos, para no favorecer la automedicación.

### **Duchas y lavaojos**

La utilización de sustancias químicas de diferente peligrosidad y toxicidad, en las tareas diarias realizadas en la industria, implican situaciones de riesgo. Los posibles incidentes o accidentes producidos, pueden ser controlados de una manera rápida y eficaz si se dispone de elementos adecuados, y si el personal posee la formación adecuada para actuar en esas situaciones. (UNL, 2018)

El Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos (RD 379/2001 modificado por el RD 105/22010) establece una serie de medidas de seguridad obligatorias en las instalaciones de almacenamiento.

Entre ellas indica: "Se instalarán duchas y lavaojos en las inmediaciones de los lugares de trabajo, fundamentalmente en las áreas de carga y descarga, llenado y bidones, bombas y puntos de muestra. Las duchas y lavaojos no distarán más de 10 m de los puestos de trabajo indicados y estarán libres de obstáculos y debidamente señalizadas" (Denios, 2013).

Por definición, las duchas de seguridad, Figura 14.2, constituyen el sistema de emergencia habitual para los casos de proyecciones de sustancias peligrosas sobre el cuerpo de las personas, con riesgo de contaminación o quemadura química. Mientras que, los lavaojos Figura 14.2, permiten la descontaminación rápida y eficaz de los ojos afectados por la salpicadura o el derrame de un producto peligroso.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

Formas de uso:

- Ducha (cuerpo)

Tire la palanca de accionamiento de la ducha de emergencia.

Mientras está debajo del agua, quítese la ropa, zapatos y accesorios.

Lave el contaminante que haya entrado en contacto con el cuerpo.

Permanezca debajo del agua durante 20 minutos como mínimo, mientras se consigue ayuda médica.

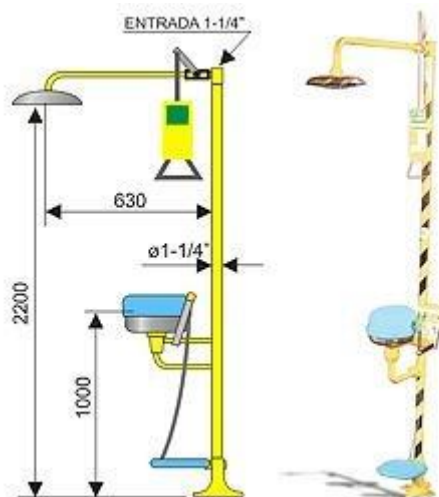


Fig. 14-2 Duchas y Lavaojos.  
Fuente: Faru.

- Lavaojos

Active con la mano la palanca de accionamiento de la válvula del lavajojos o con el pie si está equipada con pedal de accionamiento.

Abra sus ojos con la ayuda de los dedos de sus manos. Se debe forzar la apertura de los párpados para asegurar el lavado detrás de los mismos.

Enjuague durante 20 minutos como mínimo mientras se consigue ayuda médica.

El agua o la solución ocular no se debe aplicar directamente sobre el globo ocular, sino a la base de la nariz, esto hace que sea más efectivo el lavado de los ojos, extrayendo las sustancias químicas (los chorros potentes de agua pueden volver a introducir partículas en los ojos).

Hay que asegurarse de lavar desde la nariz hacia las orejas; ello evitará que penetren sustancias químicas en el ojo que no está afectado. Después del lavado, es conveniente cubrir ambos ojos con una gasa limpia o estéril. Se debe acudir al médico.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

En caso de utilizar lentes de contacto, los mismos deben extraerse lo más pronto posible para lavar los ojos y eliminar totalmente las sustancias químicas peligrosas. Es recomendable no usar lentes de contacto (UNL, 2018).

### **Equipamiento de sanidad en los vestuarios**

El vestuario, Figura 14.3, en una empresa de alimentación no es únicamente un espacio que favorece la movilidad y organización de los empleados, sino que también ha de cumplir con objetivos más ambiciosos de los departamentos de Calidad y Prevención de Riesgos laborales de la industria, sujetos a una normativa férrea que han de cumplir.

Los vestuarios deben estar ubicados de forma que, desde el exterior, el personal acceda a ellos antes que a las demás zonas de la industria. Si el proceso productivo así lo requiere, los vestuarios y servicios serán independientes y exclusivos para la zona sucia y limpia, y existirán compartimientos separados para la ropa de calle y trabajo, también deben estar debidamente aislados de las dependencias de trabajo, dotados de puertas con dispositivos de cierre mecánico. El número de inodoros y lavabos se establecerá según el número de empleados de la empresa, los inodoros no comunicarán directamente con las salas donde se manipulen alimentos y dispondrán de ventilación natural o mecánica debiendo evitarse las corrientes de aires mecanizadas hacia las zonas limpias. Los lavabos dispondrán de agua corriente fría y caliente, así como de material de limpieza y secado higiénico.

Los vestuarios estarán separados por sexo y bien ventilados, dispondrán de casillero o taquillas individuales, de preferencias metálicos, cuya parte superior debe estar en pendiente (aproximadamente 45°) y elevados del suelo. (Grocín Hernández, 2012)



Fig. 14-3 Sanidad en los vestuarios.  
Fuente: Google imágenes.

### **Sala de primeros auxilios**

Para la instalación de una sala de Primeros Auxilios como se adjunta de forma ilustrativa en la Figura 14.4, el lugar debe disponer de un espacio adecuado y exclusivo para ella, de lo contrario, la organización debe gestionarlo, por ejemplo, con instalación de carpas o toldos

## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

cubiertos. En todas las opciones se debe dividir el lugar en un espacio de recepción y un espacio de atención, con separadores de ambiente (biombo o cortinas) en caso de existir más de un box, y además, en el lugar de atención se debe disponer de camillas para la atención, con sus respectivas colchonetas y sabanillas (género o papel).

Debe ser un lugar higienizado y limpio e idealmente en el interior debe existir un punto de agua potable, con su correspondiente lavamanos o lavadero, o bien, a no más de 20 metros. Las dimensiones del espacio dependerán de la cantidad de personal de la empresa, siendo un mínimo de 9 m<sup>2</sup>.

En cuanto al personal médico, debe contar con implementos mínimos para ejercer su función (estetoscopio, esfigmómetro, linterna); con un mobiliario mínimo (sillas, escritorio, estante o mueble para medicamentos); disponer de una camilla para transporte de enfermos.; disponer de un vehículo para emergencias las 24 horas.

Se sugiere mantener de manera constante y actualizada, los siguientes materiales:

Se recomienda en un botiquín:

- Suero fisiológico
- Bicarbonato de sodio común.
- Analgésicos.
- Alcohol para limpieza de superficies y desinfección de materiales
- Azúcar
- Apósitos estériles y algodón.
- Tela adhesiva
- Parches curita
- Gasa esterilizada
- Tijeras punta roma
- Jabón gel antiséptico
- Guantes de procedimiento
- Pinzas comunes
- Tablillas de cartón o madera para inmovilizar
- Vendajes en triangulo
- Alfileres de gancho

Del mismo modo, es importante mantener las fichas de salud de manera ordenada, archivadas y a la vista, con las indicaciones médicas de cada usuario y con los medicamentos que han sido indicados como imprescindibles. (JUNAEB, 2019)

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022



Fig. 14-4 Sala de primeros auxilios.  
Fuente: Google imágenes.

### **Distribución de surtidores de agua potable**

Según Título III: Características Constructivas de los Establecimientos, Capítulo 6: Provisión de Agua Potable, Artículo 57. — Todo establecimiento deberá contar con provisión y reserva de agua para uso humano.

La industria deberá poseer análisis de las aguas que utiliza, sea obtenida dentro de su planta o traídas de otros lugares, los que serán realizados por dependencias oficiales. En los casos en que no se cuente con los laboratorios oficiales, podrán efectuarse en laboratorios privados. Dicho análisis, se debe hacer en base a lo establecido en el artículo 58 e incluir otros parámetros que por cuestiones de regulaciones locales, municipales o provinciales se exige, además, si se habla de la cocina, debe cumplir con la calidad de agua establecido en el Código Alimentario Argentino.

Los puntos estratégicos para la distribución de dispenser de agua potable, Figura 14.5 por la general son: cocina, comedor, vestuario, y sistemas de provisión de agua en distintas zonas de trabajo.

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022



Fig. 14-5 Dispenser de agua potable.  
Fuente: Google imágenes.

## 14.2.2 Medicina del trabajo

Según la Ley de higiene y seguridad en el trabajo 19.587- Artículo 9, es obligación del gerente de planta junto al departamento de RRHH solicitar exámenes pre ocupacionales y de revisión periódica del personal registrando sus resultados en el respectivo legajo de salud. Mientras que, el Artículo 10 obliga al trabajador a someterse a dichos exámenes sin abstenciones. (Allende, 2019)

Los exámenes básicos suelen realizarse de forma anual, incluyendo:

- Laboratorio: citológico, glucemia, uremia, orina, eritrosedimentación.
- Electrocardiograma.
- Radiografía de tórax.
- Examen clínico completo, con declaración jurada de salud.
- Carnet de vacunación completo.

Por otro lado, de acuerdo al puesto y riesgo laboral, el empleador puede solicitar la realización de exámenes complementarios tales como:

- Radiografía de Columna lumbosacra (en caso de trabajos con esfuerzo).
- Radiografía de Columna Cervical (en caso de trabajos con esfuerzo).
- Audiometría (en caso de exposición a ruidos).
- Dosaje de sangre u orina (en caso de contacto con sustancias contaminantes).
- Laringoscopia (en caso de tareas que requieren forzar la voz).
- Examen psicotécnico.

### **14.2.3 Instalaciones eléctricas**

Las instalaciones eléctricas, equipos y conexiones de la planta de producción se encuentran detallada en el Capítulo 13 correspondiente a Instalaciones Eléctricas. Allí se encuentran las medidas que se tuvieron en cuenta en lo que respecta a la higiene y seguridad de la planta al momento de hacer este tipo de instalaciones con fundamento en el decreto 351/79 de la Ley 19.587, el cual fija las disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de las y los trabajadores frente a las instalaciones eléctricas de los lugares de trabajo.

### **14.2.4 Ventilación**

Las ubicación y cantidad de extractores, puertas, ventanas, etc. se detallan en el Capítulo 12 correspondiente a Obras Civiles. Allí se tuvo en cuenta la descripción detallada de los edificios involucrados en la industria de almidón acetilado.

### **14.2.5 Seguridad contra incendios**

Las instalaciones normalmente se dividen en dos campos bien definidos, instalaciones de detección de incendios e instalaciones de control y extinción de incendio.

En primera instancia, la detección temprana de un foco de incendio se realiza con las instalaciones destinadas a detectar los mismos. Éstas se componen de distintos tipos de sensores que analizan el aire y distinguen las impurezas que lo contaminan en forma precoz y anticipada al desarrollo de un incendio, dando aviso de este evento por medio de señales acústicas y luminosas a los ocupantes del lugar y de manera local o remota a otros lugares. Previenen ante un posible siniestro y permiten una evacuación ordenada o un aviso temprano de lo ocurrido por medio de sistemas de audio evacuación, utilizados en los lugares con grandes cantidades de gente, y permiten conducir y guiar a los ocupantes en la evacuación del edificio. También se utilizan en combinación para activar sistemas de extinción de incendio en forma automática, cuando el sistema detecta situaciones que aseguran la existencia de incendio, por medio de su configuración. A continuación, se detallan los sistemas de detección temprana y sus características más relevantes:

- Detectores de humo (Figura 14.6): Estos elementos detectan el fuego en las primeras etapas y existen dos principios de activación fundamentales: de tipo cámara de ionización (éstos son detectores especialmente sensibles, pero actualmente están en desuso) y de tipo óptico (se trata de detectores normalmente basados en células fotoeléctricas que, al oscurecerse por el humo o iluminarse por reflexión de luz en las partículas del humo, se activan originándose una señal eléctrica).



## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022



Fig. 14-6 Detector de humo.  
Fuente: Google imágenes.

- Detectores de temperatura (Figura 14.7): Estos tipos son los menos sensibles (última etapa del desarrollo del fuego), aunque generalmente tienen una mayor resistencia a las condiciones medioambientales. Se clasifican en: detectores térmicos (se activan al alcanzarse una determinada temperatura fija en el ambiente); detectores termovelocimétricos (se activan cuando se detecta que la temperatura ambiente se incrementa rápidamente. Estos sensores son más adecuados cuando la temperatura ambiente es baja o varía lentamente en condiciones normales) y cable sensor de temperatura (el cable sensor se basa en un sistema de detección lineal de calor de respuesta rápida, capaz de detectar el calor en toda la longitud de un cable sensor de fibra óptica).



Fig. 14-7 Detector de temperatura.  
Fuente: Google imágenes.

- Detectores de CO (Figura 14.8): El monóxido de carbono es un gas mortal que puede ser liberado en tu casa a través de calefacción y equipos de refrigeración defectuosos. Es inodoro e indetectable a los seres humanos. Pueden ponerse solos o combinados con otros detectores.

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022



Fig. 14-8 Detector de CO.  
Fuente: Google imágenes.

- Centrales Análogas (Figura 14.9): En estos tipos de sistemas los detectores se convierten en “sensores” que transmiten, además de su dirección al panel de control, la información correspondiente a cuánto humo o calor está registrando. Una vez programado el panel de control, éste tomará la decisión de dar la alarma en base a la información recibida, cuando ésta no concuerde con los valores parametrizados.



Fig. 14-9 Centrales análogas.  
Fuente: Google imágenes.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

La segunda etapa es la reacción de los sistemas instalados para control de incendios, que es la extinción. Ésta puede ser por sistemas que descarguen agentes extintores, gases para tal efecto o redes de agua diseñadas para el combate del fuego (OyP, 2015).

Básicamente, se puede decir que un combustible es toda sustancia que, bajo ciertas condiciones, resulta capaz de arder. Para la seguridad contra incendios de la planta en cuestión, es necesario que se conozcan las siguientes definiciones básicas.

- **Combustibles**

Combustibles sólidos: los materiales sólidos más combustibles son de naturaleza celulósica. Cuando el material se halla subdividido, el peligro de iniciación y/o propagación de un incendio es mucho más grande. En el presente proyecto forman parte de esta clasificación: almidón nativo, almidón acetilado, afrechillo de arroz, principalmente.

Combustibles líquidos: los líquidos inflamables son muy usados en distintas actividades, y su empleo negligente o inadecuado provoca muchos incendios. Los líquidos no arden, los que lo hacen son los vapores que se desprenden de ellos. Tales vapores son, por lo general, más pesados que el aire, y pueden entrar en ignición a considerable distancia de la fuente de emisión. La variedad de líquidos inflamables utilizados actualmente en distintas actividades es muy grande. Los combustibles líquidos más pesados -como los aceites- no arden a temperaturas ordinarias, pero cuando se los calienta, desprenden vapores que, en forma progresiva, favorecen la posibilidad de la combustión, cuya concreción se logra a una temperatura suficientemente alta. Son ejemplos de este tipo: anhídrido acético, ácido clorhídrico, hidróxido de sodio, principalmente.

Combustibles gaseosos: los gases inflamables arden en una atmósfera de aire o de oxígeno. Sin embargo, un gas no inflamable como el cloro puede entrar en ignición en un ambiente de hidrógeno. Inversamente, un gas inflamable no arde en medio de una atmósfera de anhídrido carbónico o de nitrógeno. Existen dos clases de gases no combustibles: los que actúan como comburentes (que posibilitan la combustión) y los que tienden a suprimirla. Los gases comburentes contienen distintas proporciones de oxígeno, y los que suprimen la combustión reciben el nombre de gases inertes (Strucplan, 2010).

- **Clases de fuegos:**

Clase A (Figura 14.10): Fuegos que se desarrollan sobre combustibles sólidos. Ejemplos: madera, tela, goma, papel, plástico termoendurecibles, etc. De acuerdo a su magnitud podrá ser atacado con baldes de aguas, matafuegos provistos de agua vaporizada o polvo químico seco, o mangueras.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022



Fig. 14-10 Matafuego Clase A.  
Fuente: Google imágenes.

Clase B (Figura 14.11): Fuegos sobre líquidos inflamables, grasa, pinturas, ceras, grasa, asfalto, aceites, plásticos termo fusible, etc. En estos casos es necesario actuar con un matafuego que lance espuma o anhídrido carbónico. El agua solo es eficaz lanzada con una adecuada presión.



Fig. 14-11 Matafuego Clase B.  
Fuente: Google imágenes.

Clase C (Figura 14.12): Fuegos sobre materiales, instalaciones o equipos sometidos a la acción de la corriente eléctrica. Ejemplos: motores, transformadores, cables, tableros, interruptores, etc. El agua, como se sabe es conductora y expone a quienes la utilicen en estos casos a una descarga eléctrica. Por lo tanto, los extintores de este tipo están provistos de gas carbónico o halón.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*



Fig. 14-12 Matafuego Clase C.  
Fuente: Google imágenes.

Clase D (Figura 14.13): Fuegos sobre metales combustibles: Ejemplos: magnesio, titanio, potasio, sodio, circonio, uranio, etc. La acción del matafuego puede tener un efecto contraproducente sino es el adecuado provisto de cloruro de sodio. Eventualmente, la utilización de arena o tierra es efectiva (Strucplan, 2010).



Fig. 14-13 Matafuego Clase D.  
Fuente: Google imágenes.

- Tipos de fuego

Desde el punto de vista de la forma en que se exteriorizan, los fuegos pueden ser tipificados en dos grupos a saber:

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

De superficie o sin llamas (Figura 14.14): este tipo de fuego también recibe el nombre de brasa, superficie al rojo, incandescencia, rescoldo, etc., su característica fundamental es la ausencia de llamas.



Fig. 14-14 Fuego de superficie o sin llamas.  
Fuente: Google imágenes.

De llamas (Figura 14.15): son la evidencia directa de la combustión de gases o vapores de líquidos inflamables que a su vez pueden ser luminosas y no luminosas (Strucplan, 2010).



Fig. 14-15 Fuego de llamas.  
Fuente: Google imágenes.

En la Figura 14.16 se adjunta una tabla de doble entrada en función a la clase de fuego y el tipo de matafuego que se debe utilizar.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

CLASES DE FUEGOS		AGENTES EXTINTORES								
		AGUA	AFFF	CO2	POLVO ABC	POLVO BC	HCFC 123	POLVO D	AGUA VAPORIZADA	ACETATO DE POTASIO
	Materiales que producen brasas (madera, papel, cartón y otros).	<b>SI</b> Acción de enfriamiento	<b>SI</b> Enfría y sofoca	<b>NO</b> No apaga fuegos profundos	<b>SI</b> Se funde sobre los elementos	<b>NO</b> No es específico para este uso	<b>SI</b> Absorbe el calor	<b>NO</b> No es específico para este uso	<b>SI</b> Absorbe el calor	<b>SI</b> Absorbe el calor
	Líquidos inflamables (naftas, alcoholes, y otros).	<b>NO</b> Esparce el combustible	<b>SI</b> Sofoca por medio de película de espumígeno	<b>SI</b> Sofoca por desplazar el oxígeno	<b>SI</b> Rompe la cadena de combustión	<b>SI</b> Rompe la cadena de combustión	<b>SI</b> Rompe la cadena de combustión	<b>NO</b> No es específico para este uso	<b>NO</b> No es específico para este uso	<b>NO</b> No es específico para este uso
	Equipos energizados eléctricamente.	<b>NO</b> Conduce la electricidad	<b>NO</b> Conduce la electricidad	<b>SI</b> No es conductor de la electricidad	<b>SI</b> No es conductor de la electricidad	<b>SI</b> No es conductor de la electricidad	<b>SI</b> No es conductor de la electricidad	<b>NO</b> No es específico para este uso	<b>SI</b> No es conductor de la electricidad	<b>NO</b> Conduce la electricidad
	Metales combustibles (aluminio, magnesio y otros).	<b>NO</b> No es específico para este uso	<b>NO</b> No es específico para este uso	<b>NO</b> No es específico para este uso	<b>NO</b> No es específico para este uso	<b>NO</b> No es específico para este uso	<b>NO</b> No es específico para este uso	<b>SI</b> Es necesario utilizar el polvo adecuado para cada riesgo	<b>NO</b> No es específico para este uso	<b>NO</b> No es específico para este uso

AGENTES EXTINTORES: ■ SI    ■ NO ES RECOMENDABLE    ■ NO - PELIGRO

Fig. 14-16 Clase de fuego y agentes extintores.  
Fuente: Google imágenes.

- Protocolo ante incendio (Bomberos, 2020) (Figura 14,17)
  1. Si puede abandonar el lugar:
    - Abandonar el área de incendio
    - Ayudar a otros, solo si es seguro hacerlo
    - Activar la alarma de incendio
    - Al salir cerrar puertas y ventanas si es posible
    - No usar elevadores
    - Apagar equipos electrónicos
    - Ayudar a extinguir el fuego solo si está autorizado y entrenado para hacerlo
    - Notificar a los servicios de emergencia.
  2. Si no puede abandonar el lugar
    - Informar de su posición desde una ventana
    - Si su cuerpo es alcanzado por las llamas no corra, deténgase, tírese al suelo y de vueltas sobre su cuerpo
    - Tírese al suelo y espere que los vapores se eleven.
  3. En el punto de encuentro
    - Diríjase al punto de reunión
    - Chequear si falta alguien
    - Mantenerse a más de 30 metros del edificio o área de incendio
    - No regresar al lugar.

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022



Fig. 14-17 Protocolo en caso de incendios.  
Fuente: Cuerpo de Bomberos de Gualaceo.

- Ubicación de los matafuegos.

Según Norma IRAM 3517 Parte 1 Sección 6.2.2 en todos los casos debe instalarse como mínimo un matafuego cada 200 m<sup>2</sup> de superficie a ser protegida. La máxima distancia a recorrer hasta el matafuego será de 20 m para fuegos de Clase A y 15 m para fuegos de Clase B. Por la tanto, en la planta perteneciente al presente proyecto será necesario colocar 28 extintores distribuidos entre los 5476 m<sup>2</sup> totales de la planta.

## 14.2.6 Protección personal

Los elementos que son utilizados o sujetados por el trabajador en la industria, para protegerlo de uno o varios riesgos y aumentar su seguridad o el cuidado de la salud en el trabajo, se



**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

denominan Elementos de Protección Personal (EPP) y son indispensables para prevenir accidentes de trabajo y enfermedades profesionales ante la presencia de riesgos específicos que no pueden ser aislados o eliminados. Un EPP es un equipo que protege al usuario del riesgo de accidentes o de efectos adversos para la salud. Puede incluir elementos como cascos de seguridad, guantes, protección de los ojos, prendas de alta visibilidad, calzado de seguridad, arneses de seguridad y equipos de protección respiratoria. El empleador tiene deberes en relación con el suministro y la utilización de los equipos de protección personal (EPP) en el lugar de trabajo - Artículo 16 - Convenio sobre seguridad y salud de los trabajadores, 1981 (núm. 155) (OIT, 2019).

En la planta correspondiente al presente proyecto, se decidió brindarles a los trabajadores de las distintas áreas y departamentos la siguiente vestimenta y EPP detallados en la Tabla 14.1 adjunta.

Tabla 14-1 Elementos de protección personal.

<b>Sector</b>	<b>Departamentos involucrados</b>	<b>EPP y vestimenta</b>
Oficinas	Administración, Ventas y Logística, Compras y RRHH	Uniforme con logo de la empresa que incluye: chomba, pantalón de jean, suéter, zapatos cerrados y campera de abrigo. No se requiere uso de EPP.
Planta	Producción (a excepción de personal de laboratorio), Gerente General, Calidad, Diseño y Desarrollo	Traje aséptico que incluye: remera y pantalón blanco, botas de goma, guantes, bata descartable, mascarilla facial y cofia. En caso de ser necesario: casco, protección auditiva, y gafas.
Laboratorio	Operarios de laboratorio	Traje aséptico que incluye remera y pantalón blanco, delantal y guantes. En caso de ser necesario: mascarilla facial, gafas,

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

		máscara de seguridad para gases y vapores.
Mantenimiento	Mantenimiento	Pantalón cargo, remera de algodón manga corta, buzo, calzado de seguridad, casco, y guantes. En caso de ser necesario: protección contra caídas, faja de protección lumbar, protección auditiva, gafas, y careta protectora para soldar.

Fuente: Elaboración propia.

#### **14.2.7 Manipulación de sustancias químicas**

En esta sección se detallan las propiedades y características de las sustancias involucradas en el proceso productivo, además, se describirá cada sustancia, tanto de proceso como de servicios auxiliares, en el Anexo 2, utilizando las fichas técnicas de datos de seguridad provistas por International Labour Organization – Base de datos ICSC.

Las sustancias utilizadas en el proceso productivo de almidón acetilado por orden alfabético, son:

- Anhídrido acético
- Cloruro de hidrógeno
- Hidróxido de sodio

#### **14.2.8 Seguridad en la señalización de la planta**

Según norma ISO 7010 se entiende por señalización de seguridad y salud en el trabajo una señalización que, referida a un objeto, actividad o situación determinadas, proporcione una indicación o una obligación relativa a la seguridad o la salud en el trabajo mediante una señal en forma de panel.

Una señalización se compone por distintos colores de seguridad a los cuales se les atribuye una significación determinada en relación con la seguridad y salud en el trabajo y un símbolo o pictograma que describe una situación u obliga a un comportamiento determinado.

Las señales de color rojo indican prohibición y presentan las siguientes características:

- Señal de prohibición (Figura 14.18): comportamientos peligrosos
- Peligro-alarma: alto, parada, dispositivos de desconexión de emergencia, evacuación.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

- Material y equipos de lucha contra incendios: identificación y localización.
- Forma redonda
- Pictograma negro sobre fondo blanco
- Bordes y banda (transversal descendente de izquierda a derecha atravesando el pictograma a 45°) de color rojo
- El rojo debe cubrir como mínimo el 35%
- Bordes negros



Fig. 14-18 Señales de prohibición.  
Fuente: Google imágenes.

Las señales de color amarillo indican advertencia y presentan las siguientes características (Figura 14.19):

- Señal de advertencia: atención, precaución, verificación.
- Forma triangular
- Pictograma negro sobre fondo amarillo
- El amarillo debe cubrir como mínimo el 50%
- Bordes negros

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*



Fig. 14-19 Señales de advertencia.  
Fuente: Google imágenes.

Las señales de color azul indican obligación y presentan las siguientes características (Figura 14.20):

- Señal de obligación: comportamiento o acción específica, obligación de utilizar un equipo de protección individual.
- Forma redonda
- Pictograma blanco sobre fondo azul
- El azul debe cubrir como mínimo el 50%

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022



Fig. 14-20 Señales de obligación.  
Fuente: Google imágenes.

Las señales de color verde indican auxilio o evacuación y presentan las siguientes características (Figura 14.20):

- Señal de salvamento o de auxilio: puertas de salida, pasajes, material, puestos de salvamento de socorro, locales, situación de seguridad, vuelta a la normalidad.
- Forma rectangular o cuadrada
- Pictograma blanco sobre fondo verde
- El verde deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

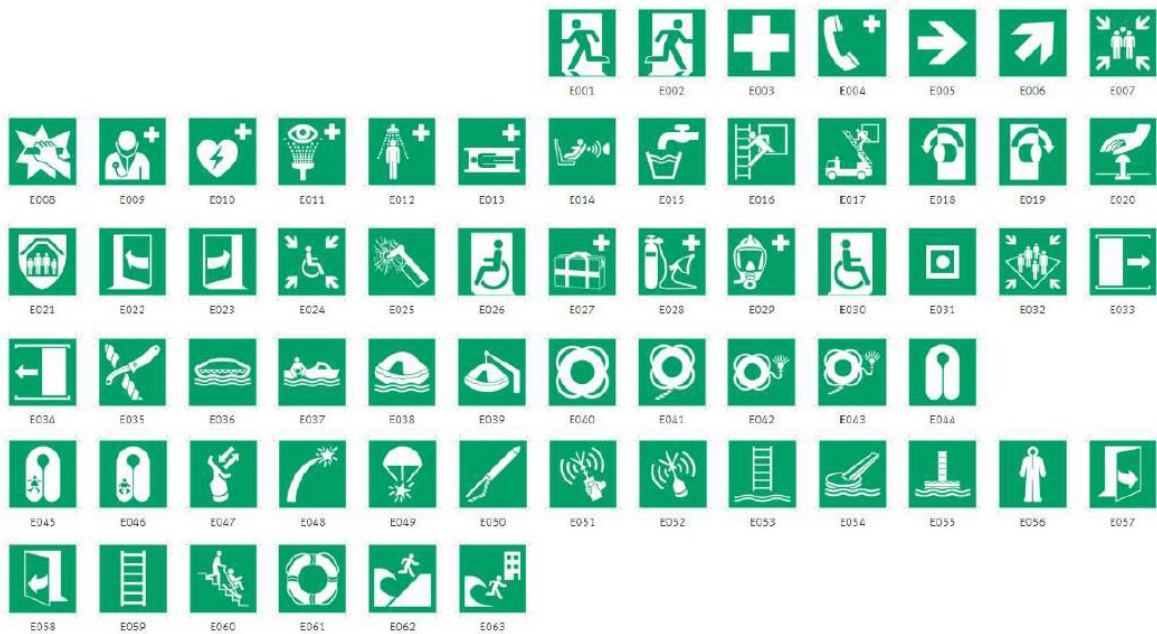


Fig. 14-21 Señales de auxilio o evacuación.  
 Fuente: Google imágenes.

Las señales de equipos de lucha contra incendios poseen las siguientes características (Figura 14.22):

- Forma rectangular o cuadrada
- Pictograma blanco sobre fondo rojo
- El rojo deberá cubrir como mínimo el 50% de la superficie de la señal



Fig. 14-22 Señales contra incendio.  
 Fuente: Google imágenes.

Los colores de fondo están definidos por norma para evitar dificultad en la percepción del color de seguridad, por ello, se utilizará un contraste que enmarque o alterne con el de seguridad, como se visualiza en las Figuras 14.22 (rojo en contraste con blanco), 14.19(amarillo en contraste con negro), 14.20 (azul en contraste con blanco) y 14.21(verde en contraste con blanco).

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Las mínimas señalizaciones que deben colocarse en una industria son las referidas a:

- Riesgos, prohibiciones y obligaciones
- Riesgo de caídas, choques y golpes
- Vías de circulación
- Tuberías, recipientes y áreas de almacenamiento de sustancias y preparados peligrosos
- Equipos de protección contra incendios
- Medios y equipos de salvamento y socorro
- Situaciones de emergencia
- Maniobras peligrosas



# CAPÍTULO 15

## ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL



## **15 Organización industrial**

### **15.1 Introducción**

Una empresa se define como una colectividad integrada por uno o varios grupos sociales que unen sus recursos (producción, tierra, mano de obra, tecnología y capital), en una base común para producir bienes o servicios, mediante un orden normativo, organizado y bien administrado, señalando rangos de autoridad, sistemas de planeación, comunicación, información y control coordinados, con eficiencia, modernidad, productividad, con una existencia relativamente continua en un medio y cuyas actividades se encuentran encaminadas hacia el logro de un fin o misión determinada (Salas Ramirez, 2016).

Para una correcta articulación entre las áreas involucradas, debe existir una administración que defina y estructure los roles que cada uno de los miembros de la organización deben ejecutar. En toda organización hay interacciones, y es la estructura de la misma la que las describe, fijando funciones, relaciones, actividades, jerarquías, etc.

### **15.2 Naturaleza jurídica**

La forma o naturaleza jurídica, es la modalidad legal adoptada por una persona o grupo de personas para llevar a cabo una actividad empresarial, es la identidad legal de la empresa más allá de la identidad de quienes la integran.

Según la Ley de Sociedades Comerciales 19550 de la República Argentina, lo primero que debe determinarse al momento de establecer una empresa de alta envergadura es el tipo societario que se adoptará.

Debido al tamaño del proyecto, anonimato de los socios involucrados, cantidad de recursos humanos, facilidad a la hora de solicitar préstamos, dependencia del socio únicamente por el valor aportado a la sociedad y no con su propio patrimonio, se decidió adoptar el tipo de naturaleza jurídica “Sociedad anónima (S.A.)” que responde a la sección 5 artículos 163-307 de la Ley 19550.

Una sociedad anónima se define como una sociedad mercantil de capital, en la que éste se divide en partes alícuotas denominadas acciones y en la que los socios no responden personalmente de las deudas sociales. El objetivo principal de dicha sociedad será, generalmente, reunir dinero procedente de numerosos inversores para acometer grandes proyectos, que de otra manera no se podrían realizar.

Algunas de las ventajas y desventajas de este tipo societario, según la página web “conceptos jurídicos” son:

#### **15.2.1 Ventajas**

- La responsabilidad frente a los acreedores es limitada, lo que pone a salvo su patrimonio personal en caso de quiebra.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

- La transmisión de las acciones es libre, lo que facilita la incorporación de un amplio número de inversores.
- La Empresa Anónima da una imagen de ser un negocio serio y solvente, lo que facilita la entrada de nuevo capital.

### 15.2.2 Desventajas

- El capital social mínimo exigido es realmente elevado, lo que la hace inaccesible para la mayoría de emprendedores.
- La gestión administrativa está llena de trabas y regímenes jurídicos complejos pensado para grandes empresas y no para el resto.

### 15.3 Estructura organizativa

La estructura organizacional genera orden en una empresa identificando y clasificando las actividades de la empresa, agrupando en divisiones o departamentos, asignando autoridades para la toma de decisiones y seguimiento. Una adecuada estructura organizacional mejora la operación y productividad a través del orden, control y coordinación.

Existen diferentes tipos de organizaciones, en algunas, los cargos directivos o responsables sobresaltan y en otras estos cargos superiores delegan funciones y responsabilidades a mandos intermedios. En la planta productora de almidón acetilado se decidió trabajar en base al modelo de organización jerárquica.

#### 15.3.1 Organización jerárquica

Una organización jerárquica, también llamada estructura organizativa vertical está formada normalmente por un grupo singular y de poder en la parte superior con los niveles posteriores por debajo de ellos como se muestra en la Figura 15.1.

La comunicación en este tipo de organizaciones se lleva a cabo en forma piramidal en ambas direcciones según corresponda. Los más cercano a la parte superior tienen más responsabilidad que los más cercanos a la parte baja.

Según página web “Lexington<sup>1</sup>” algunas de las ventajas y desventajas que posee este tipo de estructura son:

#### Ventajas

- Autoridad: esta estructura no deja lugar a dudas. A medida que se va estrechando la pirámide, los responsables de la empresa van apareciendo con sus funciones claras y

---

<sup>1</sup> <https://www.lexington.es/blog/que-es-estructura-jerarquica-empresa-ventajas-desventajas>

## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

bien definidas, y todo el personal de la organización conoce quién supervisa el trabajo de cada nivel y sobre quién recae la responsabilidad de las decisiones empresariales. En la cúspide, el gerente o máximo representante de la empresa responde por todos los empleados.

- **Especialización:** en organizaciones más grandes, es difícil que unas pocas personas puedan controlar todas las áreas en las que se ve implicada la compañía, por eso la estructura jerárquica de una empresa permite dividir el trabajo en grandes departamentos en los que se vuelve a establecer la estructura piramidal para seguir aprovechando los beneficios de su orden.
- **Promoción:** los trabajadores que forman parte de la estructura jerárquica de una empresa saben perfectamente cuál es el siguiente rango a alcanzar en la organización, con lo que es más fácil mantener alta la motivación del personal.

### **Desventajas**

- **Rigidez:** adaptarse a nuevas necesidades puede ser un proceso lento en las empresas con estructuras jerárquicas. Y es que cuando todas las decisiones recaen sobre una persona o un equipo muy reducido, la agilidad se pierde. Esta rigidez hace que algunas medidas de cambio se demoren y puede provocar que la empresa quede marginada en el frenético mercado actual.
- **Comunicación:** dividir el trabajo en departamentos hace que la comunicación entre los miembros de la empresa no sea del todo fluida y provoca que las preocupaciones de unos sean ajenas a otros y, al contrario.
- **Desunión:** formar grandes departamentos con nuevas estructuras piramidales internas puede hacer que los trabajadores pierdan la conexión con la empresa y empiecen a trabajar buscando el éxito del propio departamento que, en ocasiones, puede no compartir las mismas metas de la organización.

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

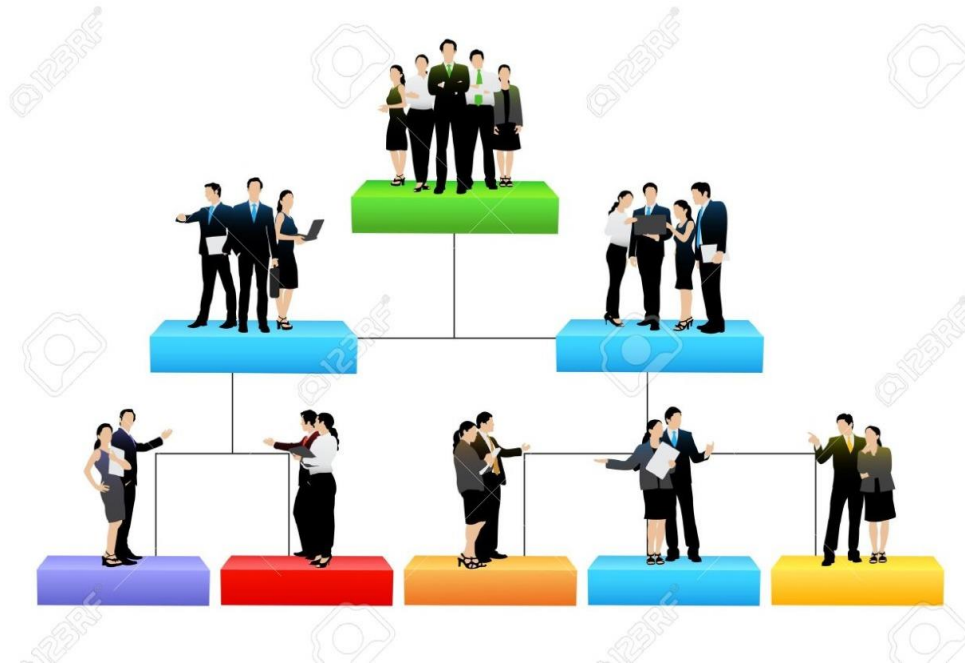


Figura 15-1 Estructura jerárquica.  
Fuente: Google

## 15.4 Organización de la empresa

Siguiendo los lineamientos definidos en el punto 15.3, el organigrama representativo de los departamentos y personal involucrado adoptó la forma piramidal característica de una empresa con estructura jerárquica. El mismo, se presenta en la Figura 15.2 distribuyéndose en 7 departamentos estratégicos: producción, administración, ventas y logística, compras, calidad, diseño y desarrollo, RRHH y mantenimiento.

Los empleados de la empresa pertenecer al Sindicato de Trabajadores de la Industria de la Alimentación (STIA PARANA).

En la Tabla 15.1 se resumió la cantidad de personal requerido, grado de especialización y puesto de trabajo involucrados en cada uno de los departamentos antes menciona

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

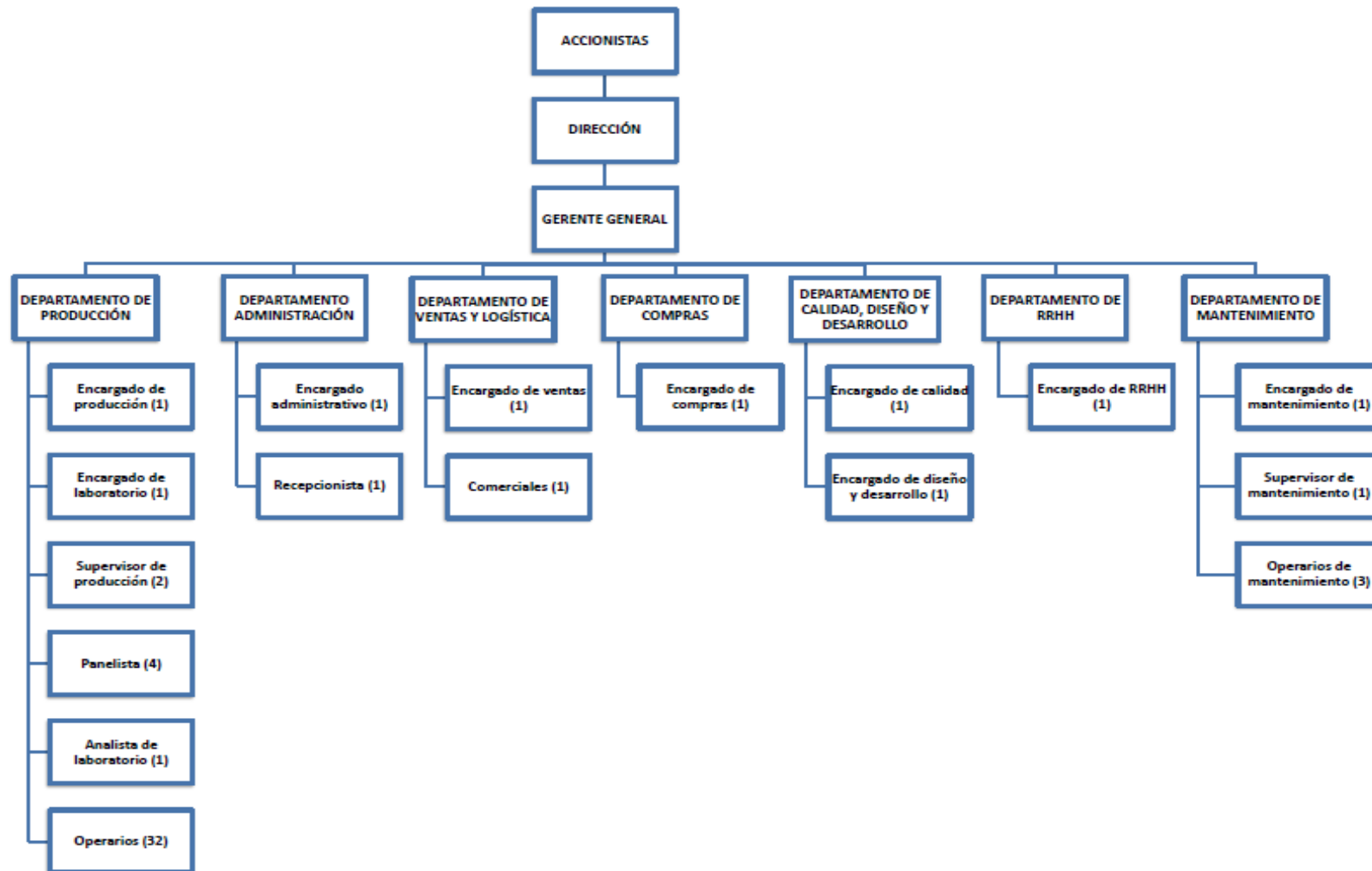


Figura 15-2 Organigrama empresarial.  
Fuente: Elaboración propia.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Tabla 15-1 Personal involucrado por departamento.

DEPARTAMENTO	PUESTO DE TRABAJO	GRADO DE ESPECIALIZACIÓN MÍNIMO	CANTIDAD DE PERSONAL
Gerencia	Gerente general	Ingeniería química, industrial, en alimentos o afines.	1
Producción	Encargado de producción	Ingeniería química, industrial, en alimentos o afines.	1
	Encargado de laboratorio	Técnico universitario en química, en alimentos o afines.	1
	Supervisor de producción	Ingeniería química, industrial, en alimentos o afines.	2
	Panelista	Ingeniería química, mecánica, técnico en electrónica, mecánica, electromecánica o afines.	4
	Analista de laboratorio	Técnico universitario en química, en alimentos o afines.	1
	Operarios	Secundario completo.	32
Administración	Encargado administrativo	Lic. en administración de empresa, contador, lic. en economía	1
	Recepcionista	Secundario completo.	1
Ventas y logística	Encargado de ventas y logística	Lic. en administración de empresa, ingeniería industrial, Lic en logística	1
	Comerciales	Secundario completo.	1
Compras	Encargado de compras	Lic. en administración de empresa, ingeniería industrial.	1

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Calidad, Diseño y Desarrollo	Encargado de calidad	Ingeniería química, industrial, en alimentos o afines.	1
	Encargado de diseño y desarrollo	Ingeniería química, industrial, en alimentos o afines.	1
RRHH	Encargado de RRHH	Lic. En recursos humanos, psicología, psicopedagogía	1
Mantenimiento	Encargado de mantenimiento	Lic. en Higiene y seguridad, Ingeniero mecánico,	1
	Supervisor de mantenimiento	Técnico mecánico, electromecánico, electrónico.	1
	Operarios de mantenimiento	Secundario completo.	3
<b>Capital humano total:</b>			<b>55</b>

Fuente: Elaboración propia.

## 15.5 Descripción de los departamentos y puestos de trabajo

### 15.5.1 Gerencia

Departamento destinado a gestionar y regular las decisiones que forman parte del liderazgo necesario para articular los distintos tipos de departamentos logrando alcanzar los objetivos de la dirección.

#### Gerente general

##### Síntesis del puesto

Planificar los objetivos generales y específicos de la empresa a corto y largo plazo. Dirigir la empresa, tomar decisiones, supervisar y ser un líder dentro de ésta. Controlar las actividades planificadas comparándolas con lo realizado y detectar las desviaciones o diferencias.

##### Funciones y responsabilidades

- Definición de los objetivos.
- Elaboración, ejecución y aprobación de planes de trabajo.
- Selección, toma y manejo de personal.
- Rendición de resultados a los accionistas.

## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

- Evaluar resultados y modificar, adecuar, anular y/o enriquecer las estrategias actuales de la empresa.
- Promover la toma de conciencia y trabajo en equipo interdisciplinario entre todos los departamentos de la empresa.
- Asegurar que se promueva la toma de conciencia de los requisitos del cliente en todos los niveles de la organización.
- Promover la mejora continua.

### **15.5.2 Departamento de producción**

Comprende todo lo relacionado con el desarrollo de los métodos y planes más económicos para la fabricación del producto, coordinación de la mano de obra, obtención y organización de los materiales, instalaciones, herramientas y servicios, fabricación de productos y entrega del mismo terminado e informes al área de comercialización. Es su responsabilidad cumplir con los estándares de calidad y seguridad determinados, con el fin de obtener un producto acorde a las exigencias del mercado (Gerber, y otros, 2021).

#### **Encargado de producción**

##### **Síntesis de puesto**

Responsable de gestionar los materiales necesarios, coordinar y planificar la producción junto con los supervisores de producción, como así también la calidad final que se obtenga.

##### **Funciones y responsabilidades**

- Planificación de la producción.
- Coordinación de equipos de trabajo.
- Generación de ordenes de trabajo.
- Realización de ejercicios de trazabilidad de los productos.
- Liberación de los productos.
- Verificación de calidad técnica de los trabajos que se ejecutan.

#### **Encargado de laboratorio**

##### **Síntesis del puesto**

Responsable de establecer normas y especificaciones de acuerdo con la calidad de producto fijada en el plan de producción. Mantener informado al encargado y supervisor de producción sobre las técnicas de inspección y los ensayos de calidad, asegurar condiciones de uso y funcionamiento de los elementos, instrumental y equipos necesarios para realizar actividades en el laboratorio.



## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

### **Funciones y responsabilidades**

- Establece técnicas de inspección y ensayos de laboratorio.
- Elige el equipamiento de laboratorio.
- Programa la toma de muestras y los correspondientes análisis químicos tanto a la materia prima, al producto en proceso y producto terminado, realizando los mismos en su turno de trabajo.
- Control de la calidad de sustancias en los puntos críticos del proceso.
- Control de emisiones y efluentes.

### **Supervisor de producción**

#### **Síntesis del puesto**

Responsable de elaborar la planificación del trabajo junto con el encargado de producción, y distribuir las tareas al personal. Supervisar la operación desde el procedimiento inicial hasta el proceso final de acuerdo a los criterios internos, con el fin de garantizar un producto estandarizado. Además, se encarga de verificar rendimientos y productividad del personal y a si cumplir con los objetivos operacionales diarios.

### **Funciones y responsabilidades**

- Encargado de proyectar, dirigir, desarrollar y controlar el trabajo diario.
- Planificar el trabajo del día, estableciendo prioridades y manejando efectivamente los recursos disponibles.
- Controlar a los operarios, a los cuales debe impartir órdenes claras y precisas, favoreciendo el buen clima laboral, motivándolos para que realicen su tarea correctamente.
- Informar al encargado de producción cualquier desviación o problema ocurrido.

### **Panelista**

#### **Síntesis del puesto**

Es la persona responsable de controlar el correcto funcionamiento de la planta automatizada a través de paneles de control. Debe permanecer en contacto directo con el supervisor de producción de turno ante cualquier situación de aviso o emergencia y/o comportamientos inusuales en el funcionamiento de la planta.

### **Funciones y responsabilidades**

- Control de operaciones en modo automático y remoto desde la sala de control.
- Arranque y parada de planta en modo normal, emergencias o pruebas.
- Vigilancia de parámetros de operación e identificación de estado crítico de alarmas de los sistemas en operación.

## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

### **Analista de laboratorio**

#### **Síntesis del puesto**

Es la persona encargada de organizar y aplicar técnicas y métodos de análisis químico e instrumental sobre materias y productos, orientados al control de calidad e investigación, actuando bajo normas de buenas prácticas de laboratorio, de seguridad personal y medioambiental.

#### **Funciones y responsabilidades**

- Reportar al encargado de laboratorio los avances de trabajo y/o cualquier emergencia.
- Ejecutar los controles fisicoquímicos y microbiológicos de materias primas, productos terminados, corrientes de procesos y equipos de la planta.
- Colaborar en las tareas que aporten a la investigación y desarrollo.
- Mantener el orden y la limpieza del laboratorio.

### **Operarios**

#### **Síntesis del puesto**

Responsables de ejecutar los trabajos propios de funcionamiento y control de aparatos, equipos e instalaciones para los diversos procesos químicos y fases de fabricación de productos, siguiendo las instrucciones de su encargado y supervisores. Además, son los responsables de completar registros y de informar desperfectos a mantenimiento o desviaciones de calidad.

#### **Funciones y responsabilidades**

- Asegurar el manejo y correcto desempeño de los equipos que tienen a su cargo.
- Cumplir con las tareas que le son asignadas con las normas establecidas por sus superiores, además de asegurar una correcta limpieza de su zona de trabajo y controlar las distintas variables puestas en juego en el proceso, permitiendo que la planta logre un correcto accionar.
- Completar los registros, informar desperfectos para ser llevados al área de mantenimiento y poner en evidencia a su superior ante la ocurrencia de desviaciones en la calidad del producto.

### **15.5.3 Departamento de administración**

Comprende todo lo relacionado con la organización, planeación, dirección, coordinación, control y evaluación. Se ocupa de la correspondencia que llega a la empresa y mantiene la comunicación con proveedores y clientes para mantener la relación comercial del entorno de la empresa. Asimismo, se encarga de archivar todos los documentos legales que tiene la

## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

empresa, los clasifica y custodia, y se encarga de su procesamiento informático para mantenerlos durante el tiempo que estos sean vigentes. Abarca todo lo relacionado a la contabilidad, costos, cobros, pagos, balances, créditos, presupuestos, entre otros.

Su objetivo principal es evaluar continuamente el estado económico financiero de la empresa, manteniendo informada a la gerente general.

### **Encargado administrativo**

#### **Síntesis del puesto**

Responsable del seguimiento del desempeño de cada área de la empresa, procesos generales, financieros, de despacho y reposición de insumos de la empresa según las necesidades de los departamentos involucrados.

#### **Funciones y responsabilidades**

- Coordinar, supervisar y controlar la ejecución de los procedimientos administrativos y contables que rigen el funcionamiento interno de la organización.
- Realizar altas y actualizaciones de cuentas de proveedores y clientes, inscripciones y trámites ante organismos oficiales, evaluación crediticia de clientes.
- Confeccionar balances mensuales e informes periódicos a solicitud de la gerencia; realizar el control y seguimiento de gastos.

### **Recepcionista**

#### **Síntesis del puesto**

Debido a que este puesto es el primer contacto de los clientes y empleados con la empresa. Su función principal es darles la bienvenida a los visitantes e indicarles a dónde se deben dirigir. También se encargan de responder los requerimientos de clientes y empleados, tanto en persona como por vía telefónica.

#### **Funciones y responsabilidades**

- Recibir a las visitas, clientes y proveedores que visitan a la empresa.
- Acompañar a los visitantes las salas de reuniones y/o oficinas donde serán recibidos.
- Gestionar las agendas de la dirección y gerencias.
- Atender el teléfono y transferir llamadas.
- Apoyar a los líderes de la empresa con actividades administrativas puntuales, como la reservación de salas de reuniones, llamadas a contactos clave, gestionar alimentos, materiales de oficina, servicios de mantenimiento, etc.
- Gestionar la entrega de cheques a proveedores.
- Atender consultas de clientes y visitantes.

## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

### **Seguridad y portería**

#### **Síntesis del puesto**

Responsabilidades relacionadas con el mantenimiento y la seguridad del edificio. El oficio suele conllevar los cometidos generales de conserjería.

#### **Funciones y responsabilidades**

- Registrar datos personales de los visitantes.
- Realizar rondas de vigilancia en el perímetro de la planta con cierta frecuencia establecida.
- Mantener contacto con organizaciones de gestión pública y/o privada ante emergencia.
- Poseer y resguardar las llaves de todos los sectores de la planta, durante la guardia nocturna.

### **15.5.4 Departamento de ventas y logística**

Es el responsable de mantener las buenas relaciones entre la empresa y sus clientes. Nombrando a un encargado de ventas y desarrollando un buen equipo de ventas, con vendedores motivados y dispuestos a aprender y crecer junto con la empresa. El departamento de ventas es el que tiene como función principal comercializar los bienes que ofrece la empresa.

#### **Encargado de ventas y logística**

##### **Síntesis del puesto**

Es la persona que está a cargo y dirige las personas involucradas en el departamento de ventas. Mantiene una comunicación directa con el gerente general, y el encargado de producción para alinear los objetivos y necesidades de la conformidad del producto previo a la venta del mismo.

##### **Funciones y responsabilidades**

- Supervisar las actividades de este departamento, coordinar estrategias y mejorar el rendimiento de los agentes con el fin de maximizar las ventas.
- Establecer alianzas, fidelidad y/o convenios con los clientes principales.
- Realizar búsquedas continuas de aperturas de nuevos mercados.

## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

### **Comerciales**

#### **Síntesis del puesto**

Es la persona que se encarga de la venta o la comercialización de un producto o un servicio específico bajo la supervisión y autorización del encargado de ventas. Se trata del profesional que representa a la empresa ante los clientes y uno de los pilares más importantes en cuanto a los resultados del departamento, ya que se encarga de llevar a cabo las estrategias planteadas, entre otras.

#### **Funciones y responsabilidades**

- Establecer los objetivos de ventas de forma concreta y precisa.
- Resolución de problemas comerciales.
- Diseñar estrategias comerciales.
- Concretar los canales comerciales.
- Elaborar las previsiones de ventas en colaboración con el responsable de marketing.
- Gestionar la cartera de clientes.
- Elegir la retribución de los comerciales: comisiones, variable, fijo, incentivos.
- Cumplir con la política de márgenes por cada canal de venta.

### **15.5.5 Departamento de compras**

Se encarga de todo el trabajo administrativo en relación a las compras de suministro y material. Por lo general, trabaja de forma estrecha con el departamento administrativo, producción y ventas.

#### **Encargado de compras**

##### **Síntesis del puesto**

Es la persona encargada de gestionar, evaluar y decidir sobre los distintos presupuestos con el fin de lograr adquisiciones de insumos, materias primas y servicios dentro de los estándares de precio y calidad establecidos por la empresa.

##### **Funciones y responsabilidades**

- Realizar búsqueda de cotizaciones de forma nacional.
- Analizar las cotizaciones y las ofertas recibidas de cada proveedor, otorgando las respuestas a cada uno de los proveedores.
- Analizar y generar las órdenes de compras de los insumos.
- Gestionar la adquisición de equipos, herramientas y servicios requeridos por el departamento de producción.

## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

### **15.5.6 Departamento de calidad, diseño y desarrollo**

El área de calidad tiene como objetivo asegurar que se cumplan las políticas de la empresa y los objetivos establecidos. Se encarga de adaptar e implementar las exigencias del Sistema de Gestión de Calidad y supervisar todos los procesos, prácticas y acciones para conseguir que el producto o servicio llegue con un nivel de calidad mínimo al cliente. Mientras que, el área de diseño y desarrollo tiene como objetivo impulsar la investigación continua de productos innovadores y útiles para aumentar la competitividad de la empresa.

#### **Encargado de calidad**

##### **Síntesis del puesto**

El responsable de calidad es el encargado de informar a los demás miembros sobre el sistema de gestión y también de las necesidades de mejora que puedan existir. El responsable de calidad debe que asegurar que la gestión de la calidad llegue a todos los niveles de la compañía

##### **Funciones y responsabilidades**

- Impulsar y supervisar, de manera continua, la implementación y eficacia de normas estandarizadas.
- Asegurar el cumplimiento del plan anual de auditorías internas.
- Desarrollar una adecuada gestión de indicadores que permita medir la eficacia de los procesos.
- Trabajar en la gestión de riesgos junto al gerente general y demás sectores.
- Gestionar los reclamos de los clientes.
- Generar instructivos de trabajo, formatos de registros y procedimientos de soporte a los procesos del SGC cuando sea requerido.
- Impulsar la mejora continua.

#### **Encargado de diseño y desarrollo**

##### **Síntesis del puesto**

Encargado de dirigir y coordinar las actividades relacionadas con el análisis y desarrollo de productos. Se dedica a recopilar las necesidades, evaluar los requisitos. Es quien detalla las características de cada producto, planifica y dirige el desarrollo.

##### **Funciones y responsabilidades**

- Planificar, dirigir y coordinar las actividades de investigación y desarrollo, para crear procedimientos, productos, conocimientos o modos de utilización de materiales nuevos o perfeccionados.

## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

- Establecer y gestionar presupuestos, controlar los gastos y asegurar la viabilidad y requisitos del diseño.
- Desarrollar nuevos proveedores relacionados al diseño.
- Planificar los nuevos diseños, definir las metas de los proyectos y fijar sus presupuestos.
- Supervisar el desarrollo del prototipo

### **15.5.7 Departamento de RRHH**

Se encarga de organizar, planificar y administrar las distintas tareas y acciones relacionadas con las personas que integran la compañía. También es tarea indispensable de este departamento la contratación de personal.

#### **Encargado de RRHH**

##### **Síntesis del puesto**

Responsable de responder efectivamente a los intereses de la empresa, pero también debe saber velar por los intereses de los empleados y del talento humano, cosa que lo convierte en una especie de puente entre ambas facetas. Trabajar con los gerentes de la empresa para ayudar con el reclutamiento y la selección.

##### **Funciones y responsabilidades**

- Elaborar una descripción del trabajo y las características de la persona.
- Estudiar los formularios de solicitud.
- Elaborar el procedimiento y las preguntas de la entrevista.
- Organizar las pruebas para los candidatos.
- Explicar las condiciones del contrato, por ejemplo, las vacaciones y las pensiones.
- Obtener referencias.
- Enviar una carta de oferta de empleo.
- Redactar un contrato.

### **15.5.8 Departamento de mantenimiento**

Se encarga de brindar todos los servicios que requiere una empresa en cuanto a mantenimiento preventivo y correctivo. Lo hace de manera oportuna y eficiente, y realiza también la contratación de la obra pública cuando es necesaria.

# **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

## **Encargado de mantenimiento**

### **Síntesis del puesto**

Responsable de gestionar el mantenimiento global de la empresa, coordinando un grupo de personas cualificadas en diferentes tareas (mecánica, electricidad, electrónica, informática). Asegura el correcto funcionamiento de los equipos de trabajo y de las instalaciones de la empresa. Tiene la responsabilidad de asegurar el plan de mantenimiento preventivo y predictivo de todas las instalaciones de la empresa (productivas y no productivas), asegurando su correcto funcionamiento e intentando conseguir la ausencia de paradas no planificadas. Se encargará de la mejora continua de métodos y procedimientos.

### **Funciones y responsabilidades**

- Definir y planificar la política de mantenimiento, con el objetivo de mejorar el modelo preventivo y establecer metodologías operativas de mantenimiento de manera racional.
- Planificar los mantenimientos preventivos y predictivos de las líneas de producción, asegurando su funcionamiento.
- Crear y mantener actualizados los manuales de mantenimiento preventivo y predictivo, verificando su mantenimiento.

## **Supervisor de mantenimiento**

### **Síntesis del puesto**

Responsable de gestionar al personal a su cargo para realizar las actividades bajo su responsabilidad, así como, las órdenes de servicio para instalación, reparación y mantenimiento.

### **Funciones y responsabilidades**

- Asignar los trabajos de mantenimiento a los distintos operarios de mantenimiento.
- Asegurar el correcto funcionamiento de los equipos de trabajo y de las instalaciones de la empresa.
- Colaborar con la planeación de los mantenimientos requeridos con el encargado de mantenimiento.

## **Operario de mantenimiento**

### **Síntesis del puesto**

Personas preparadas para realizar la revisión, ajustes, diagnóstico, acondicionamiento y reparación de las instalaciones y maquinaria de una industria.



## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

### Funciones y responsabilidades

- Asegurar que los equipos utilizados en las industrias manufactureras y de procesamiento funcionan correctamente y de manera eficiente.
- Diagnosticar y reparar averías.
- Llevar a cabo revisiones periódicas de mantenimiento.

### Personal de limpieza

#### Síntesis del puesto

Su responsabilidad radica en mantener los espacios ordenados y pulcros, desechar la basura y demás desperdicios y mantener la higiene y la organización.

#### Funciones y responsabilidades

- Mantener las áreas asignadas limpias y libres de residuos.
- Reposición de materiales, como papel higiénico o servilletas.
- Solicitar compra de insumos de limpieza.

### 15.6 Plan de trabajo

La planta de almidón acetilado a partir de afrechillo de arroz funciona 350 días al año, realizando una parada de 15 días para un mantenimiento general. Al tratarse de una producción continua, ciertos puestos deben contar con empleados 24 horas, por esta razón, se decidió adoptar horarios rotativos (HR) formados por 3 turnos de 8 horas cada uno, como puede visualizarse en la Tabla 15.2.

Tabla 15-2 Turnos rotativos.

Turno	Horario laboral
Mañana	6:00 a 14:00 h
Tarde	14:00 a 22:00 h
Noche	22:00 a 6:00 h
Franco	

Fuente: Elaboración propia.

El régimen de distribución de turnos para los recursos humanos de los departamentos de producción y mantenimiento según cuatro grupos de trabajo (1,2,3 y 4) diferenciados por colores como indica la Tabla 15.3, cada uno de los cuales cumplen con el formato de trabajo 7-2, 7-2 y 7-3 siendo 2, 2 y 3 los días de franco.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Tabla 15-3 Distribución de turnos.

Grupo	Color asignado
1	Amarelo
2	Verde
3	Púrpura
4	Rojo

SEMANA	TURNO	L	M	M	J	V	S	D
1	MAÑANA	1	1	2	2	2	2	2
	TARDE	3	3	3	3	1	1	1
	NOCHE	4	4	4	4	4	4	4
	FRANCO	2	2	1	1	3	3	3
2	MAÑANA	2	2	4	4	4	4	4
	TARDE	1	1	1	1	2	2	2
	NOCHE	3	3	3	3	3	3	3
	FRANCO	4	4	2	2	1	1	1
3	MAÑANA	4	4	3	3	3	3	3
	TARDE	2	2	2	2	4	4	4
	NOCHE	1	1	1	1	1	1	1
	FRANCO	3	3	4	4	2	2	2
4	MAÑANA	3	3	1	1	1	1	1
	TARDE	4	4	4	4	3	3	3
	NOCHE	2	2	2	2	2	2	2
	FRANCO	1	1	3	3	4	4	4

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la jefatura de cada uno de los departamentos y otros puestos específicos, se manejan con un horario que se define como horario comercial (HC) el cual inicia a las 08:00 hs hasta las 17:00 hs, teniendo 1 hora de almuerzo, de lunes a viernes.

Existe además otro horario en la industria, el cual es para los operarios de logística, adaptándose a la ley de circulación vial 24.449, por lo que trabajan en turno mañana (lunes a sábado) y turno tarde (lunes a viernes). Este horario se denominó como horario de carga y descarga (HCyD).



# CAPITULO 16

## TRATAMIENTO DE EFLUENTES

## **16 Tratamiento de efluentes**

### **16.1 Introducción**

Los efluentes industriales son aquellos que no poseen un valor inmediato respecto al fin para el que se utilizaron inicialmente debido a su calidad degradada; deben ser tratados adecuadamente de manera tal que no produzcan ningún tipo de contaminación al medio ambiente y, en consecuencia, a los seres vivos.

Un tratamiento para aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y/o biológicos que tiene como fin eliminar los contaminantes presentes en el efluente. El objetivo del mismo es producir un efluente tratado o reutilizable y un residuo sólido conveniente para su disposición o reúso.

Los parámetros que se utilizan para determinar la posibilidad de desechar un efluente son los siguientes:

- Concentración de oxígeno disuelto (OD, mg/l)
- Demanda biológica de oxígeno (DBO)
- Demanda química de oxígeno (DQO)
- pH
- Color
- Turbidez
- Dureza (mg/l)
- Sólidos disueltos totales (STD, mg/l)
- Sólidos en suspensión (SS, mg/l)
- Concentración de productos tóxicos (mg/l)
- Olor
- Temperatura.

Los parámetros a emplear dependen de las normativas a las que se ajuste cada sector, a nivel nacional, por ejemplo, se contempla, además, la presencia de metales tales como cromo, mercurio y plomo, entre otros compuestos.

En este capítulo, se detalla el tratamiento de los efluentes derivado de la producción de almidón acetilado, evaluando las características de estos y seleccionado el proceso más apropiado, con el fin de minimizar el impacto ambiental.

### **16.2 Definiciones**

- Oxígeno disuelto (OD): es la cantidad de oxígeno gaseoso que esta disuelto en el agua. Se lo considera como un indicador para mantener la vida acuática. La concentración de este elemento es resultado del oxígeno que entra en el sistema y el

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

que se consume por los organismos vivos. La entrada de oxígeno puede estar provocada por muchas fuentes, pero la principal es el oxígeno absorbido de la atmósfera.

- Demanda biológica de oxígeno (DBO): Se define como Demanda Bioquímica de Oxígeno de un líquido contaminado al oxígeno, expresado en mg/litro, que ese líquido consume en la descomposición de la materia orgánica, por acción microbiana aerobia. Como el proceso de descomposición tarda varios meses en completarse y su velocidad varía con la temperatura, en la práctica se mide la D.B.O. correspondiente a un lapso de 5 días y a una temperatura de 20 °C.
- Demanda química de oxígeno (DQO): es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg O<sub>2</sub>/l). Aunque este método pretende medir principalmente la concentración de materia orgánica, sufre interferencias por la presencia de sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas (sulfuros, sulfitos, yoduros...), que también se reflejan en la medida.
- pH: Es una medida exacta del grado de acidez o alcalinidad de una solución. Varía entre los límites 0 y 14; cuanto más bajo sea, mayor será la acidez y cuanto más alto, mayor la alcalinidad correspondiente.
- Dureza: Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular sales de magnesio y calcio. El agua denominada comúnmente como “dura” tiene una elevada concentración de dichas sales y el agua “blanda” las contiene en muy poca cantidad.
- Sólidos disueltos totales (SDT): es una medida del contenido combinado de todas las sustancias inorgánicas y orgánicas contenidas en un líquido en forma molecular, ionizada o en forma de suspensión micro-granular (sol coloide). En general, la definición operativa es que los sólidos deben ser lo suficientemente pequeño como para sobrevivir filtración a través de un filtro con poros de 0,45 micrómetros (tamaño nominal, o más pequeño).
- Sólidos en suspensión (SS): parámetro utilizado en la calificación de la calidad del agua y en el tratamiento de aguas residuales. Indica la cantidad de sólidos (medidos habitualmente en miligramos por litro - mg/l), presentes, en suspensión y que pueden ser separados por medios mecánicos, como por ejemplo la filtración en vacío, o la centrifugación del líquido. Algunas veces se asocia a la turbidez del agua.

## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

- **Color y Olor:** Su color puede establecer el tipo de compuesto del cual se trata. El color interfiere con la transmisión de la luz, por lo tanto, al volcarse a un curso de agua disminuirá la acción fotosintética. El olor de un efluente es indicativo de su vejez, pues cuando es fresco es ligeramente pútrido, pero cuando es viejo se septiza y produce hidrógeno sulfurado, dotándolo de un olor fuertemente pútrido.
- **Temperatura:** Un líquido a elevadas temperaturas produce el deterioro de la laguna, y en caso de que no se realice ninguna modificación, provocaría alteraciones en el medio ambiente

### **16.3 Tipos de tratamiento de efluentes**

El grado de tratamiento requerido para un efluente líquido depende fundamentalmente de los límites de vertido y la eficiencia de la remoción de los contaminantes. A partir de ello, existen tres niveles de tratamiento de los fluidos vertidos: tratamiento primario, secundario y terciario.

- **Tratamiento primario:** dentro de éste existen dos tipos posibles de tratamiento:
  - Tratamiento físico que consiste en separar partículas de mayor tamaño mediante cribado, sedimentación, flotación, separación de aceites, etc.
  - Tratamiento químico de neutralización del pH.
- **Tratamiento secundario:** consiste en un tratamiento biológico, donde se elimina principalmente la materia orgánica por acción de microorganismos, algunas de las técnicas son lodos aditivos, aireación prolongada, estabilización por contacto lagunaje con aireación, estabilización por lagunaje, filtros biológicos (percoladores), discos biológicos y tratamientos anaeróbicos.
- **Tratamiento terciario:** consiste en un tratamiento fisicoquímico que busca eliminar compuestos específicos, se realiza mediante, micro tamizado, filtración, precipitación y coagulación, adsorción (carbón activado), intercambio iónico, ósmosis interna, electrodiálisis, cloración y ozonización y procesos de reducción de nutrientes.

### **16.4 Normativa sobre el vertido de efluentes**

La normativa correspondiente al tratamiento de efluentes se extiende a nivel nacional, provincial y en muchos casos municipal, donde cada una establece los límites máximos según el parámetro controlado, en base a la Ley Nacional 26.221. En la Tabla 16.1 se muestran los estándares establecidos para el vertido de efluentes líquidos por la ley nacional, y en la Tabla 16.2 se observan los límites máximos admisibles para las descargas a colectoras cloacales establecidos por la ordenanza provincial resolución N° 554.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Tabla 16-1 Límites establecidos para el vertido de agua a nivel nacional.

Parámetro	Desagües a cuencas	Descarga a cuerpo receptor		
		Sin tratamiento	Con tratamiento primario	Con tratamiento secundario
pH	5,5 – 10	5,5 – 8	5,5 – 8	5,5 – 8
Sustancias solubles en éter (mg/l)	100	100	100	100
Sulfuros (mg/l)	1	-	-	1
Temperatura (°C)	45	45	45	45
DBO sobre muestra bruta (mg/l)	200	300	180	30
DQO	-	-	-	125
Oxígeno consumido en KMgO <sub>4</sub> sobre muestra bruta (mg/l)	80	120	70	-
MES (mg/l)	-	-	-	35
Cianuros totales (mg/l)	1	1	1	1
Cianuros destructibles por cloración (mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,1
Hidrocarburos totales (mg/l)	50	100	100	50
Cromo III (mg/l)	2	2	2	2
Cromo VI (mg/l)	0,2	0,2	0,2	0,2
SRAO detergentes (mg/l)	5	5	5	3

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Cadmio (mg/l)	0,1	0,1	0,1	0,1
Plomo (mg/l)	0,5	0,5	0,5	0,5
Mercurio (mg/l)	0,005	0,005	0,005	0,005
Arsénico (mg/l)	0,5	0,5	0,5	0,5
Sustancias fenólicas (mg/l)	0,5	0,5	0,5	0,005

Fuente: Ley Nacional 26.221.

Tabla 16-2 Límites establecidos para el vertido de aguas a nivel provincial.

<b>Parámetro</b>	<b>Límite</b>
Temperatura (°C)	≤ 45
pH (upH)	6,5 – 8,5
Sólidos sedimentables dos horas (ml/l)	≤ 30
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	≤ 150
Sólidos disueltos totales (mg/l)	≤ 1400
Sulfuros (mg/l)	≤ 0,1
Cianuros (mg/l)	≤ 0,1
Hidrocarburos (mg/l)	≤ 1
Cloro libre (mg/l)	≤ 1
Coliformes totales (UFC/100 ml)	10.000
Coliformes fecales (UFC/100 ml)	2.000
DBO (mg/l)	≤ 150
Sustancias fenólicas (mg/l)	≤ 0,1
Sustancias reactivas al azul de metileno SAAM (detergentes) (mg/l)	≤ 1
Sulfatos (mg/l)	≤ 300
Cloruros (mg/l)	≤ 140
Hierro (soluble) (mg/l)	≤ 0,1
Hierro (total) (mg/l)	≤ 5



**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Manganeso (soluble) (mg/l)	≤ 0,1
Manganeso (total) (mg/l)	≤ 0,2
Zinc (mg/l)	≤ 0,1
Níquel (mg/l)	≤ 0,2
Cromo total (mg/l)	≤ 0,1
Cadmio (mg/l)	≤ 0,01
Selenio (mg/l)	≤ 0,02
Plomo (mg/l)	≤ 0,2
Mercurio (mg/l)	≤ 0,01
Cobre (mg/l)	≤ 0,2
Flou (mg/l)	≤ 1
Litio (mg/l)	≤ 2,5
Aluminio (mg/l)	≤ 5
Bario (mg/l)	≤ 0,7
Boro (mg/l)	≤ 1
Cobalto (mg/l)	≤ 0,1
Arsénico (mg/l)	≤ 0,01
Plaguicidas organoclorados totales (mg/l)	≤ 0,05
Plaguicidas organofosforados totales (mg/l)	≤ 0,1
Calcio (mg/l)	≤ 300
Sodio (mg/l)	≤ 500
Potasio (mg/l)	≤ 10
Carbonato (mg/l)	≤ 30
Bicarbonato (mg/l)	≤ 300
Magnesio (mg/l)	≤ 60
Nitrato (mg/l)	≤ 5
Nitrógeno total (mg/l)	≤ 105
Nitrógeno amoniacal (mg/l)	≤ 75
Nitrógeno orgánico (mg/l)	≤ 30
Fosforo total (mg/l)	≤ 30

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Sólidos soluble en éter (grasas) (mg/l)	≤ 100
Relación de absorción de sodio (RAS) (mg/l)	≤ 10
Conductividad (ms/cm)	< 200

Fuente: Ordenanza Provincial Resolución N°554.

Es necesario resaltar que el departamento de calidad de la empresa debe llevar a cabo estos análisis antes de la descarga del efluente a la red cloacal, para asegurar, de esta manera, que se cumpla con la normativa vigente. Las técnicas utilizadas son extraídas de Estándar Methods – 20<sup>th</sup> edition para análisis de bebida y agua de desecho.

### 16.5 Caracterización de los efluentes de planta

A continuación, se presentan en la Tabla 16.3 todas las corrientes de efluentes generadas en la planta de producción de almidón acetilado, especificando en cada una de ellas: caudal, composición, temperatura y pH, que son las principales variables a tener en cuenta al momento de definir el tipo de tratamiento que deberá realizarse.

Tabla 16-3 Características de los efluentes de la planta.

Corriente	Descripción	Composición (fracción másica)	Caudal (t/día)	Temperatura (°C)	pH
A15	Efluente residual proveniente de R-1	Exceso de almidón nativo: 0,01 Cenizas: 0,11 Ácido acético: 0,05 Agua: 0,82 Ácido clorhídrico: 0,01	181,32	60	4,5
W6	Efluente residual proveniente de C-4	Agua: 0,9984 Proteínas: 0,005 Grasas: 0,007 Fibras: 0,004	885,06	30	6,5

Fuente: Elaboración propia.

### **16.6 Determinación del método de tratamiento de efluentes**

Al momento de seleccionar un método para el tratamiento de efluentes se debe considerar que sea:

- De fácil construcción y duradero.
- Económico en el uso de energía y en su funcionamiento.
- Eficiente en la remoción de los contaminantes indeseados, sin la producción de nuevos efluentes.
- Modular, para que permita ampliaciones conforme crezca el proceso productivo.
- Simple en su operación, control y mantenimiento.

De acuerdo a los datos que se presentan en la Tabla 16.3 se decide tratar a la corriente A15 mediante un tratamiento primario del tipo químico debido al pH ácido que presenta y la consecuente necesidad de neutralización. Para ello, se propone como punto de mejor evaluar técnica y económicamente los costos de adquisición de equipos específicos para dicho tratamiento. Debido a las características de la corriente W6 el método de tratamiento que mejor adecua es el tratamiento secundario donde se propone realizar un tratamiento biológico con microorganismos para la eliminación de la materia orgánica en lagunas de estabilización del tipo facultativas.



# CAPÍTULO 17

## ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO

## **17 Estudio económico financiero**

### **17.1 Introducción**

El estudio económico financiero conforma la tercera etapa de los proyectos de inversión, en el que figura de manera sistemática y ordenada la información de carácter monetario, en resultado a la investigación y análisis efectuado en las etapas anteriores será de gran utilidad en la evaluación de la rentabilidad económica del proyecto. Este estudio en especial, comprende el monto de los recursos económicos necesarios que implica la realización del proyecto previo a su puesta en marcha, así como la determinación del costo total requerido en su periodo de operación (UNAM, 2019).

El presente capítulo contempla los siguientes objetivos:

- Estimar la inversión para conocer el valor del crédito a solicitar a partir de los activos fijos, nominales y capital de trabajo.
- Calcular y analizar los costos fijos y variables, entre los que se encuentran factores determinantes de la producción como son, costos de materias primas, mano de obra, servicios, financieros, entre otros.
- Estimar los ingresos anuales por ventas de almidón acetilado.
- Deducir el punto de equilibrio, que determina la capacidad para la cual la empresa comienza a obtener ganancias.
- Determinar el estado de resultados que permite conocer si la empresa luego de cancelar los costos totales e impuestos obtiene utilidades netas positivas.
- Utilizar como indicadores principales el valor actual neto (VAN), la tasa interna de recuperación (TIR), el período de recupero de la inversión (PRI) y los análisis de sensibilidad correspondientes (AS).
- Determinar la viabilidad del proyecto en base al análisis de los objetivos planteados anteriormente.

### **17.2 Inversiones**

La cuantía de las inversiones previas a la puesta en marcha y de aquellas que se realizan durante la operación, serán determinantes para la posterior evaluación económica del proyecto. Para tal efecto, el monto de inversión total requerido se sintetiza en tres segmentos desarrollados a continuación.

#### **17.2.1 Activos fijos**

Un activo fijo es un bien de una empresa, ya sea tangible o intangible, que no puede convertirse en dinero líquido a corto plazo y que normalmente son necesarios para el funcionamiento de la empresa y no se destinan a la venta.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

Son ejemplos de activos fijos: bienes inmuebles, maquinaria, material de oficina, etc. También se incluyen dentro del activo fijo las inversiones en acciones, bonos y valores emitidos por empresas afiliadas.

Para efectos contables, los activos fijos, están sujetos a depreciación lo cual se refiere al tiempo durante el cual la empresa puede hacer uso de él hasta que ya no sea útil, los factores que influyen principalmente en la vida útil de un activo fijo son el uso, el tiempo y la obsolescencia tecnológica. En la determinación de los costos se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- La cotización del dólar al día 20/04/22 del Banco de la Nación Argentina fue de \$113.
- De acuerdo a la ley de IVA (Ley Nacional 23.349), los artículos producidos en nuestro país perciben el 21% de impuesto al valor agregado, mientras que los de producción extranjera tienen una reducción del 50%, es decir, 10,5%.
- En la estimación del costo de flete y seguro, se supone un valor de un 1% sobre el costo total del equipo.
- En la estimación de gastos administrativos, mobiliario de oficina y útiles, se supone un 0,5% sobre el total de costos de producción.

Los activos se subclasificaron en los siguientes grupos.

### Obras civiles

La localización estratégica seleccionada para la planta de almidón acetilado es en el parque industrial Villaguay, provincia de Entre Ríos, en el cual por disposición provincial y con el objetivo de fomentar la industrialización, los terrenos se adjudican de manera gratuita a los inversores interesados con la exigencia de abonar según la cantidad de hectáreas solicitadas expensas valuadas en 100 litros gas oíl/mes/hectárea lo que equivale al momento de la fecha a USD 107 por mes. Los datos sobre los costos de construcción fueron obtenidos de la revista de la construcción correspondiente al mes de marzo 2022. En la Tabla 17.1 se pueden observar los valores obtenidos por edificio y el área de cada uno.

Tabla 17-1 Costos de construcción.

Edificio	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Costo unitario [USD/m <sup>2</sup> ]	Costo total [USD]
Ala producción	3414,7	1043	3561532,1
Depósitos	100	1043	104300
Laboratorio	60	1043	62580
Sala de mantenimiento	60	1043	62580

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Baños y vestuarios	100	1043	104300
Comedor	100	1043	104300
Oficinas	172.2	1043	179604,6
Oficina supervisor	12	1043	12516
Portería	21	1043	21903
Estacionamiento	500	1043	521500
Instalaciones industriales y auxiliares			1239661

Fuente: Revista de la construcción

**Equipos industriales, auxiliares y accesorios**

En la Tabla 17.2 que se encuentra a continuación se detallan los equipos, dispositivos y demás elementos necesarios para llevar adelante la producción de almidón acetilado, como, por ejemplo, tanques, bombas, calderas, silos, molinos, entre otros.

Se especifica el precio de cada uno de ellos, el cual se ha estimado no sólo con el tipo de equipo y sus dimensiones, sino además teniendo en cuenta el material con el que se deben construir cada uno de ellos y sus especificaciones.

Las fuentes utilizadas para extraer el costo de dichos equipos fueron a través de llamadas y correos electrónicos directamente con los proveedores seleccionados en la adopción de los mismos.

Tabla 17-2 Equipos y accesorios.

Num.	Denominación Técnica	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total	Flete y gastos de compra
1	Tanque de almacenamiento	10	15.000	150.000	1.500
2	Silo de almacenamiento	2	120.000	240.000	2.400
3	Silo de almacenamiento	2	100.000	200.000	2.000
4	Silo de almacenamiento	2	80.000	160.000	1.600
5	Tanque agitado	4	100.000	400.000	4.000
6	Mezcladora amasadora	3	700	2.100	21

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

7	Molino de martillo	3	579	1.737	17
8	Mezcladora amasadora	3	700	2.100	21
9	Tanque de almacenamiento	3	18.000	54.000	540
10	Hidrociclón	2	20.190	40.380	404
11	Molino de martillo	3	579	1.737	17
12	Centrifuga	5	1.947	9.735	97
13	Centrifuga	4	1.770	7.080	71
14	Reactor	1	1.500	1.500	15
15	Tanque agitado	3	3.000	9.000	90
16	Secador	3	716.000	2.148.000	21.480
17	Molino de martillo	2	579	1.158	12
18	Tanque agitado	2	37.500	75.000	750
19	Secador subproducto	4	716.000	2.864.000	28.640
20	Motores	4	13.500	54.000	540
21	Motoreductores	4	310	1.239	12
22	Bombas	27	23.892	645089	6.451
23	Tanque de almacenamiento	1	1.659	1.659	17
24	Tanque de almacenamiento	1	2.785	2.785	28
25	Tanque de almacenamiento	1	4.023	4.023	40
26	Ablandador de agua	1	3.270	3.270	33
27	Caldera	1	44.248	44248	442
28	Transmisor de caudal	4	2.072	8.289	83



**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

29	Válvulas multigiro de globo	5	265	1.327	13
30	Interruptor de nivel	2	1.257	2.513	25
31	Transmisor de temperatura	1	219	219	2
32	Transmisor de nivel	1	1.871	1.871	19
33	Transformador	1	50.000	50.000	500
34	Tratamiento de efluentes	1	125.000	125.000	1.250
35	Transmisor de pH	1	1.062	1.062	11
<b>Total equipos sin flete [USD]</b>					<b>7314121</b>
<b>Total IVA [USD]</b>					<b>775663</b>
<b>Total fletes [USD]</b>					<b>73141</b>

Fuente: Elaboración propia.

### Resumen de activos fijos

En la Tabla 17.3 se adjunta el resumen de inversión en activos fijos junto con el Gráfico 17.1 donde se aprecian los porcentajes que ocupa cada uno.

Tabla 17-3 Resumen de activos fijos.

<b>Activos fijos</b>	<b>Costo total [USD]</b>	<b>%</b>
Obras civiles	5974776,7	44,9994
Equipos industriales, auxiliares y accesorios	7314121	54,995
Mobiliario y elementos de oficina	7617	0,0006
Fletes	73141	0,005
<b>Total</b>	<b>13369655,7</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

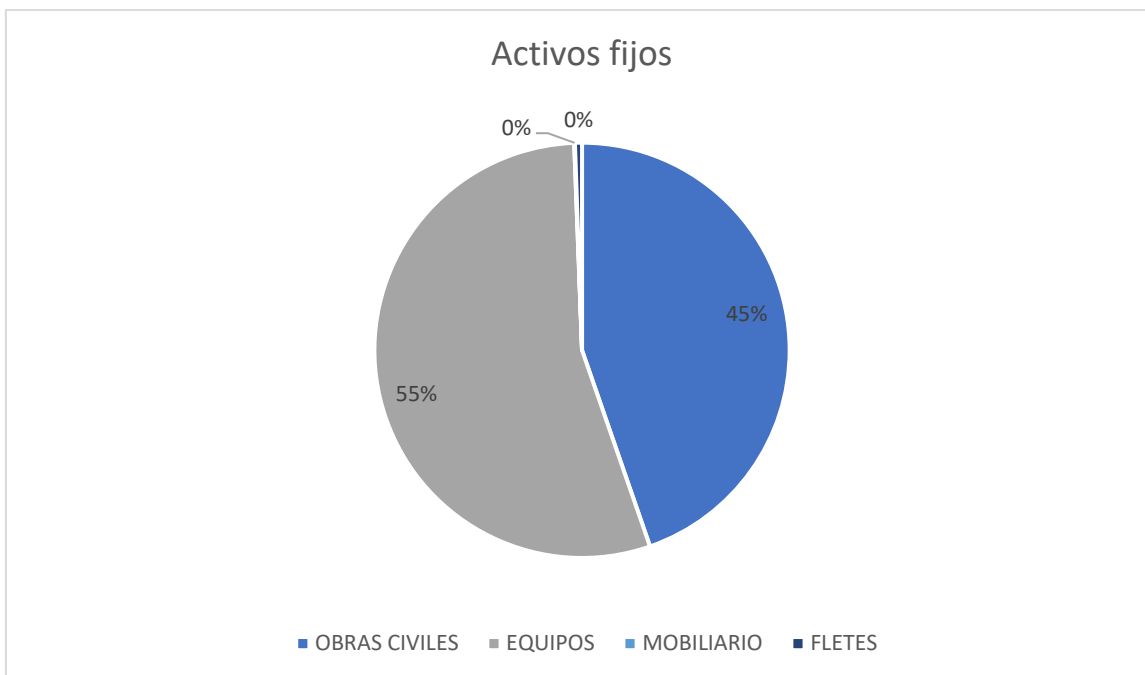


Gráfico 17-1 Resumen de activos fijos.  
 Fuente: Elaboración propia.

**Amortización y depreciación de bienes**

Los activos fijos, como se mencionó anteriormente, están sujetos a depreciación, ya que pierden su valor por el desgaste provocado por uso normal.

Tanto la depreciación como la amortización, presentados en la Tabla 17.4, hacen referencia al desgaste o agotamiento que sufre un activo en la medida que con su utilización contribuye a la generación de los ingresos de la empresa. La única diferencia importante a resaltar, es el tipo de activo sobre el que se aplica cada concepto. Mientras la depreciación hace referencia exclusivamente a los activos fijos, la amortización hace referencia a los activos intangibles y a los activos diferidos.

Los cargos anuales se calculan con base en los porcentajes de depreciación permitidos por las leyes impositivas. El porcentaje de amortización dependerá de la cantidad de años de vida útil que tenga el bien de uso. Los porcentajes máximos de Amortización anual son establecidos por la AFIP (Administradora Federal de Ingresos Públicos).

Tabla 17-4 Amortización y depreciación de bienes.

Denominación	Vida útil	Inversión [USD]	Depreciación anual	
			Tasa anual	Valor de salvamento
Obras civiles	50 años	5974776,7	10%	597477,67
Maquinarias, equipos y	10 años	7314121	5%	365706,05

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

accesorios industriales				
Muebles y útiles	10 años	7617	20%	1523,4
Total				964707,12

Fuente: Elaboración propia.

El valor de salvamento se refiere al monto de un activo disponible al final de su vida útil. En este caso sería el valor que tendría el bien una vez que haya finalizado el periodo en estudio de 10 años. Es por ello que los rubros para los que el valor de amortización es del 10% anual llegan a tener un valor de salvamento igual a cero en el año 10.

### **17.2.2 Activos nominales**

Los activos nominales son aquellos desembolsos realizados en activos intangibles necesarios para la operación y puesta en marcha del proyecto, tales como: patentes, licencias, gastos de capacitación, organización e imprevistos.

- Los gastos de patentes y licencias son aquellos derechos que permiten el funcionamiento del proyecto, tales como patentes municipales, licencias generales o autorizaciones notariales; así como también aquellos derechos que permiten la utilización de una marca, fórmula o proceso de producción.
- Los gastos de capacitación son desembolsos que tienen como finalidad preparar al personal en la realización de sus funciones antes de la puesta en marcha del proyecto, lo cual permitirá desarrollar sus habilidades y conocimientos para el puesto que ocuparán. Se considera que el costo por capacitación es del 1% con respecto al total de inversiones fijas.
- Los gastos de organización son aquellos desembolsos originados por la implementación de sistemas de información y comunicación requeridos, gastos legales por concepto de constitución de la empresa, procedimientos administrativos, etc. Los gastos de imprevistos es un ítem considerado para afrontar aquellos desembolsos que no han sido considerados en el estudio (IPLACEX, 2019).
- Para particularidades como ingeniería de proyecto se considera un 5% respecto al total de inversiones fijas, mientras que un 20% para montaje e instalación, 6% automatización, imprevistos 2% e investigaciones y estudios de ingeniería 5%, respectivamente.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

- Seguros e impuestos: para luego calcular la inversión es necesario sumar el valor fijo de seguro e impuestos iniciales. Este tipo de costos se considera el 1% del total de activos fijos.

### Resumen de activos nominales

Se puede ver a través de la Tabla 17.5 y el Gráfico 17.2 el resumen de esta inversión de activos nominales.

Tabla 17-5 Resumen de activos nominales.

Activos nominales	% Estimado	Base de cálculo	Importe [USD]
Automatización	6	9623065	577384
Montaje e instalación de equipos	20	9623065	1924613
Ingeniería de proyecto	5	14362039	718102
Investigaciones y estudios de ingeniería	5	13288897	664445
Gastos de capacitación	1	13288897	132889
Seguros	1	14362039	143620
Imprevistos	2	14362039	287241
TOTAL			4448294

Fuente: Elaboración propia

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022



Gráfico 17-2 Resumen activos nominales.  
Fuente: Elaboración propia.

### 17.2.3 Capital de trabajo

Capital de trabajo hace referencia a aquellos recursos que se requieren para la producción de los bienes o servicios. Para la puesta en marcha, normalmente el capital de trabajo se necesita con anticipación, por lo tanto, se recuperará cuando se activen los costos, es decir, una vez que se ha realizado el primer desembolso para el pago de los insumos de la operación normal del proyecto, la recuperación del capital de trabajo se producirá cuando se venda el producto terminado y queden disponibles los fondos para cancelar nuevos insumos.

Como se puede observar, el capital de trabajo se encuentra relacionado con los niveles de producción; por lo tanto, si el nivel de producción aumenta, también lo hará el capital de trabajo en términos diferenciales. (IPLACEX, 2019).

Para su estimación se tuvo en cuenta el gasto de materia prima, insumos, gas, electricidad, expensas y agua que se tiene en el primer año de producción.

### 17.2.4 Inversión total necesaria

Una vez que se cuenta con todos los datos anteriores, se puede calcular la inversión necesaria para iniciar el proyecto y comenzar con la actividad, en la Tabla 17.6 y Gráfico 17.3. El capital se va a obtener a través de financiación externa

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Tabla 17-6 Resumen inversión total.

<b>Categoría</b>	<b>Costos [USD]</b>	<b>%</b>
Activos fijos	13369655,7	58
Activos nominales	4448294	19
Capital de trabajo	3097109	13
IVA [10,5%]	767983	3
IVA [21%]	1552655	7
<b>TOTAL</b>	<b>23951774</b>	<b>100</b>

*Fuente: Elaboración propia*



Gráfico 17-3 Resumen inversión total necesaria.  
 Fuente: Elaboración propia.

**17.3 Costos de producción**

Al evaluar un proyecto se deberán considerar todos los costos que pueden afectar el flujo de caja proyectado, y por ende, el resultado del proyecto; para ello, se pueden clasificar los costos de acuerdo a la finalidad del gasto, en: costos operacionales, gastos de administración y ventas, financieros, otros gastos, etc. Los costos operacionales o de producción corresponden a aquellos desembolsos relacionados con la fabricación o elaboración del producto o servicio; los cuales pueden ser directos o indirectos y se encuentran detallados a continuación (IPLACEX, 2019).

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

**17.3.1 Costos directos**

Los costos directos son parte de los costos de fabricación, intervienen de manera directa en la producción de almidón acetilado, afectando el precio final del producto. Cabe aclarar que tanto en las materias primas como en los insumos está considerado en el precio unitario el costo del flete correspondiente al 25% .

**Materias primas**

En la Tabla 17.7 se resumen los costos directos de la materia prima necesaria para producir durante el período en estudio de 20 años. El costo de cada materia prima fue brindado por sus respectivos proveedores, dicha información se encuentra detallada con mayor precisión en el Capítulo 3 “Estudio de Mercado”.

Tabla 17-7 Materia prima.

<b>Materia prima</b>	<b>Cantidad requerida [t]</b>	<b>Precio unitario [USD/t]</b>	<b>Costo total [USD]</b>
Afrechillo de arroz	66087	137,5	7414961
TOTAL			7414961

*Fuente: Elaboración propia*

**Insumos**

A continuación, en la Tabla 17.8 se muestra el consumo y costo de los insumos, medios para reacción, etc. El precio y los proveedores, se encuentra detallado en el Capítulo 3 “Estudio de Mercado”.

Tabla 17-8 Insumos.

<b>Insumo</b>	<b>Cantidad requerida [t]</b>	<b>Precio unitario [USD/t]</b>	<b>Costo total [USD]</b>
Hidróxido de sodio al 46%	1148	937,5	1130063
Ácido clorhídrico al 34%	1908	187,5	393525
Anhídrido acético	4960	1850	10093600
TOTAL			11617188

*Fuente: Elaboración propia.*

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

**Servicios auxiliares**

Se considera vinculado de manera directa al proceso los servicios de agua, gas natural, electricidad y expensas del terreno donde los proveedores de los mismos y costos asociados se encuentran detallados el Capítulo 9 “Servicios auxiliares”. En la Tabla 17.9. se puede observar el costo asociado al consumo de la planta para cada uno de estos cuatro servicios.

Tabla 17-9 Servicios.

Servicio	Unidad	Consumo anual	Precio unitario	Unidad	Costo total [USD]
Gas	m <sup>3</sup>	6077904	0,0177	USD/m <sup>3</sup>	107573,52
Electricidad	kW	45624432	0,03156	USD/kW	1440063,19
Agua	m <sup>3</sup>	399042	0,00292	USD/m <sup>3</sup>	1165,34
Expensas terreno	l	2640	107	USD/l	282480
<b>TOTAL</b>					<b>1831282</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

**Mano de obra directa**

Corresponde a todos aquellos recursos humanos que trabajan en relación directa con el proceso de producción. El importe que se paga por hora se establece en base a datos brindados por el Sindicato de Trabajadores de Industrias Alimenticias (STIA) y se detalla en la Tabla 17.10. El valor del costo total anual de MO directa incluye las cargas sociales, consideradas como un 45% del valor nominal y el aguinaldo.

Tabla 17-10 Mano de obra directa.

Área/Sector	Cargo	Cantidad de personal	Jornal por hora	Aguinaldo	Cargas sociales	Costo total anual
Producción	Operarios	32	3,75	28011,89	163869,58	528024,20
<b>TOTAL</b>						<b>528024,20</b>

*Fuente: Elaboración propia*

**Total costos directos**

En la Tabla 17.11 y Gráfico 17.4 se resumen los costos directos asociados a la producción de almidón acetilado en el transcurso de 20 años con su correspondiente porcentaje.



## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

Tabla 17-11 Resumen costos directos.

Costos directos	Costo total [USD]	%
Materia prima	7414961	35
Insumos	11617188	54
Mano de obra directa	528024,2	2
Servicios	1831282	9
TOTAL	21391455,2	100

Fuente: Elaboración propia

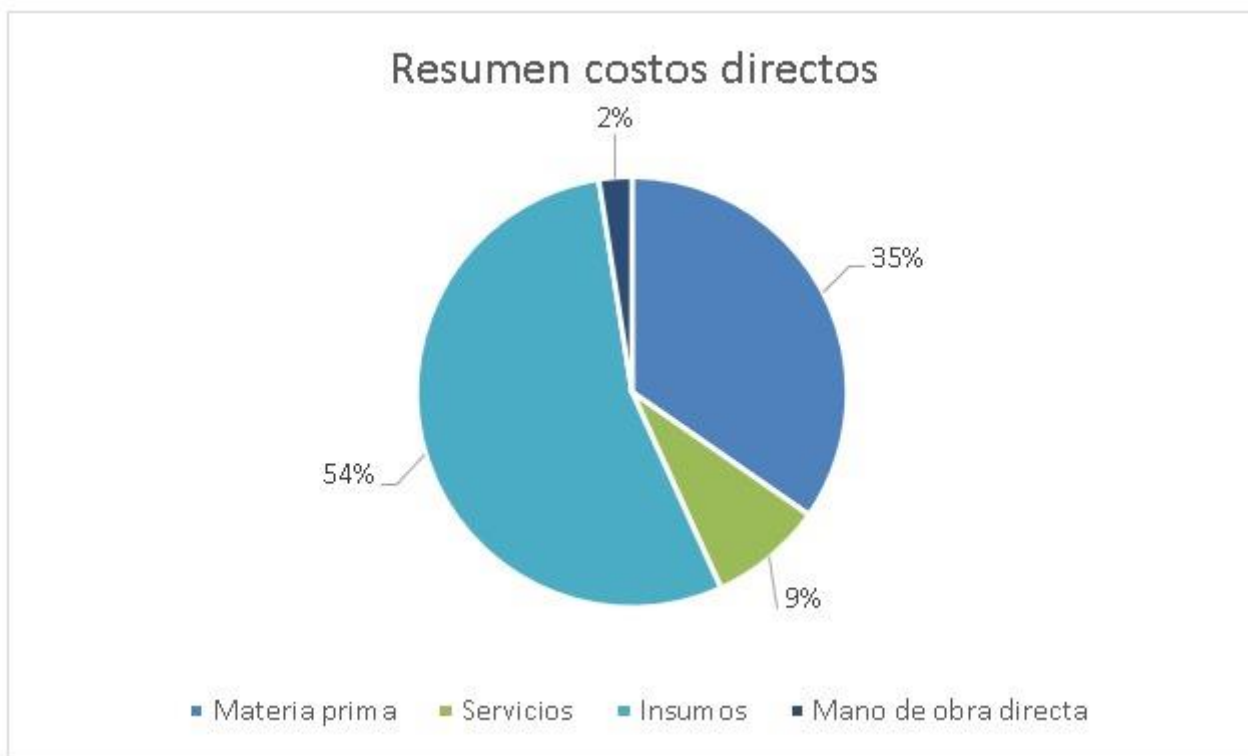


Gráfico 17-4 Resumen costos directos.

Fuente: Elaboración propia.

### 17.3.2 Costos indirectos

Los costos indirectos, también denominados “gastos de fabricación”, son aquellos que no se relacionan directamente con el proceso productivo, pero que influyen en éste, por ejemplo, mantenimiento (personal de limpieza), materiales indirectos (combustibles y lubricantes), comunicaciones (teléfono, wifi, intercomunicadores), entre otros. Los mismos se detallan a continuación en la Tabla 17.12.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Tabla 17-12 Costos indirectos.

Sector	Cargo	Cantidad de personal	Remuneración mensual	Aguinaldo	Cargas sociales	Gasto total anual
Laboratorio	Encargado	1	1180,31	1180,31	6904,82	22248,87
Laboratorio	Analista	1	1127,72	1127,72	6597,18	21257,6
Producción	Encargado	1	1180,31	1180,31	6904,82	22248,87
Producción	Panelista	4	1064,34	4257,38	24905,68	80251,62
Producción	Supervisor	2	1127,72	2255,45	13194,37	42515,19
Mantenimiento	Encargado	1	1180,31	1180,31	6904,82	22248,87
Mantenimiento	Supervisor	1	1127,72	1127,72	6597,18	21257,6
Mantenimiento	Operarios	3	900,38	2701,15	15801,71	50916,62
Calidad, DyD	Encargado calidad	1	1180,31	1180,31	6904,82	22248,87
Calidad, DyD	Encargado DyD	1	1180,31	1180,31	6904,82	22248,87
Ventas y logística	Encargado	1	1040	1040	6084	19604
Ventas y logística	Comerciales	1	909,53	909,53	5320,76	17144,66
Compras	Encargado	1	1040	1040	6084	19604
RRHH	Encargado	1	1040	1040	6084	19604
Gerencia	Gerente general	1	2123,89	2123,89	12424,78	40035,40
Administrativo	Encargado	1	1040	1040	6084	19604
Administrativo	Recepcionista	1	909,53	909,53	5320,76	17144,66
<b>TOTAL</b>						<b>480184</b>

*Fuente: Elaboración propia*

**17.3.3 Costo total de producción**

En la Tabla 17.13 y Gráfico 17.5 se resumen los costos directos e indirectos asociados a la producción de almidón acetilado en el transcurso de 20 años con su correspondiente porcentaje.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Tabla 17-13 Costo total de producción.

<b>Categoría o costos</b>	<b>Monto</b>	<b>%</b>
Costos directos	528024	52
Costos indirectos	480184	48

Fuente: Elaboración propia

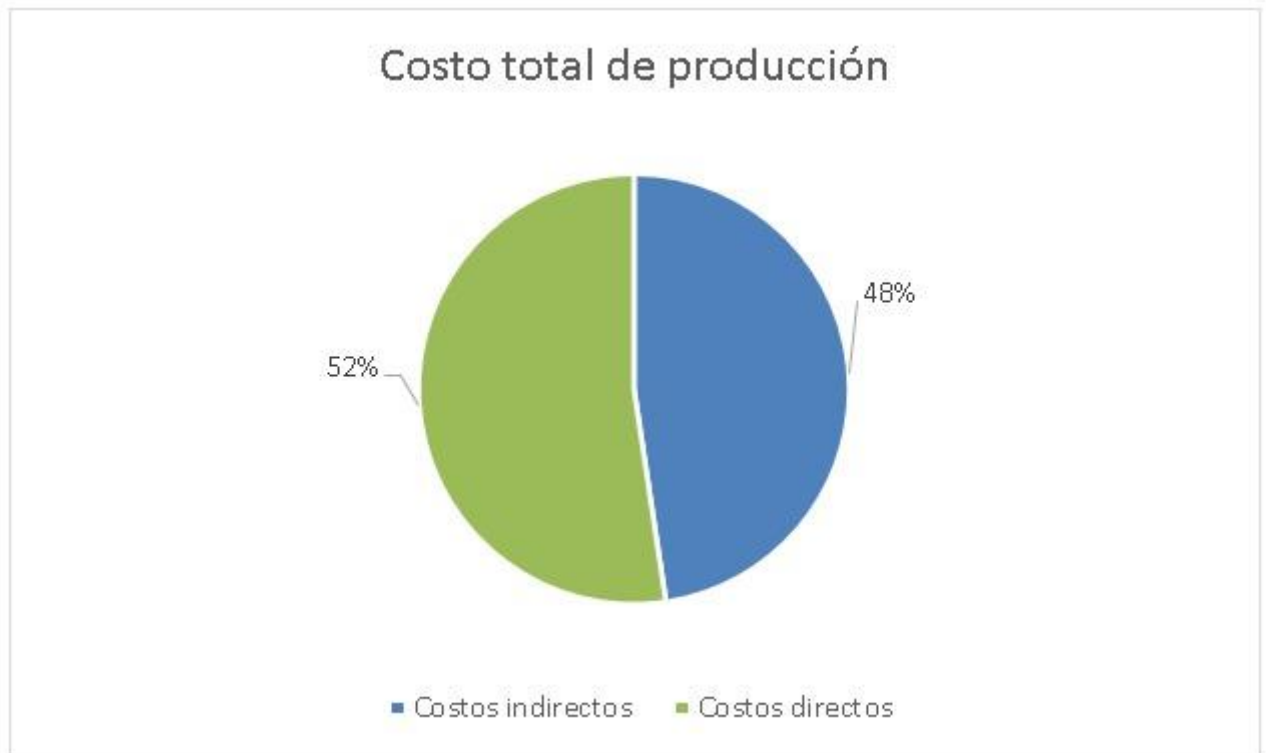


Gráfico 17-5 Costo total de producción.  
Fuente: Elaboración propia

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

### 17.4 Financiación del proyecto

Una empresa está financiada cuando ha pedido capital en préstamos para cubrir cualquiera de sus necesidades. En este proyecto de producción, el capital que se requiere para la inversión es aportado por el Banco Internacional con una TNA de 6% y sistema de amortización francés. El sistema de amortización francés es aquel mediante el cual el prestatario se compromete a pagar unas cuotas periódicas constantes, que incluyen capital e intereses. Estas cuotas se calculan siguiendo una regla financiera, mediante este procedimiento de cálculo, se obtiene una cuota de amortización constante en cada período. De esta forma, siempre se paga la misma cantidad, si el préstamo se concedió a un tipo de interés fijo. Existe una variante cuando el interés es variable, referenciado con un indicador, que normalmente es el interés interbancario de referencia de cada país. En este caso, las cuotas son constantes en los períodos de tiempo en que este indicador no varía.

El cálculo de la cuota se realiza con la siguiente ecuación:

$$\text{Valor de la cuota} = \frac{\frac{TNA}{100}}{1 - \left(1 + \frac{TNA}{100}\right)^{-n}} * INV$$

Donde

*n*: número de cuotas (10 años)

*INV*: monto de la inversión en (USD)

En la Tabla 17.14 se puede observar el modo de financiamiento acordado junto con la inversión necesaria y demás condiciones obtenidas a partir de la Ecuación planteada anteriormente.

Tabla 17-14 Modo de financiamiento.

Modo de financiamiento	
Monto de inversión [USD]	23964438,39
TNA	6%
Número de cuotas	10
Valor de cuota	3255999
IVA	21%
Tasa de seguro	0.15
Sistema utilizado	Francés

Fuente: Elaboración propia.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Se detalla en la Tabla 17.15 la amortización del crédito solicitado.

Tabla 17-15 Amortización del crédito solicitado.

Cuota	Capital	Interés	IVA	Seguro	Cuota
1	1818133	1437866	301952	35947	3593898
2	1927221	1328778	279043	33219	3568262
3	2042854	1213145	254760	30329	3541088
4	2165425	1090574	229020	27264	3512284
5	2295351	960648	201736	24016	3481752
6	2433072	822927	172815	20573	3449387
7	2579056	676943	142158	16924	3415081
8	2733799	522199	109662	13055	3378716
9	2897828	358171	75216	8954	3340169
10	3071697	184302	38703	4607	3299310
TOTAL		8595555	1805066	214889	34579948

*Fuente: Elaboración propia.*

### 17.5 Gastos fijos, variables y ventas

En toda actividad existen dos tipos de gastos: los fijos y los variables. Los gastos variables son los que están relacionados directamente con el volumen de producción de tal forma que, a medida que aumentan las unidades producidas, también aumentan los gastos. Se trata de:

- Compras de materias primas, de productos semiterminados o de productos terminados, es decir, del producto que vas a vender o de los materiales para poder fabricarlo. Aquí también se incluyen las compras de otros productos necesarios para poder hacer las ventas.
- Servicios subcontratados: tareas relacionadas con la fabricación del producto que has decidido externalizar.
- Gastos de transporte de las materias primas, los productos semiterminados o los productos terminados. También se incluyen los gastos de transporte para enviar el producto al cliente.
- Descuentos sobre ventas: si haces descuentos por volumen (rappels) o por pronto pago, debes considerar la cantidad descontada como un gasto más.

Los gastos fijos son los que vas a tener por el mero hecho de que tu negocio esté en marcha. El hecho de que estos gastos se denominen fijos no quiere decir que los vayas a tener que afrontar todos los meses, sino que este concepto simplemente se refiere a que no dependen del volumen de producción/ventas. Algunos de estos gastos sí serán recurrentes, pero habrá

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

otros gastos fijos que tendrán carácter puntual como por ejemplo los de reparaciones. Los gastos fijos se pueden englobar en las siguientes categorías:

- Alquileres.
- Reparaciones y conservación: se trata de gastos relacionados con el mantenimiento y la conservación tanto de locales como de cualquier bien de inversión utilizado en la actividad.
- Servicios profesionales: aquí se incluyen los gastos de asesoría, abogados, arquitectos, economistas y profesionales en general.
- Seguros: primas de seguros relacionados con la actividad.
- Servicios bancarios: aquí se incluyen comisiones, gastos bancarios e intereses de deudas.
- Publicidad: gastos en publicidad, relaciones públicas, etc.
- Suministros: gastos de agua, luz, internet, teléfono, etc.
- Tasas e impuestos.
- Sueldos y salarios.
- Amortizaciones: parte proporcional de las inversiones que se llevan a gastos cada año.

En la Tabla 17.16 y en el Gráfico 17.6 se pueden observar los costos fijos, variables e ingresos por ventas para los primeros diez años de producción de almidón acetilado.

Tabla 17-16 Costos fijos, variables e ingreso por ventas.

<b>Año</b>	<b>Costos fijos</b>	<b>Costos variables</b>	<b>Ingreso por ventas</b>
1	5244102	16918618	25784937
2	5163183	17307021	27090503
3	5136009	18101925	28396069
4	5107205	18896828	29701636
5	5076673	19691732	31007202
6	5044308	20486635	32312769
7	5010002	21281539	33618335
8	4973637	22076442	34923901
9	4935091	22871345	36229468
10	4894231	23666249	37535034

*Fuente: Elaboración propia.*

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

**Relación Costos F/V - Ingresos**

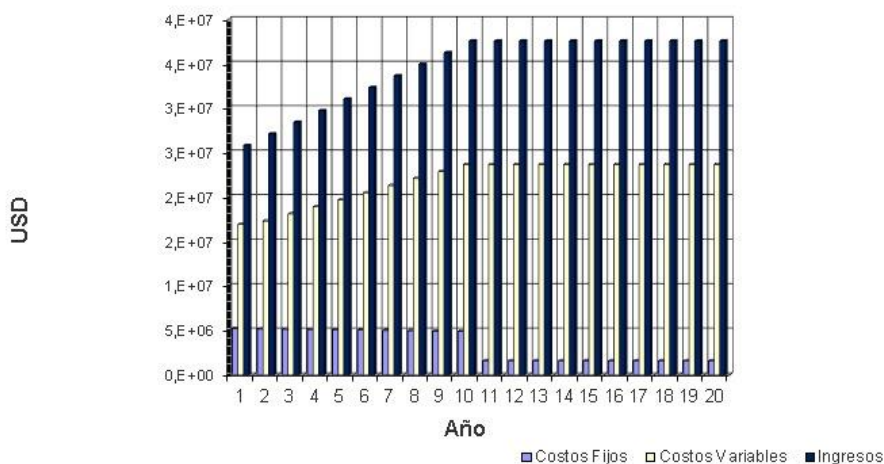


Gráfico 17-6 Costos fijos, variables e ingresos por ventas.  
 Fuente: Elaboración propia.

**17.6 Costo unitario**

Es el valor monetario para producir una tonelada de almidón acetilado, a cierto volumen de producción. Se calcula como el costo de producir todos los bienes (costos fijos + costos variables) entre el número de bienes producidos, este último costo distribuido entre almidón acetilado y producto para alimentación ganadera. Las unidades del costo unitario son USD/t. Mediante la Ecuación detallada a continuación se calcula dicho costo y en la Tabla 17.17 se expresan los resultados.

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Costos fijos} + \text{Costos Variables}}{\text{Total de unidades}} = \frac{\text{Costo total de producción}}{\text{Total de unidades}}$$

Tabla 17-17 Costo unitario.

Almidón acetilado	Costo total de producción [USD]	Volumen de producción [t]	Costo unitario [USD/t]
Año 1	15793428	22120	713,98
Año 10	19287179	32200	598,98

Fuente: Elaboración propia.

**17.6.1 Ingreso por ventas**

La capacidad productiva de la planta en el año 10 es de 32200 t/año y para el proceso de producción, se considera que la industria opera durante las 24 horas del día durante 350 días

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

del año. Con estos datos es posible realizar una estimación de las ventas que se pueden observar en la Tabla 17.18 y Gráfico 17.7.

Tabla 17-18 Ingreso por ventas.

Factor de producción	Almidón acetilado	Ingresos proyectados [t]	Producto para alimentación ganadera	Ingresos proyectados [t]
0,687	Año 1	19115744	Año 1	6669193
0,722	Año 2	20083630	Año 2	7006873
0,757	Año 3	21051515	Año 3	7344554
0,791	Año 4	22019401	Año 4	7682235
0,826	Año 5	22987287	Año 5	8019915
0,861	Año 6	23955173	Año 6	8357596
0,896	Año 7	24923058	Año 7	8695277
0,93	Año 8	25890944	Año 8	9032957
0,965	Año 9	26858830	Año 9	9370638
1	Año 10	27826716	Año 10	9708319

Fuente: Elaboración propia.

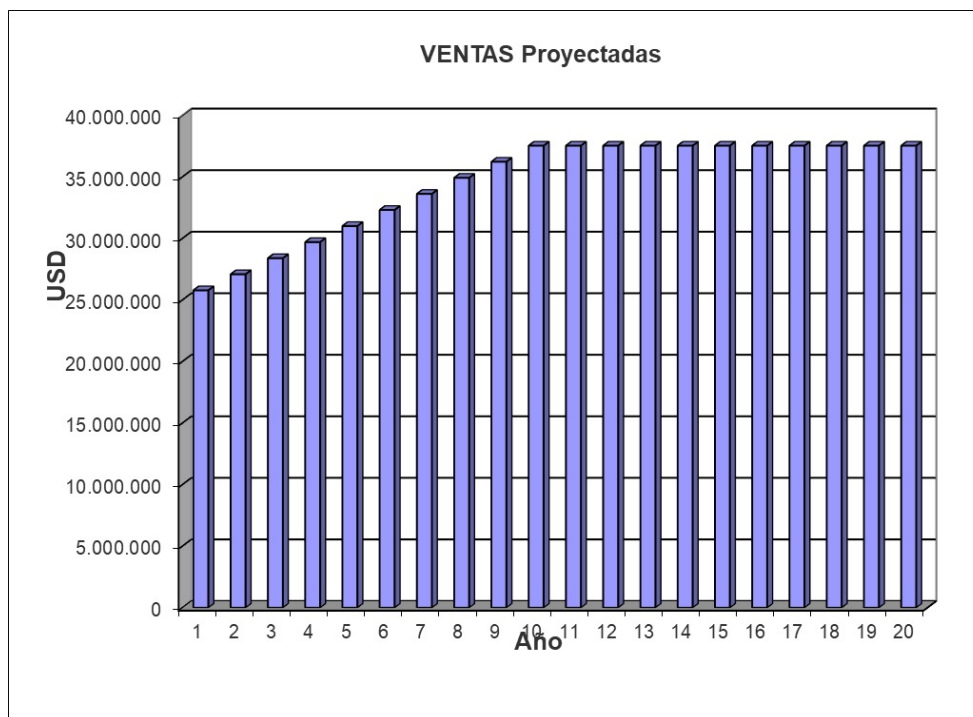


Gráfico 17-7 Ingresos por ventas versus años.

Fuente: Elaboración propia.



## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

### 17.7 Evaluación económica del proyecto

Para determinar la factibilidad económico-financiera del proyecto, se calculan una serie de indicadores económicos. Los mismos permiten saber si será viable o no el proyecto.

A continuación, se nombran los indicadores:

- Rendimiento: se calcula como la relación porcentual entre los Flujos Netos de Efectivo (FNE) y las ventas netas.
- FNE: quedan determinados por la diferencia entre los ingresos y egresos de dinero registrados en un periodo determinado.
- VAN (Valor Actual Neto) es la suma de los FNE actualizados, incluyendo la inversión inicial. Este valor me indica que el proyecto es rentable mientras su valor sea positivo, lo que indica que está ingresando capital a la empresa.
- TIR (Tasa Interna de Retorno) es la tasa que iguala la inversión inicial con la suma de los FNE, hace que el VAN sea igual a cero.
- TMAR, Tasa Mínima Aceptable de Rendimiento.
- PR (Período de Recupero) es el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial.

#### 17.7.1 Estado de resultados

El estado de resultados, se puede apreciar en la Tabla 17.19 para la producción de almidón acetilado se obtiene tras una serie de cálculos de los indicadores nombrados anteriormente.

Para los cálculos se emplearon las siguientes ecuaciones:

- $\text{Ingreso por ventas} = \text{Cantidad vendida} * \text{precio de venta}$
- $\text{Costo total de producción} = \text{Costos de fabricación} + \text{Gastos generales}$
- $\text{Utilidad bruta} = \text{Ingresos por ventas} - \text{Costos total de producción} - \text{Intereses}$
- $\text{Utilidad neta} = \text{Utilidad bruta} - \text{Impuestos las ganancias}$
- $\text{Flujo neto de efectivo} = \text{Utilidad neta} + \text{Depreciación y Amortización} - \text{Pago principal} + \text{Capital de trabajo}$

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Tabla 17-19 Estado de resultados.

<b>Ejercicio</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>	<b>Año 6</b>	<b>Año 7</b>	<b>Año 8</b>	<b>Año 9</b>	<b>Año 10</b>
<b>Ventas netas</b>	25.784.937	27.090.503	28.396.069	29.701.636	31.007.202	32.312.769	33.618.335	34.923.901	36.229.468	37.535.034
<b>Costos de producción de lo vendido</b>	18.311.110	18.647.166	19.437.328	20.227.491	21.017.653	21.807.816	22.597.978	23.388.141	24.178.303	24.968.466
<b>RESULTADO OPERATIVO</b>	7.473.827	8.443.337	8.958.741	9.474.145	9.989.549	10.504.953	11.020.357	11.535.761	12.051.165	12.566.569
<b>Gastos de administración</b>	91.556	93.236	97.187	101.137	105.088	109.039	112.990	116.941	120.892	124.842
<b>Gastos de comercialización</b>	166.157	161.541	162.331	163.121	163.911	164.701	165.491	166.282	167.072	167.862
<b>Gastos de financiación</b>	3.593.898	3.568.262	3.541.088	3.512.284	3.481.752	3.449.387	3.415.081	3.378.716	3.340.170	3.299.310
<b>Depreciación – Amortización</b>	963.184	963.184	963.184	963.184	963.184	963.184	963.184	963.184	963.184	963.184
<b>RESULTADO SIN IMPUESTOS</b>	2.659.032	3.657.115	4.194.952	4.734.419	5.275.614	5.818.642	6.363.611	6.910.639	7.459.848	8.011.370
<b>Depreciación – amortización</b>	963.184	963.184	963.184	963.184	963.184	963.184	963.184	963.184	963.184	963.184
<b>Impuesto a las ganancias</b>	1.833.566	2.338.795	2.611.048	2.884.126	3.158.080	3.432.960	3.708.823	3.985.729	4.263.739	4.542.919
<b>FLUJO NETO DE EFECTIVO</b>	1.788.650	2.281.503	2.547.087	2.813.476	3.080.718	3.348.865	3.617.971	3.888.093	4.159.293	4.431.635

Fuente: Elaboración propia.

## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

### **17.7.2 Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)**

Para formarse, toda empresa debe realizar una inversión inicial. El capital que forma esta inversión puede provenir de varias fuentes: sólo de personas físicas (inversionistas), de éstas con personas morales (otras empresas), de inversionistas e instituciones de crédito (bancos) o de una mezcla de inversionistas, personas morales y bancos. Como sea que haya sido la aportación de capitales, cada uno de ellos tendrá asociado un costo al capital que aporte, y la nueva empresa así formada tendrá un costo de capital propio. Antes de invertir, una persona siempre tiene en mente una tasa mínima de ganancia sobre la inversión propuesta, llamada TMAR. En nuestro caso, el capital proviene del Banco y la misma es muy baja, es simplemente el interés que la institución cobra por hacer un préstamo. En el momento de realizar el análisis económico la TMAR correspondiente es de 6%.

### **17.7.3 Criterios de evaluación**

Se presentan a continuación los principales criterios utilizados en la evaluación de proyectos de inversión. Las principales alternativas de evaluación son el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). Si bien son las mejores alternativas, el VAN es en todos los casos superior a la TIR. Además del análisis del VAN y la TIR, se analiza el período de recupero de la inversión (PRI).

### **17.7.4 Valor actual neto (VAN)**

El VAN es el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial. Es decir, se comparan las ganancias esperadas con los desembolsos necesarios para producir esas ganancias, en términos de su valor equivalente en el tiempo cero. Para aceptar un proyecto las ganancias deberán ser mayores que los desembolsos, lo cual dará como resultado que el VAN sea mayor a cero. Para calcular el VAN se utilizan los FNE y la TMAR. Si el  $VAN=0$  no se aumenta el patrimonio de la empresa durante el horizonte planeado. Si el  $VAN>0$ , sin importar cuánto supere a cero ese valor, esto sólo implica una ganancia extra después de ganar la TMAR aplicado a lo largo del período considerado. Esto explica la gran importancia que tiene seleccionar una TMAR adecuada. Si el VAN es negativo se debe rechazar el proyecto.

Como conclusiones generales del uso del VAN como método de análisis se puede decir que se interpreta fácilmente su resultado en términos monetarios y que su valor depende exclusivamente de la TMAR seleccionada

En la Tabla 17.20 se muestra un resumen de los 3 principales indicadores considerados al momento de la evaluación de rentabilidad del proyecto de producción de almidón acetilado.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

### 17.7.5 Tasa interna de retorno (TIR)

Podemos definirla como la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, o también como la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial.

Se llama tasa interna de retorno o tasa interna de rendimiento, justamente porque se supone que el dinero que se gana año a año se reinvierte en su totalidad. El criterio de aceptación que emplea el método de la TIR es: si ésta es mayor que la TMAR, se acepta la inversión; es decir, si el rendimiento de la empresa es mayor que el mínimo fijado como aceptable, la inversión es económicamente rentable. En la Tabla 17.20 se muestra el valor de la TIR para el proyecto en análisis.

### 17.7.6 Período de recuperación de la inversión (PRI)

Uno de los criterios tradicionales de evaluación bastante difundido es el del periodo de recuperación de la inversión, mediante el cual se determina el número de periodos necesarios para recuperar la inversión inicial, resultado que se compara con el número de periodos aceptable por la empresa. Como el flujo neto difiere entre periodos, el cálculo del PRI se realiza determinando por suma acumulada el número de periodos que se requiere para recuperar la inversión. A continuación, en la Tabla 17.20 se muestra el período de recupero de la inversión inicial para el proyecto en cuestión.

Tabla 17-20 Indicadores económicos.

Indicador	Valor	Observación
VAN	23.474.628	Aceptable
TIR	14%	Aceptable
PRI	8,14	años

Fuente: Elaboración propia.

Se puede concluir que

- El valor obtenido de VAN indica que la inversión a realizar es económicamente rentable debido a que supera ampliamente mínimo.
- La tasa interna de retorno de la inversión es mayor que la TNA, ya que  $14\% > 6\%$ . Lo que indica que el proyecto es rentable.
- La inversión se recupera en 8 años y 2 meses, lo que representa un valor atractivo ya que no excede los diez años tomados como proyección del análisis financiero.

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

**17.7.7 Análisis de sensibilidad**

El análisis de sensibilidad determina los márgenes de rentabilidad de un proyecto desde otra perspectiva, que es el aumento o reducción de un indicador económico como el VAN y/o la TIR, frente a la fluctuación de las principales variables consideradas en el estudio económico. De acuerdo con esto, se analiza la variación de ambos indicadores con la desviación del precio de venta, costos de MO, gas, materia prima y energía eléctrica; siendo las principales variables que influyen en las utilidades. En los Gráficos 17.8 y 17.9 se puede observar la variación de la TIR y el VAN en base a la variación de los diferentes parámetros analizados.

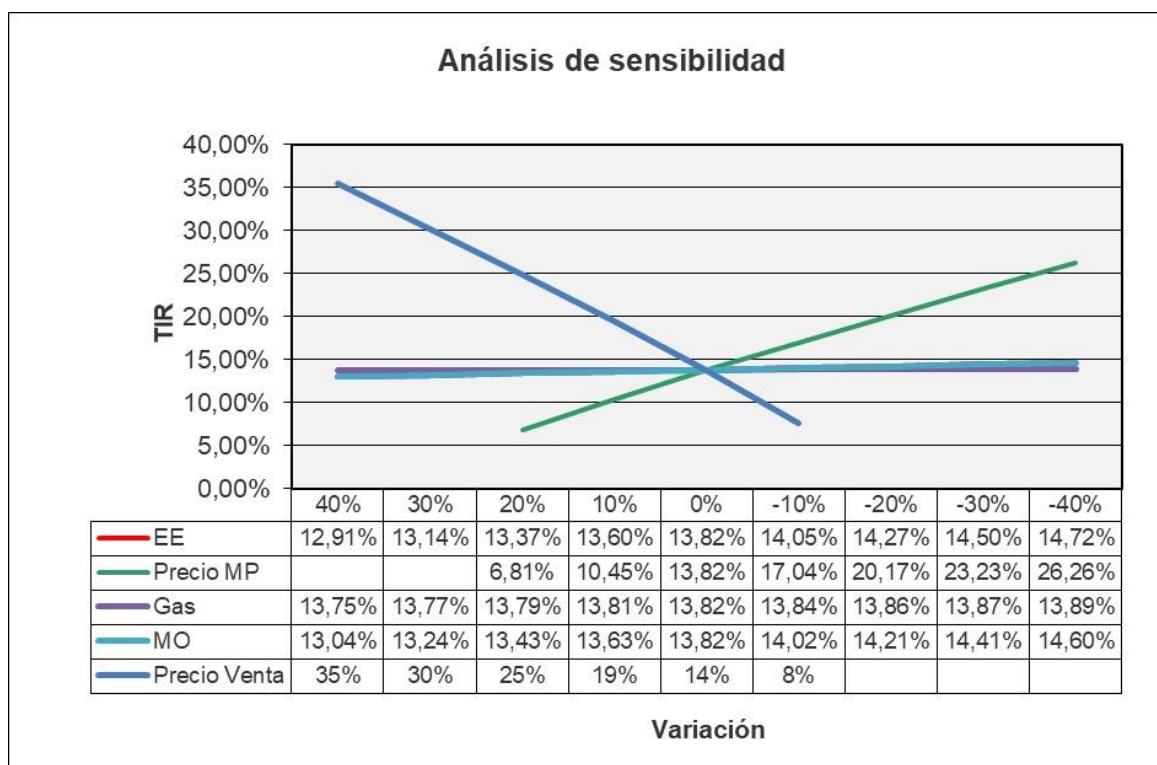


Gráfico 17-8 Variación de la TIR.  
Fuente: Elaboración propia.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

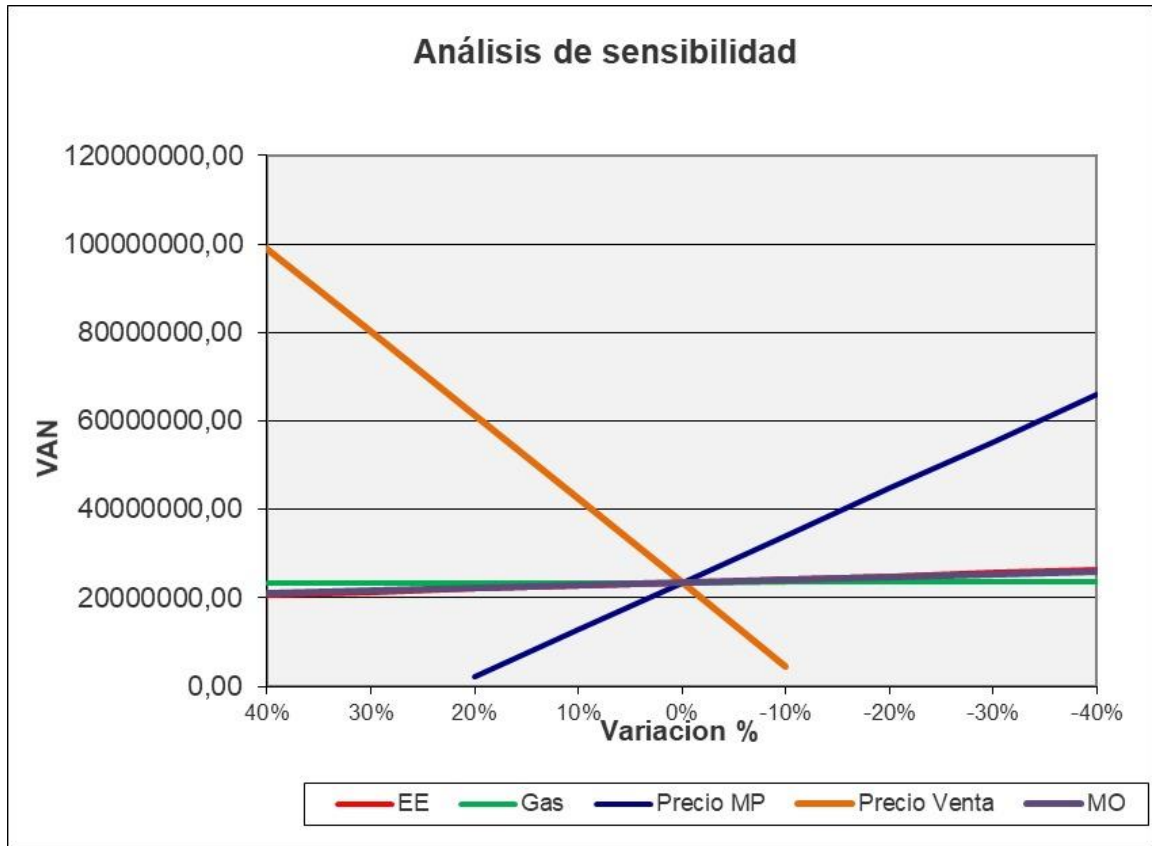


Gráfico 17-9 Variación del VAN.  
Fuente: Elaboración propia.

### 17.8 Resumen del estudio económico financiero

A modo de cierre del capítulo económico financiero, se puede concluir que la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto es de USD 23.964.438,4 el cual se obtendrá a través de un crédito financiado por el Banco Internacional con una tasa nominal anual fija del 6% y con un plazo de pago de 10 años. A partir de los resultados obtenidos del análisis de los indicadores económicos:

- VAN: USD 23.474.628
- TIR: 14%.
- PRI: 8,14 años.

Los resultados obtenidos demuestran que el proyecto en cuestión es factible económicamente hablando. En cuanto al análisis de sensibilidad, se llega a la determinación de que:

- Mano de obra, energía eléctrica y gas: escasa influencia sobre la TIR y el VAN.
- Precio de venta: el mismo no debe superar una baja del 12%.
- Precio de la materia prima: no se debe aumentar el valor por encima del 22%.

## **OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

### **18 Conclusiones**

En las diferentes etapas del proyecto, considerando el análisis de las características del mismo, la elección de procesos, capacidad, cálculo y diseño de equipos industriales, accesorios, y factibilidad del proyecto, se logró cumplir con los objetivos planteados en el Capítulo 1.

Realizando el estudio del entorno socioeconómico que rodea la comercialización del almidón acetilado y teniendo en cuenta en este análisis las materias primas e insumos necesarios, la localización del mercado y la capacidad de consumo del producto, se eligió como localización estratégica de la planta el Parque Industrial Villaguay, provincia de Entre Ríos.

Teniendo en cuenta el análisis realizado en el estudio de mercado se concluye mediante la proyección de la demanda insatisfecha del producto, que la capacidad de fabricación de la planta necesaria para satisfacer el mercado nacional es de 32200 toneladas por año para el horizonte de 10 años de aplicación del proyecto.

En el estudio económico y financiero, el proyecto resulta factible ya que la tasa interna de retorno (TIR) es considerablemente mayor a la tasa nominal anual de interés financiada por el banco. Además, el VAN es de aproximadamente 23 millones de dólares, lo que lo define como un proyecto rentable, que tiene un período de recupero de la inversión de 8 años y 2 meses.

En cuanto al análisis de sensibilidad el proyecto tiende a ser sensible ante los aumentos del precio de materias primas y la disminución del precio de venta.

Se puede decir que en el desarrollo del proyecto destina a la producción de almidón acetilado a partir de afrechillo de arroz se ha logrado plasmar herramientas y conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera, lo cual demuestra la capacidad adquirida de las integrantes para resolver problemas reales de dicha envergadura.

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

## 19 Bibliografía

- Baltazar Flores, R. A. (2017). Efecto del tiempo de acetilación sobre el grado de sustitución, viscosidad aparente, absorción de agua y solubilidad e hinchamiento en agua de almidón de arracacha (*arracacia xanthorrhiza*) variedad morada. Huamachuco, Perú.
- Barrios, L., & Diaz, O. (2013). Extracción de almidón a partir de arroz de rechazo molido como viscosante en la elaboración de cinco cosméticos.
- BeMiller, J., & Whistler, R. (2009). *Starch Chemistry and Technology*.
- Bomberos. (2020).
- Carrera Calafell, D. (2018). Propuesta de Tecnologías para la acetilación de almidón de yuca.
- Combale, F. (2020). Producción de ácido tereftálico a partir de p-xileno.
- CPT. (2016). Obtenido de <http://www.cirprotec.com/es/Solutions/Safeground/Importancia-del-sistema-de-puesta-a-tierra#:~:text=El%20sistema%20de%20puesta%20a,en%20el%20material%20el%C3%A9ctrico%20utilizado>.
- Espinosa, Aparicio, & Rodriguez. (2020).
- Faradayos. (2020). Obtenido de <https://www.faradayos.info/2014/01/tipos-tomacorrientes-nema-aplicacion.html>
- Generac. (2020). Obtenido de <https://blog.generaclatam.com/generador-electrico-industrial>
- Gerber, & Stratta. (2021). Producción de monoetanolamina a partir de amoníaco y óxido de etileno.
- Gerber, & Stratta. (2021). Producción de monoetanolamina a partir de amoníaco y óxido de etileno. Villa María.
- Hoffman, N. (2021). Obtenido de <https://hoffman-latam.com/blog/que-es-un-gabinete-o-tablero-electrico/>
- Horianski, M. A. (2019). Digestibilidad in vitro y propiedades fisicoquímicas del almidón de mandioca modificado por la combinación de tratamientos hidrotérmicos y químicos. Posadas.
- INSHT. (2015). *Iluminación en el puesto de trabajo*.
- Lifeder. (2021). Obtenido de <https://www.lifeder.com/conductores-electricos/>
- Mecafenix, I. (2019). Obtenido de <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/tableros-electricos/>
- Mendez, A. (2015). *Afrecho de arroz: un producto para agregar valor*. Ministerio de Trabajo, Migraciones y Seguridad Social. (s.f.).
- Moreno, R. (1993).
- OIT. (2019). *Equipos de protección personal*.
- OyP. (2015). *Sistema de detección y alarma contra incendio*.



**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

- Parada, G., & Perez. (1998). *Obtención y caracterización de carbohidratos para aplicación en alimentos de regímenes especiales*. Baños - Ecuador.
- Pereyra, F., & Misael, C. (2018). *Obtención y caracterización de almidón químicamente modificado de arroz*. Entre Ríos.
- Perez Montaña, B. V. (2017). *Modificación del almidón en tres variedades de papa nativa (solanum tuberosum), recolectada en la provincia de Ingavi, y sus aplicaciones en ciencia de alimentos*. La Paz, Bolivia.
- Salas Ramirez, A. (2016). *Fundamentos de administración*.
- Sapag, N., & Sapag, R. (1989). *Preparación y evaluación de proyectos*.
- Strucplan. (2010). *Actividades industriales. Protección contra incendios*.
- TECSA. (2019). Obtenido de <https://www.tecsagro.com.mx/blog/que-es-un-transformador-electrico/>
- Tupa Valencia, M. V. (2019). *Modificación organocatalítica de almidón para la obtención sostenible de derivados de alto valor agregado*. Buenos Aires.



# ANEXO 1

## CONTROL DE CALIDAD

## **20 Anexo 1: Control de Calidad**

### **POES-01 Limpieza y desinfección de pisos**

Objetivo:

Establecer los procedimientos para la limpieza y desinfección de pisos.

Alcance:

Pisos de zona de elaboración.

Responsable:

Personal encargado de cada área.

Frecuencia:

Este procedimiento es llevado a cabo una vez por turno.

Materiales:

- Agua potable
- Escobas
- Trapos
- Cepillos
- Detergente (marca / 15% materia activa)
- Desinfectante (marca / 55 g/L Cl<sub>2</sub>)

Se realiza la limpieza de los pisos de cada sector una vez finalizadas las operaciones y después de la limpieza de los equipos.

Procedimiento:

- 1 Recoger residuos sólidos mediante el barrido y recolectar los mismos en bolsas de residuos.
- 2 Aplicar detergente y refregar con cepillos donde sea necesario.
- 3 Enjuagar con abundante agua hasta que no quede ningún residuo de detergente.
- 4 Aplicar solución desinfectante y dejar actuar 15 minutos.
- 5 Enjuagar nuevamente con abundante agua.
- 6 Retirar el exceso de agua haciéndolo correr hacia las rejillas de desagüe.

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

## **POES-02 Limpieza y desinfección de manos**

### Objetivo:

Establecer los procedimientos para un eficaz lavado de manos lo que contribuye enormemente a prevenir las enfermedades alimenticias debidas a manos contaminadas.

### Alcance:

Toda persona presente en el establecimiento.

### Frecuencia:

Este procedimiento debe realizarse:

- 1 Antes de empezar a trabajar.
- 2 Durante la preparación de los alimentos.
- 3 Cuando se mueva de un área de preparación de alimentos a otra.
- 4 Antes de colocarse o cambiarse los guantes
- 5 Después de ir al baño.
- 6 Luego de sacudirse, toser o usar un pañuelo o servilleta.
- 7 Luego de tocarse el cabello, la cara o el cuerpo.
- 8 Luego de Fumar, comer, beber o mascar chiclet o tabaco.
- 9 Luego de manipular carnes, pollo o pescado crudo.
- 10 Luego de las actividades de limpieza.
- 11 Luego de tocar platos, equipo o utensilios sucios.
- 12 Luego de manejar basura
- 13 Luego de manejar dinero
- 14 Luego de que las manos se hayan ensuciado por cualquier razón.

### Materiales:

- Agua potable
- Jabón desinfectante/bactericida
- Cepillo
- Toalla de papel

### Procedimiento

- 1 Moje sus manos con agua caliente, corriente
- 2 Aplique jabón.
- 3 Estruje sus manos, antebrazos, debajo de las uñas, entre los dedos por al menos 15 segundos.
- 4 Enjuague con agua corriente por 5-10 segundos (para completar 20 segundos del proceso completo de lavado y enjuague de las manos).
- 5 Seque sus manos con toallas de papel o secador de manos por al menos 30 seg.
- 6 Cierre la llave del agua usando la toalla de papel

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

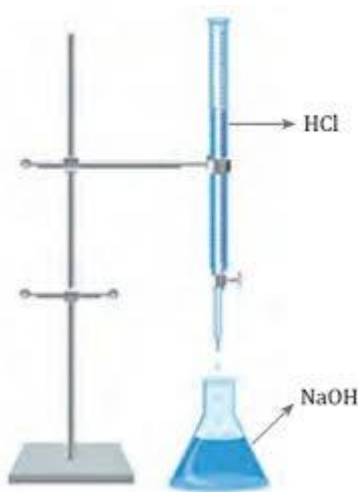
7 Use la toalla de papel para abrir la puerta cuando salga del baño

**Técnica de titulación ácido – base para la determinación de concentración de NaOH (T – 01 – MP).**

Se evaluará la concentración del NaOH para compararla contra la del proveedor, para esto se requiere de las siguientes soluciones:

- Fenolftaleína
- Solución de HCl 1 N valorada

Para comenzar con la técnica se seca bien un matraz, luego se pesa aproximadamente 1 gr de NaOH en este matraz (se debe de registrar este valor en R-01-MP), se agrega 50 ml de agua desionizada y 2 -3 gotas de Fenolftaleína como indicador, luego, se procede a titular con HCl 1 N valorado con su respectivo Factor de Corrección. Se titula hasta un viraje de rojo a transparente y se registra el gasto de HCl 1 N en R-01-MP.



**Técnica de titulación ácido – base para la determinación de concentración de HCl (T – 02 – MP ).**

Se evaluará la concentración del HCl para compararla contra la del proveedor, para esto se requiere de las siguientes soluciones:

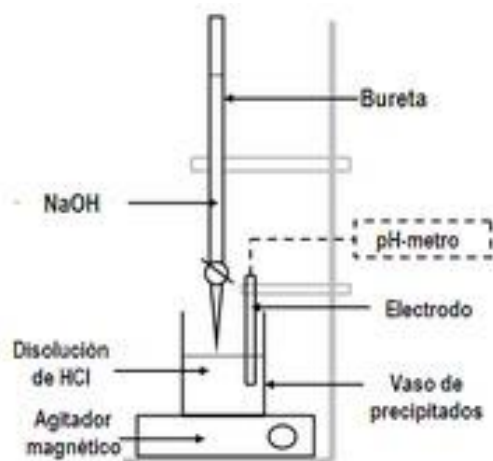
- Fenolftaleína
- Solución de NaOH 1 N valorada

Para comenzar con la técnica se seca bien un matraz, luego se pesa aproximadamente 1 gr de HCl en este matraz (se debe de registrar este valor en R-02-MP), se agrega 50 ml de agua

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

desionizada y 2 -3 gotas de Fenolftaleína como indicador, luego, se procede a titular con NaOH 1 N valorado con su respectivo Factor de Corrección. Se titula hasta un viraje de transparente a rojo y se registra el gasto de NaOH 1 N en R-02-MP.



### **Técnica de determinación del grado de pureza de un compuesto mediante cromatografía gaseosa (T – 03 – MP)**

La cromatografía de gases es la técnica analítica que permite separar, identificar y determinar la concentración de cada uno de los componentes de una muestra. Durante el proceso de medida un pequeño volumen de muestra se inyecta en un flujo de gas portador que lo introduce y empuja a través de una columna.

La muestra se volatiliza en el inyector y luego se introduce en la columna capilar dentro del horno. La columna contiene recubrimientos en la pared que cumple la función de la fase estacionaria. La muestra volatilizada es arrastrada por un gas llamado “carrier” (fase gaseosa) que generalmente es He o N<sub>2</sub>. La separación se logra debido a la interacción diferenciada de los componentes de la muestra con las fases presentes: la fase estacionaria y la fase gaseosa. Los compuestos que presentan mayor interacción con la fase estacionaria, recorrerán más lentamente la columna saliendo de ella a mayor tiempo de elución. Por el contrario, los componentes con menor afinidad por la columna, como también el gas carrier, saldrán primero de la columna y tendrán, por lo tanto, los menores tiempos de retención (intervalo de tiempo en que el analito se encuentra en la columna).

Los componentes principales de un cromatógrafo son:

- Fuente de gas
- Sistema de inyección
- Horno y columna cromatográfica
- Sistema de detección
- Sistema de registro

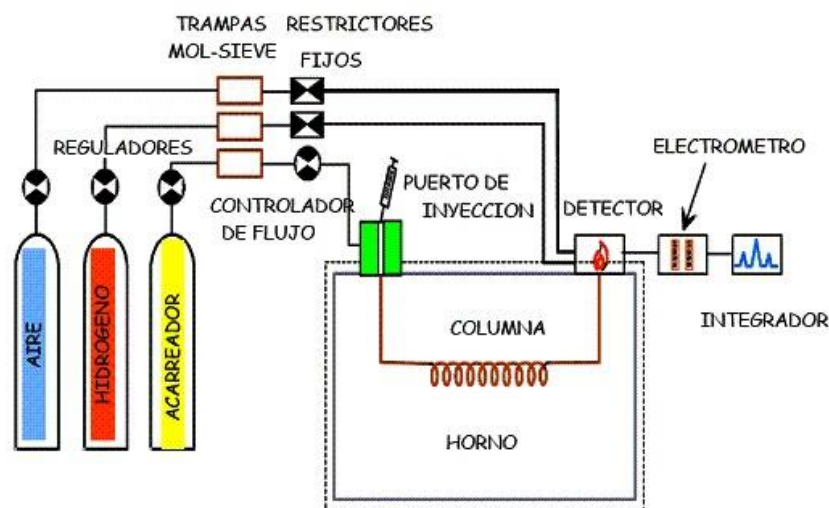
## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

Las muestras deben estar adecuadamente etiquetadas, envasadas y acondicionadas para asegurar su identificación, integridad y conservación.

Las muestras se proporcionarán debidamente precintadas, rotuladas y en muestras gaseosas, adecuadamente envasadas en bolsas TELKDAR.

La cantidad mínima para realizar el ensayo será de 100  $\mu$ L en muestras líquidas y de al menos 100 mL en muestras gaseosas.



### Técnica de determinación de la densidad (T – 04 – MP)

Una variación en la materia prima, indicada por un cambio en la densidad, podría tener un resultado perjudicial para el funcionamiento o la calidad del producto final. La medición de la densidad de materias primas y productos, puede usarse para confirmar la pureza del material. Si se ha adulterado una sustancia con una alternativa más económica, la densidad medida del material compuesto será diferente de la de la sustancia pura.

El método más ampliamente usado es el de la técnica de empuje que usa el principio de Arquímedes, el cual afirma que: un cuerpo sumergido en un fluido manifiesta una pérdida de peso aparente igual al peso del fluido que desplaza. Este antiguo principio, que data del año 200 a. C. aproximadamente, es el que, precisamente, se usa hoy en día para determinar la densidad de forma gravimétrica. Por tanto, una medición exacta de la densidad depende en gran medida de la exactitud de los valores de peso.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Para líquidos, el densímetro se introduce verticalmente y con cuidado en el líquido, y se deja en reposo hasta que flote libre y verticalmente. A continuación, se observa en la escala graduada en el vástago del densímetro su nivel de hundimiento en el líquido; esa es la lectura de la medida de la densidad relativa del líquido.

Los datos obtenidos al realizar la técnica deben ser registrados en R-04-MP.



### **Técnica para la determinación de humedad por termobalanza (T – 05 – MP; T – 01 – PT)**

Es posible determinar el contenido de humedad en muestras en 15- 30 min, mediante el calentamiento en una termobalanza, en donde se coloca la muestra en un platillo de aluminio. La balanza registra automáticamente la pérdida de peso y el contenido de humedad presente en la muestra.

Procedimiento:

- Ajustar la temperatura de secado.
- Ajustar el tiempo de secado.
- Tarar la balanza con el platillo vacío.
- Colocar la muestra de forma homogénea.
- Iniciar el secado.
- Leer el porcentaje de humedad.

Los datos obtenidos al realizar la técnica en caso de materia prima deben ser registrados en R-05-MP, mientras que, para producto terminado se utiliza R-01-PT.



# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022



## **Técnica para determinación de porcentaje de grasas mediante extracción tras una hidrólisis previa (T – 02 – PT)**

El contenido denominado como grasa total también abarca las grasas y los componentes adicionales que pueden disolverse en el disolvente para grasa, excluyendo la grasa libre. Para los alimentos, la extracción se realiza según la digestión ácida, es decir, el método según Weibull-Stoldt/Weibull-Berntrop, el más utilizado a la hora de determinar el contenido de grasa total.

La muestra se calienta con ácido clorhídrico para digerir proteínas y liberar lípidos. Se filtra la solución de digestión y se extrae la grasa que queda en el filtro tras realizar el secado con un éter de petróleo. Tras la destilación del disolvente, la muestra se seca y se pesa, y el contenido de grasa se determina con la diferencia entre el peso inicial y el peso final.

C. Gerhardt ha desarrollado el sistema automático de hidrólisis ácida HYDROTHERM para el costoso y peligroso proceso de cocción en ácido clorhídrico y los pasos subsiguientes de filtrado y limpieza. Este sistema pionero y único en todo el mundo hidroliza simultáneamente 6 muestras en ácido clorhídrico en ebullición y realiza la filtración de forma completamente automática e independiente con todos los procesos de lavado hasta haber traspasado toda la grasa y conseguir un pH neutro en el filtro. Dado que se trata de un sistema cerrado, no es necesaria una campana extractora.

Los datos obtenidos al realizar la técnica deben ser registrados en R-04-PT.

## OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*



### **Técnica para la determinación de anhídrido sulfuroso (T – 03 – PT)**

La determinación de anhídrido sulfuroso ( $\text{SO}_2$ ) se basa en una valoración de oxido-reducción donde el anhídrido sulfuroso reacciona con el yodo en medio ácido, en presencia de almidón como indicador. El punto final de la valoración viene determinado por la aparición de color azul oscuro formado por el exceso de yodo que reacciona con el almidón.

Los datos obtenidos al realizar la técnica deben ser registrados en R-05-PT.

### **Técnica para la determinación de % de grupos acetilo (T – 04 – PT)**

El porcentaje de grupos acetilo (Ac%) y el grado de sustitución (DS) de los almidones acetilados se determina por el método de titulación descrito por Wurzburg (1964). Para ello, se mezcla almidón acetilado (1 g) con 50 ml de etanol en 75 ml/l en agua destilada. El matraz de 250 ml que contiene la suspensión se cubre con papel de aluminio y se coloca en un baño de agua a  $50\text{ }^\circ\text{C}$  durante 30 min. A continuación, las muestras se enfrían y se añaden 40 mL de 0,5 equivalente mol/l KOH. La suspensión se mantiene en agitación constante a 200 rpm durante 72 h. Después de este período, el exceso de álcali se titula con 0,05 equivalente mol/l de HCl, usando fenolftaleína como indicador. La solución se deja reposar durante 2 horas y luego se titula cualquier álcali adicional que pudiera haber lixiviado de la muestra. También se

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

utiliza un blanco, utilizando el almidón no modificado original. El % de Ac y el DS se calculan de acuerdo con las siguientes ecuaciones respectivamente.

$$Ac\% = \frac{([V_{blanco} - V_{muestra}] * molaridad\ del\ HCl + 0,043 * 100)}{peso\ de\ la\ muestra}$$

Donde:  $V_{blanco}$  es el volumen de titulación utilizado para la muestra en blanco;  $V_{sample}$  es el volumen de titulación utilizado para cada muestra. Ambos volúmenes de titulación se expresaron en ml; el peso de la muestra se expresó en g. DS se define como el número promedio de sitios por unidad de glucosa que poseen una

$$DS = \frac{(162 * Ac\%)}{(4300 - [42 * Ac\%])}$$

Los datos obtenidos al realizar la técnica deben ser registrados en R-06-PT.






# ANEXO 2

## FICHAS TÉCNICAS DE DATOS DE SEGURIDAD

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

**21 Anexo 2: Higiene y seguridad**

**Fichas técnicas de datos de seguridad**





<b>ACETATO DE SODIO</b>		<b>ICSC: 0565 (Abril 2006)</b>	
Sal de sodio del ácido acético Acetato de sodio anhidro			
CAS: 127-09-3 CE: 204-823-8			
	<b>PELIGROS</b>	<b>PREVENCIÓN</b>	<b>LUCHA CONTRA INCENDIOS</b>
<b>INCENDIO Y EXPLOSIÓN</b>	Combustible.	Evitar las llamas.	Usar agua pulverizada, espuma, polvo, dióxido de carbono.
	<b>SÍNTOMAS</b>	<b>PREVENCIÓN</b>	<b>PRIMEROS AUXILIOS</b>
<b>Inhalación</b>		Usar extracción localizada.	Aire limpio, reposo.
<b>Piel</b>	Enrojecimiento.	Guantes de protección.	Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
<b>Ojos</b>	Enrojecimiento.	Utilizar gafas de protección de montura integral.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
<b>Ingestión</b>		No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Reposo.
<b>DERRAMES Y FUGAS</b>		<b>CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO</b>	
Protección personal: respirador con filtro para partículas adaptado a la concentración de la sustancia en aire. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente tapado. Si fuera necesario, humedecer el polvo para evitar su dispersión. Eliminar el residuo con agua abundante.		Conforme a los criterios del GHS de la ONU	
<b>ALMACENAMIENTO</b>		<b>ATENCIÓN</b>	
Seco. Separado de ácidos fuertes y oxidantes fuertes.		Provoca irritación ocular	
<b>ENVASADO</b>		Transporte Clasificación ONU	
 Organización Internacional del Trabajo		 Organización Mundial de la Salud	
 European Commission		La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea. © OIT y OMS 2018	

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

<b>ACETATO DE SODIO</b>		<b>ICSC: 0565</b>
<b>INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA</b>		
<b>Estado físico; aspecto</b> POLVO BLANCO HIGROSCÓPICO CRISTALINO.	<b>Fórmula:</b> C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> NaO <sub>2</sub> / CH <sub>3</sub> COONa <b>Masa molecular:</b> 82.0 <b>Punto de fusión:</b> 328°C <b>Densidad:</b> 1.5 g/cm <sup>3</sup> <b>Solubilidad en agua, g/100ml a 20°C:</b> 46.5 <b>Temperatura de autoignición:</b> 607°C	
<b>Peligros físicos</b>		
<b>Peligros químicos</b> Se descompone por calentamiento intenso y en contacto con ácidos fuertes. Esto produce humos de ácido acético. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes. La disolución en agua es una base débil.		
<b>EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD</b>		
<b>Vías de exposición</b> La sustancia se puede absorber por ingestión.	<b>Riesgo de inhalación</b> No se puede indicar la velocidad con que se alcanza una concentración nociva de esta sustancia en el aire.	
<b>Efectos de exposición de corta duración</b> La sustancia irrita levemente los ojos y la piel.	<b>Efectos de exposición prolongada o repetida</b>	
<b>LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL</b>		
<b>MEDIO AMBIENTE</b>		
<b>NOTAS</b>		
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>		
<b>Clasificación UE</b>		
 		
La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea. © Versión en español, INSST, 2018		

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*



ANHÍDRIDO ACÉTICO		ICSC 0209 - ANHÍDRIDO ACÉTICO	
Óxido acético Anhídrido etanoico Óxido de acetilo CAS: 108-24-7 Nº ONU: 1715 CE: 203-564-6		ICSC: 0209 (Abril 2005)	
	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>INCENDIO Y EXPLOSIÓN</b>	Inflamable. Por encima de 49°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. Por encima de 49°C, sistema cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosión.	Usar espuma resistente al alcohol, polvo, dióxido de carbono. Ver Notas. En caso de incendio: mantener fijos los bidones y demás instalaciones rociando con agua. NO poner en contacto directo con agua.
<b>¡EVITAR TODO CONTACTO! ¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!</b>			
	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
<b>Inhalación</b>	Tos. Dificultad respiratoria. Jadeo. Dolor de garganta.	Usar ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semincorporado. Puede ser necesaria respiración artificial. Proporcionar asistencia médica.
<b>Piel</b>	Enrojecimiento. Quemaduras oúlneas. Dolor. Ampollas. Síntomas no inmediatos.	Cuantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
<b>Ojos</b>	Lagrimo. Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras.	Utilizar pantalla facial o protección ocular en combinación con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
<b>Ingestión</b>	Dolor abdominal. Sensación de quemazón. Shock o colapso.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Dar a beber uno o dos vasos de agua. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS		CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO	
Consultar a un experto! Protección personal: traje de protección química, pantalla facial y respirador con filtro para gases y vapores ácidos adaptado a la concentración de la sustancia en el aire. Ventilar. Recooger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes precintables. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local.		<p>Conforme a los criterios del GHS de la ONU</p>  <p><b>PELIGRO</b></p>	
<b>ALMACENAMIENTO</b>		Líquido y vapores inflamables Noctivo en caso de ingestión Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares	
A prueba de incendio. Separado de alimentos y piensos y materiales incompatibles. Ver Peligros Químicos. Seco.		Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 3; Peligro Secundario ONU: 3; Grupo de Embalaje/Envase ONU: II	
<b>ENVASADO</b>			
No transportar con alimentos y piensos.			
  <p style="font-size: x-small;">Organización Mundial de la Salud</p>		<p style="font-size: x-small;">La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.</p>  <p style="font-size: x-small;">European Commission</p>	

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

## Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

23/11/21 09:49

ICSC 0209 - ANHÍDRIDO ACÉTICO

ANHÍDRIDO ACÉTICO		ICSC: 0209
<b>INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA</b>		
<p><b>Estado físico; aspecto</b> LÍQUIDO INCOLORO DE OLORES ACIBL.</p> <p><b>Peligros físicos</b></p> <p><b>Peligros químicos</b> Se descompone al arder: sólo produce gases tóxicos y humos tóxicos, incluyendo humos de ácido acético. Reacciona violentamente con alcoholes, aminas, oxidantes, bases fuertes y agua. Ataca muchos metales en presencia de agua o en seco.</p>	<p>Fórmula: <math>C_2H_4O_2(CH_3COO)_2O</math></p> <p>Masa molecular: 102,1</p> <p>Punto de ebullición: 139°C</p> <p>Punto de fusión: -73°C</p> <p>Densidad relativa (agua = 1): 1,08</p> <p>Solubilidad en agua: reacciona</p> <p>Presión de vapor, kPa a 20°C: 0,5</p> <p>Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3,5</p> <p>Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1,01</p> <p>Punto de inflamación: 49°C c.c.</p> <p>Temperatura de autoignición: 316°C</p> <p>Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 2,7-10,3</p> <p>Coefficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0,27</p>	
<b>EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD</b>		
<p><b>Vías de exposición</b> La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor y por ingestión.</p> <p><b>Efectos de exposición de corta duración</b> Lagrimo. La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión. La inhalación puede originar reacciones de tipo asmático.</p>	<p><b>Riesgo de inhalación</b> Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire.</p> <p><b>Efectos de exposición prolongada o repetida</b> La inhalación puede causar reacciones de tipo asmático (IRADG).</p>	
<b>LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL</b>		
<p>MAK: 0,42 mg/m<sup>3</sup>, 0,1 ppm; categoría de limitación de pico: (2); riesgo para el embarazo: grupo C. TLV: 1 ppm como TWA; 3 ppm como STEL; A4 (no clasificado como cancerígeno humano)</p>		
<b>MEDIO AMBIENTE</b>		
<b>NOTAS</b>		
<p>Cuando se mezcla con agua se forma ácido acético. Los incendios importantes deben apagarse con grandes cantidades de agua y a distancia.</p>		
<b>INFORMACIÓN ADICIONAL</b>		
<p>- Límites de exposición profesional (INSST 2021): VLA-ED: 5 ppm; 21 mg/m<sup>3</sup> - Nº de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 607-008-00-9 - Clasificación UE Pictograma: C, R: 10-20/22-34; S: (1/2)-26-36/37,39-45</p>		
 <p>GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL</p>	 <p>INSST INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO</p>	<p>La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la CIT, la OMS ni la Comisión Europea. © Versión en español, INSST, 2018</p>



# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

Z911/21 9:53



ICSC 0163 - CLORURO DE HIDRÓGENO

<b>CLORURO DE HIDRÓGENO</b> Cloruro de hidrógeno, anhidro	<b>ICSC: 0163 (Noviembre 2016)</b>
CAS: 7647-01-0	
Nº ONU: 1050	
CE: 231-595-7	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>INCENDIO Y EXPLOSIÓN</b>	No combustible.		En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado. En caso de incendio: mantener fría la botella rociando con agua. Combatir el incendio desde un lugar protegido.

¡EVITAR TODO CONTACTO! ¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!			
	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
<b>Inhalación</b>	Tos. Dolor de garganta. Sensación de quemazón. Jadeo. Dificultad respiratoria.	Usar ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semincorporado. Puede ser necesaria respiración artificial. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
<b>Piel</b>	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras cutáneas graves. EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Guantes aislantes del frío. Traje de protección.	Utilizar guantes de protección cuando se presten primeros auxilios. Aclarar con agua abundante durante 15 minutos como mínimo, después quitar la ropa contaminada y aclarar de nuevo. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
<b>Ojos</b>	Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa. Quemaduras graves. EN CONTACTO CON LÍQUIDO: CONGELACIÓN.	Utilizar pantalla facial o protección ocular en combinación con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad). Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
<b>Ingestión</b>			

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
¡Evacuar la zona de peligro! ¡Consultar a un experto! Protección personal: traje hermético de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración. Ventilación. Eliminar el gas con agua pulverizada.	<p>Conforme a los criterios del GHS de la ONU</p>  <p><b>PELIGRO</b></p> <p>Contiene gas a presión; puede explotar si se calienta. Tóxico si se inhala. Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares. Puede irritar las vías respiratorias. Ver Notas</p> <p><b>Transporte</b> <b>Clasificación ONU</b> Clase de Peligro ONU: 2.3; Peligro Secundario ONU: 8</p>
<b>ALMACENAMIENTO</b>	
Fresco. A prueba de incendio, si está en local cerrado. Separado de alimentos y piensos y materiales incompatibles. Ver Peligros Químicos. Mantener en lugar bien ventilado.	
<b>ENVASADO</b>	

 Organización Mundial de la Salud	<p>La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OET y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.</p> <p>© OET y OMS 2018</p>	 European Commission
--	--	--

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

## Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

291121 983

ICSC 0163 - CLORURO DE HIDRÓGENO

**CLORURO DE HIDRÓGENO** **ICSC: 0163**

### INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA

<p><b>Estado físico; aspecto</b> GAS INCOLORO COMPRIMIDO LICUADO DE OLOR ACRE.</p> <p><b>Peligros físicos</b> El gas es más denso que el aire y puede acumularse en las zonas más bajas produciendo una deficiencia de oxígeno.</p> <p><b>Peligros químicos</b> La disolución en agua es un ácido fuerte. Reacciona violentamente con bases y es corrosiva. Reacciona violentamente con oxidantes. Esto produce gas tóxico (cloro - ver FISQ 0126). Ataca muchos metales en presencia de agua. Esto produce gas inflamable/explosivo (hidrógeno - ver FISQ 0001).</p>	<p>Fórmula: HCl</p> <p>Masa molecular: 36.5</p> <p>Punto de ebullición: -85.1°C</p> <p>Punto de fusión: -114.2°C</p> <p>Densidad (gas): 1.00045 g/l</p> <p>Solubilidad en agua, g/100ml a 30°C: 67 (moderada)</p> <p>Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.3</p> <p>Coefficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 0.25</p>
---	--

### EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD

<p><b>Vías de exposición</b> Hay efectos locales graves por todas las vías de exposición. La sustancia se puede absorber por inhalación.</p> <p><b>Efectos de exposición de corta duración</b> La evaporación rápida del líquido puede producir congelación. La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La inhalación de este gas puede originar reacciones de tipo asmático (RAD6). La exposición podrá causar asfixia debido a inflamación de la garganta. La inhalación de altas concentraciones puede causar edema pulmonar, pero sólo tras producirse los efectos corrosivos iniciales en los ojos y el tracto respiratorio superior. La inhalación de concentraciones altas puede causar neuritis. Ver Notas.</p>	<p><b>Riesgo de inhalación</b> Al producirse una pérdida de gas, se alcanzará muy rápidamente una concentración nociva del mismo en el aire.</p> <p><b>Efectos de exposición prolongada o repetida</b> La inhalación prolongada o repetida puede afectar a los dientes. Esto puede dar lugar a erosión dental. La sustancia puede afectar al tracto respiratorio superior y a los pulmones. Esto puede dar lugar a inflamación crónica del tracto respiratorio y función pulmonar reducida. Las nieblas de este ácido inorgánico fuerte son carcinógenas para los seres humanos. Ver Notas.</p>
---	---

### LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL

TLV: 2 ppm como STEL; A4 (no clasificado como cancerígeno humano).  
 MAK: 3.0 mg/m<sup>3</sup>, 2 ppm; categoría de limitación de pico: I(2); riesgo para el embarazo: grupo C.  
 EU-OEL: 8 mg/m<sup>3</sup>, 5 ppm como TWA; 15 mg/m<sup>3</sup>, 10 ppm como STEL.

### MEDIO AMBIENTE

### NOTAS

El valor límite de exposición laboral aplicable no debe ser superado en ningún momento por la exposición en el trabajo. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles. Las nieblas de ácidos inorgánicos fuertes han sido clasificadas por la IARC como carcinógenas (grupo 1). Sin embargo, no hay información disponible sobre la carcinogenicidad de esta sustancia en otros estados físicos; por ello, la categoría de carcinogenicidad no se ha aplicado en la clasificación GHS. Con el fin de evitar la fuga de gas en estado líquido, girar la botella que tenga un escape manteniendo arriba el punto de escape. Otros números ONU: 2186 (líquido refrigerado) clase de peligro: 2.3, peligro secundario: 8; 1789 (ácido clorhídrico) clase de peligro: 8, grupo de emb/env II o III. Las disoluciones acuosas pueden contener hasta un 38% de cloruro de hidrógeno.

### INFORMACIÓN ADICIONAL

- Límites de exposición profesional (INSHT 2016):  
 VLA-ED: 5 ppm; 7,6 mg/m<sup>3</sup>  
 VLA-EC: 10 ppm; 15 mg/m<sup>3</sup>  
 - Nº de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 017-002-00-2  
 - **Clasificación UE**  
 Pictograma: T, C, R: 23-35; S: (1/2)-9-26-36/37/39-45

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

291121 9:49

ICSC 0360 - HIDRÓXIDO DE SODIO

<b>HIDRÓXIDO DE SODIO</b> Sosa cáustica Hidróxido de sodio Lejía de sosa CAS: 1310-73-2 Nº ONU: 1823 CE: 215-185-5	<b>ICSC: 0360 (Mayo 2010)</b>
--	-------------------------------

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
<b>INCENDIO Y EXPLOSIÓN</b>	No combustible. El contacto con la humedad o el agua, puede generar suficiente calor para provocar la ignición de materiales combustibles. Riesgo de incendio y explosión en contacto con sustancias incompatibles. Ver Peligros Químicos.	NO poner en contacto con agua. NO poner en contacto con materiales incompatibles: ver Peligros Químicos.	En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado.

¡EVITAR LA DISPERSIÓN DEL POLVO! ¡EVITAR TODO CONTACTO! ¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!			
	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
<b>Inhalación</b>	Tos. Dolor de garganta. Sensación de quemazón. Jaqueo.	Usar extracción localizada o protección respiratoria.	Alo. Iniplo, reposo. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
<b>Piel</b>	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras cutáneas graves. Ampollas.	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse durante 15 minutos como mínimo. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
<b>Ojos</b>	Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa. Quemaduras graves.	Utilizar pantalla facial o protección ocular en combinación con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
<b>Ingestión</b>	Dolor abdominal. Quemaduras en la boca y garganta. Sensación de quemazón en la garganta y el pecho. Náuseas. Vómitos. Shock o colapso.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. En los primeros minutos tras la ingestión, se puede dar a beber un vaso pequeño de agua. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Bajar la sustancia derramada e introducirla en un recipiente de plástico tapado. Recoger cuidadosamente el residuo. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU <div style="text-align: center;"> </div> <p style="text-align: center;"><b>PELIGRO</b></p> Nocivo en caso de ingestión Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares Puede irritar las vías respiratorias Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 8; Grupo de Embalaje/Envase ONU: II
<b>ALMACENAMIENTO</b>	
Separado de alimentos y piensos, ácidos fuertes y metales. Almacenar solamente en el recipiente original. Seco. Bien cerrado. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.	
<b>ENVASADO</b>	
No transportar con alimentos y piensos.	

Organización  
 Mundial de la Salud

La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.  
 © OIT y OMS 2018

European  
 Commission

# OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ

## Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022

2311021 9-48		ICSC 0360 - HIDRÓXIDO DE SODIO
<b>HIDRÓXIDO DE SODIO</b>		<b>ICSC: 0360</b>
INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA		
<p><b>Estado físico; aspecto</b> SÓLIDO BLANCO HIGROSCÓPICO EN DIVERSAS FORMAS.</p> <p><b>Peligros físicos</b> Sin datos.</p> <p><b>Peligros químicos</b> La disolución en agua es una base fuerte. Reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva para metales tales como aluminio, estaño, plomo y cinc. Esto produce un gas explosivo/combustible (hidrógeno - ver P150 000). Reacciona con sales de amonio. Esto produce amoníaco. Esto genera peligro de incendio. El contacto con humedad y agua genera calor. Ver Notas.</p>	<p>Fórmula: NaOH Masa molecular: 40.0 Punto de ebullición: 1388°C Punto de fusión: 318°C Densidad: 2.1 g/cm<sup>3</sup> Solubilidad en agua, g/100ml a 20°C: 109 (muy elevada)</p>	
EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD		
<p><b>Vías de exposición</b> Hay efectos locales graves por todas las vías de exposición.</p> <p><b>Efectos de exposición de corta duración</b> La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión.</p>	<p><b>Riesgo de inhalación</b> Puede alcanzarse rápidamente una concentración nociva de partículas suspendidas en el aire cuando se dispersa.</p> <p><b>Efectos de exposición prolongada o repetida</b> El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.</p>	
LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL		
TLV: 2 mg/m <sup>3</sup> (valor techo)		
MEDIO AMBIENTE		
Esta sustancia puede ser peligrosa para el medio ambiente; deberá prestarse atención especial a los organismos acuáticos.		
NOTAS		
El valor límite de exposición laboral aplicable no debe ser superado en ningún momento por la exposición en el trabajo. NO verter NUNCA agua sobre esta sustancia; cuando se deba disolver o diluir, añádala al agua siempre lentamente. Otros números ONU: 1824 Hidróxido sódico en solución, clase de peligro: 8, grupo de emb/env: II-III.		
INFORMACIÓN ADICIONAL		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Límites de exposición profesional (INSST 2021): VLA EC: 2 mg/m<sup>3</sup></li> <li>- Nº de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 011-002-00-6</li> <li>- <b>Clasificación UE</b> Pictograma: C; R: 35; S: (1/2)-26-37/39-45</li> </ul>		
 <p>GOBIERNO DE ESPAÑA</p>	<p>MINISTERIO DE TRABAJO Y ECONOMÍA SOCIAL</p>	 <p>La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea. © Versión en español, INSST, 2018</p>



# ANEXO 3

## PLANIMETRÍA

**OBTENCIÓN DE ALMIDÓN ACETILADO A PARTIR DE AFRECHILLO DE ARROZ**  
*Proyecto final de grado de Ingeniería Química – Año 2022*

**22 Anexo 3: Planimetría**

**22.1 Plano 1: Distribución general de la planta**

**22.2 Plano 2: Distribución de equipos**

**22.3 Plano 3: Elevaciones**

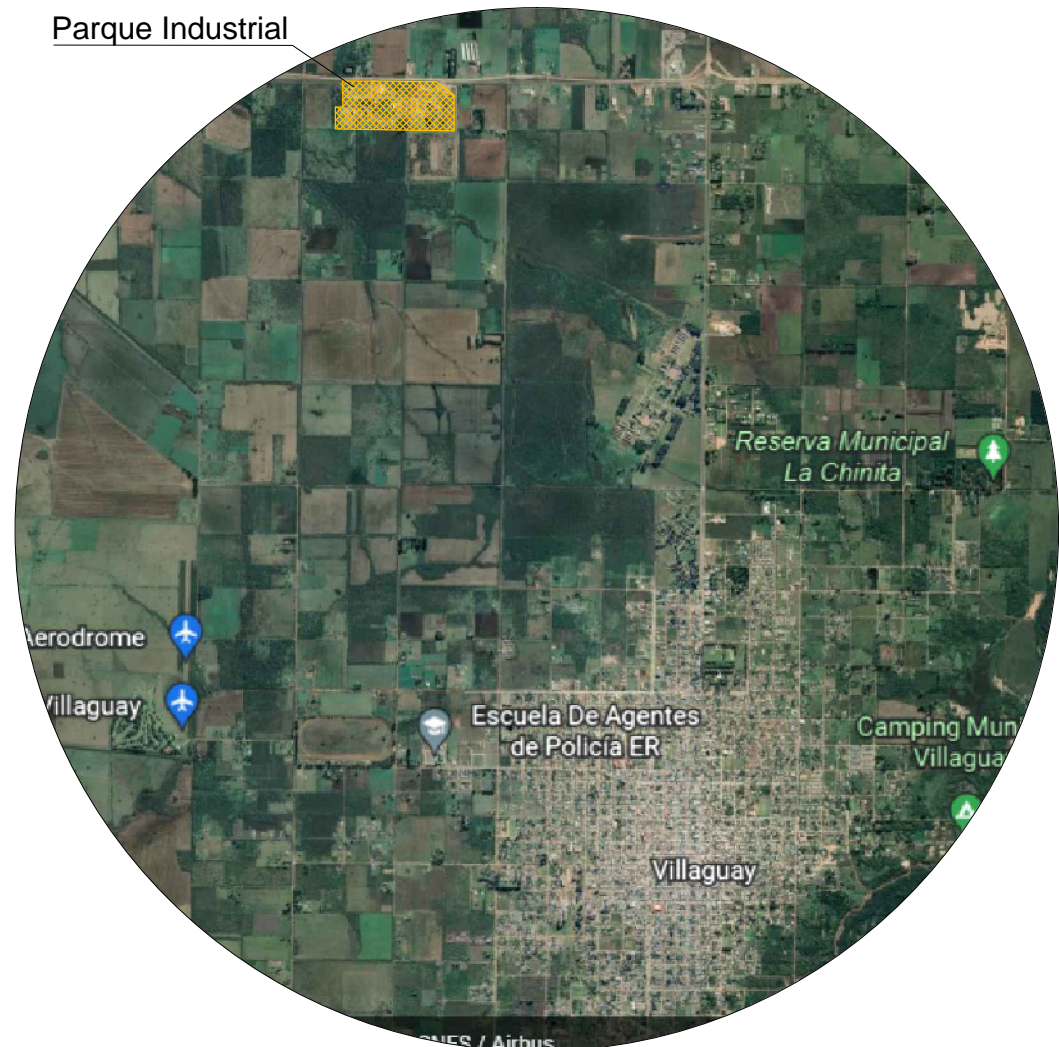
**22.4 Plano 4: Servicios Auxiliares e Instalaciones eléctricas**

**22.5 Plano 5: Isométrico**

**22.6 Plano 6: Flowsheet**

**22.7 Plano 7: Equipo diseñado y automatizado R-1**

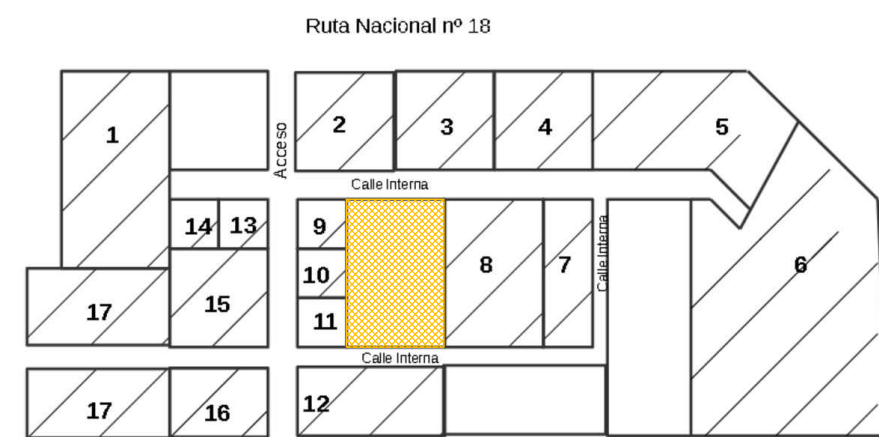
**22.8 Plano 8: Equipo diseñado HC-1**



Ubicación Parque - Imagen Satelital Sin Escala

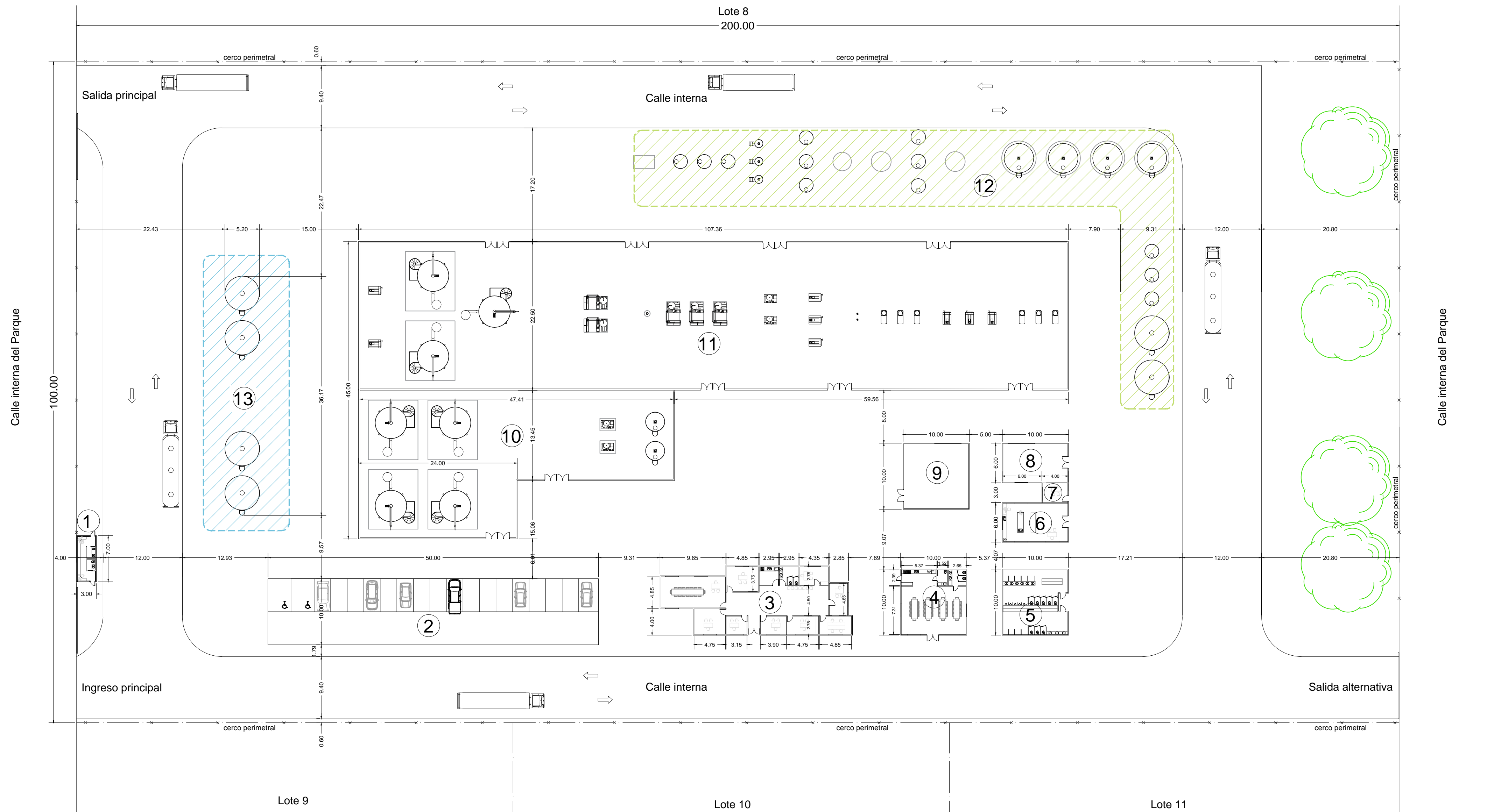


Ubicación de Lote en Parque - Imagen Satelital Sin Escala



PARQUE INDUSTRIAL VILLAGUAY  
Ruta Nacional nº 18 Km 147,5

Ubicación de Lote en Parque Sin Escala

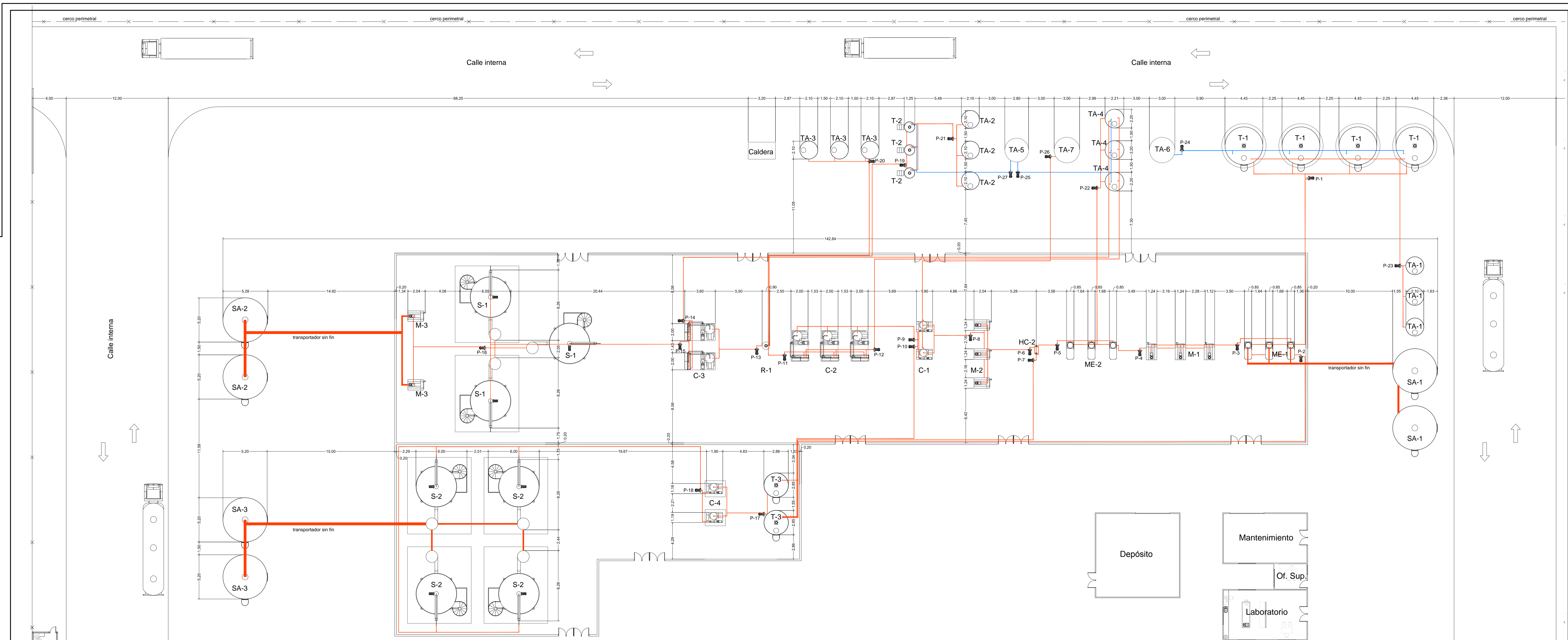


PLANTA GENERAL  
Esc.: 1-400

REFERENCIAS

- |                    |                     |                            |                         |  |
|--------------------|---------------------|----------------------------|-------------------------|--|
| 1: Ingreso/Guardia | 4: Cocina-Comedor   | 7: Oficina Supervisor      | 10: Producción Sector A | 12: Sector Almacenamiento de Materia Prima   |
| 2: Estacionamiento | 5: Baños/Vestuarios | 8: Taller de Mantenimiento | 11: Producción Sector B | 13: Almacenamiento y Carga de Producto final |
| 3: Administración  | 6: Laboratorio      | 9: Depósito                |                         |  |

Pairetti - Villalba Césere		Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María
Dibujado	Aprobado	
Fecha		
Firma		
Esc. 1-400		DISTRIBUCIÓN GENERAL
		Plano nº 1



PLANTA DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS  
Esc.: 1-200

REFERENCIAS

- SA-1: Silo de almacenamiento
- SA-2: Silo de almacenamiento
- SA-3: Silo de almacenamiento

- TA-1: Tanque almacenamiento NaOH
- TA-2: Tanque almacenamiento HCl
- TA-3: Tanque almacenamiento (CH3CO)2O

- T-1: Tanque agitado
- ME-1: Mezclador y amasador de pasta
- M-1: Molino de martillo

- ME-2: Mezclador y amasador de pasta
- TA-4: Tanque de almacenamiento
- HC-1: Hidrociclón

- M-2: Molino de martillo
- C-1: Centrifuga
- C-2: Centrifuga

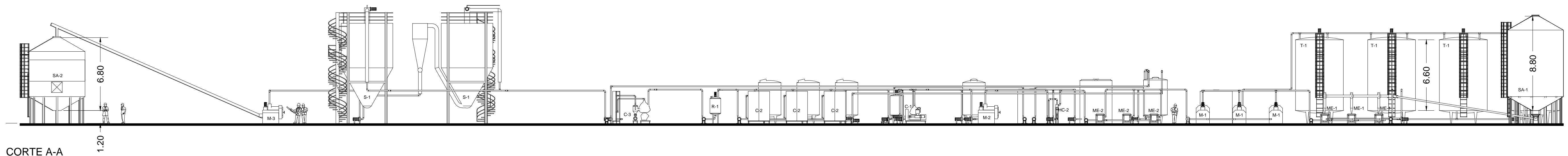
- R-1: Reactor agitado y enchaquetado
- T-2: Tanque agitado
- C-3: Centrifuga

- S-1: Secador Spray
- T-3: Tanque agitado
- C-4: Centrifuga

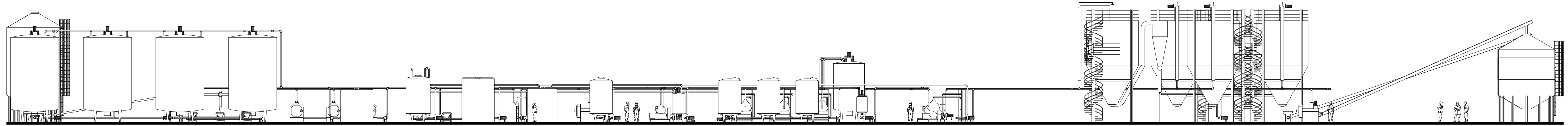
- S-2: Secador Spray
- P-X: Bomba n° X

Pairetti - Villalba Césere		Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María	
Dibujado	Aprobado		
Fecha			
Firma			
Esc. 1-200		DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS	Plano n° 2

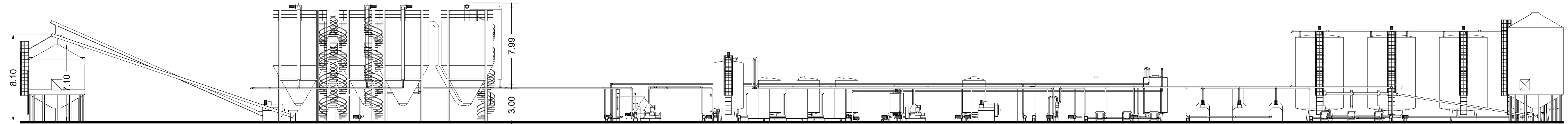




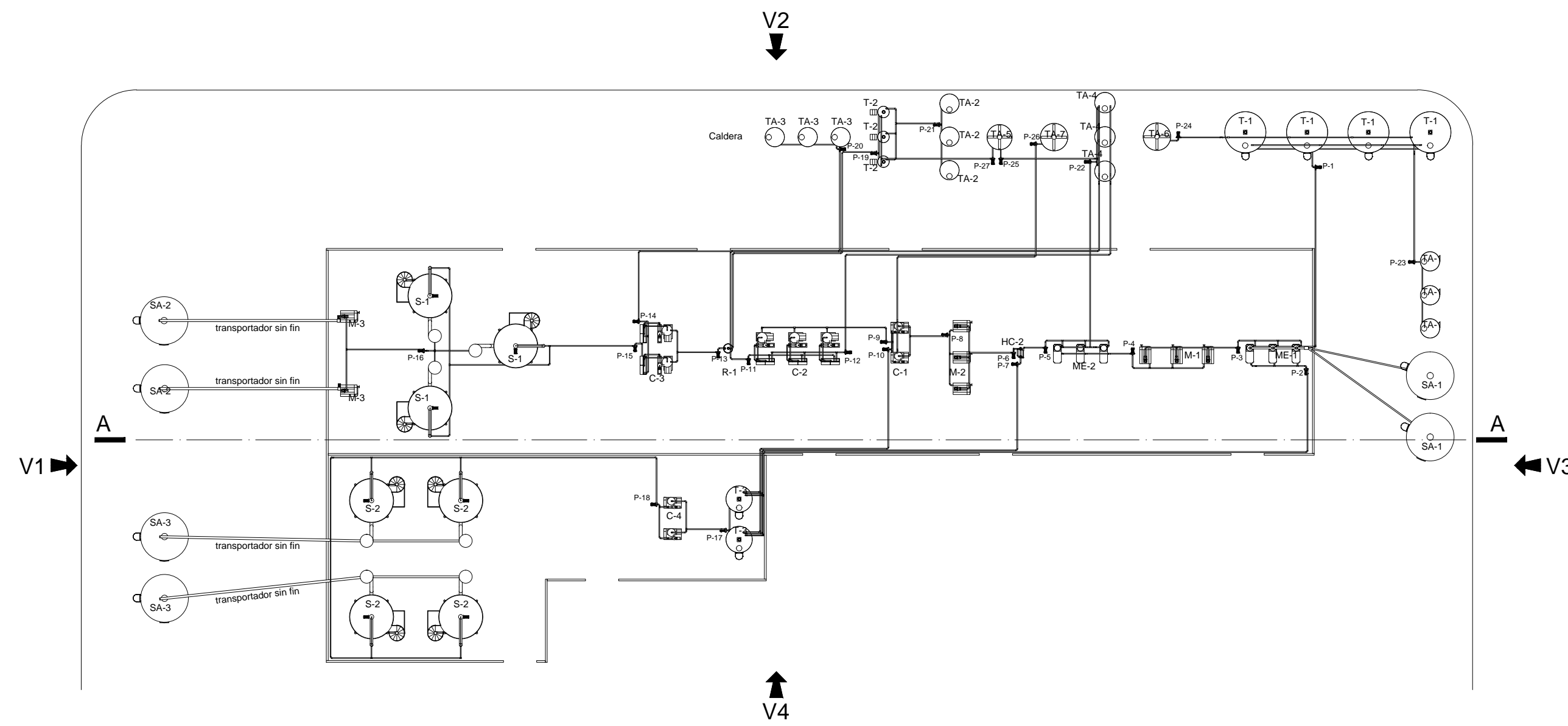
CORTE A-A  
Esc.: 1-200



VISTA 2  
Esc.: 1-200



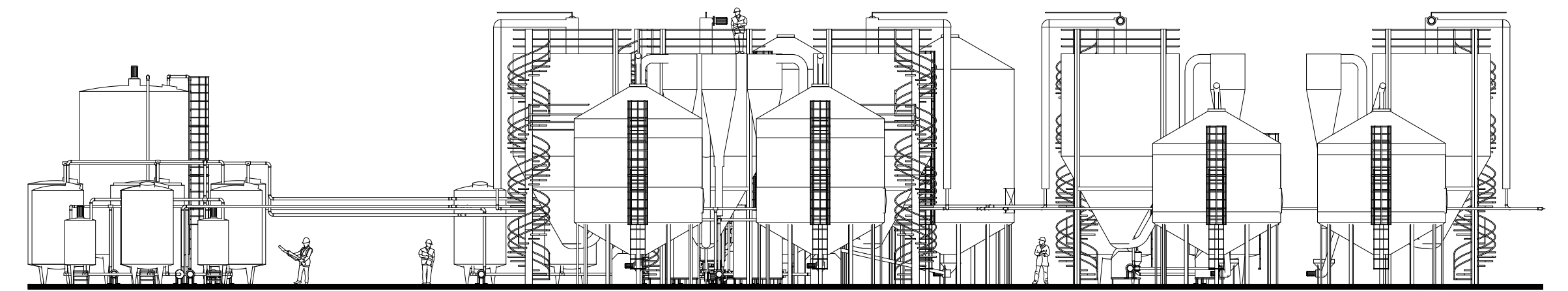
VISTA 4  
Esc.: 1-200



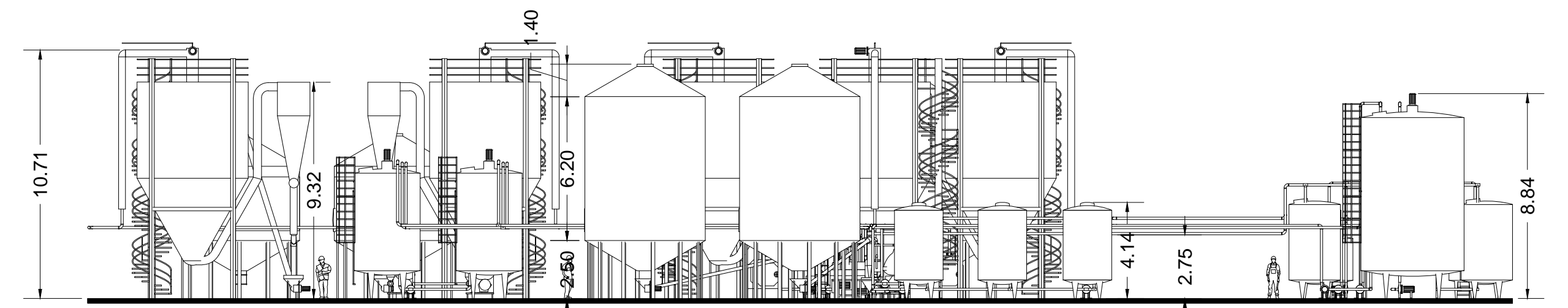
PLANTA DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS  
Esc.: 1-500

REFERENCIAS

- |                              |                                       |                                     |                                     |                         |                                    |                     |                    |
|------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|---------------------|--------------------|
| SA-1: Silo de almacenamiento | TA-1: Tanque almacenamiento NaOH      | T-1: Tanque agitado                 | ME-2: Mezclador y amasador de pasta | M-2: Molino de martillo | R-1: Reactor agitado y encaquetado | S-1: Secador Spray  | S-2: Secador Spray |
| SA-2: Silo de almacenamiento | TA-2: Tanque almacenamiento HCl       | ME-1: Mezclador y amasador de pasta | TA-4: Tanque de almacenamiento      | C-1: Centrifuga         | T-2: Tanque agitado                | T-3: Tanque agitado | P-X: Bomba n° X    |
| SA-3: Silo de almacenamiento | TA-3: Tanque almacenamiento (CH3CO)2O | M-1: Molino de martillo             | HC-1: Hidrociclón                   | C-2: Centrifuga         | C-3: Centrifuga                    | C-4: Centrifuga     | Vn° ➔ Vistas       |

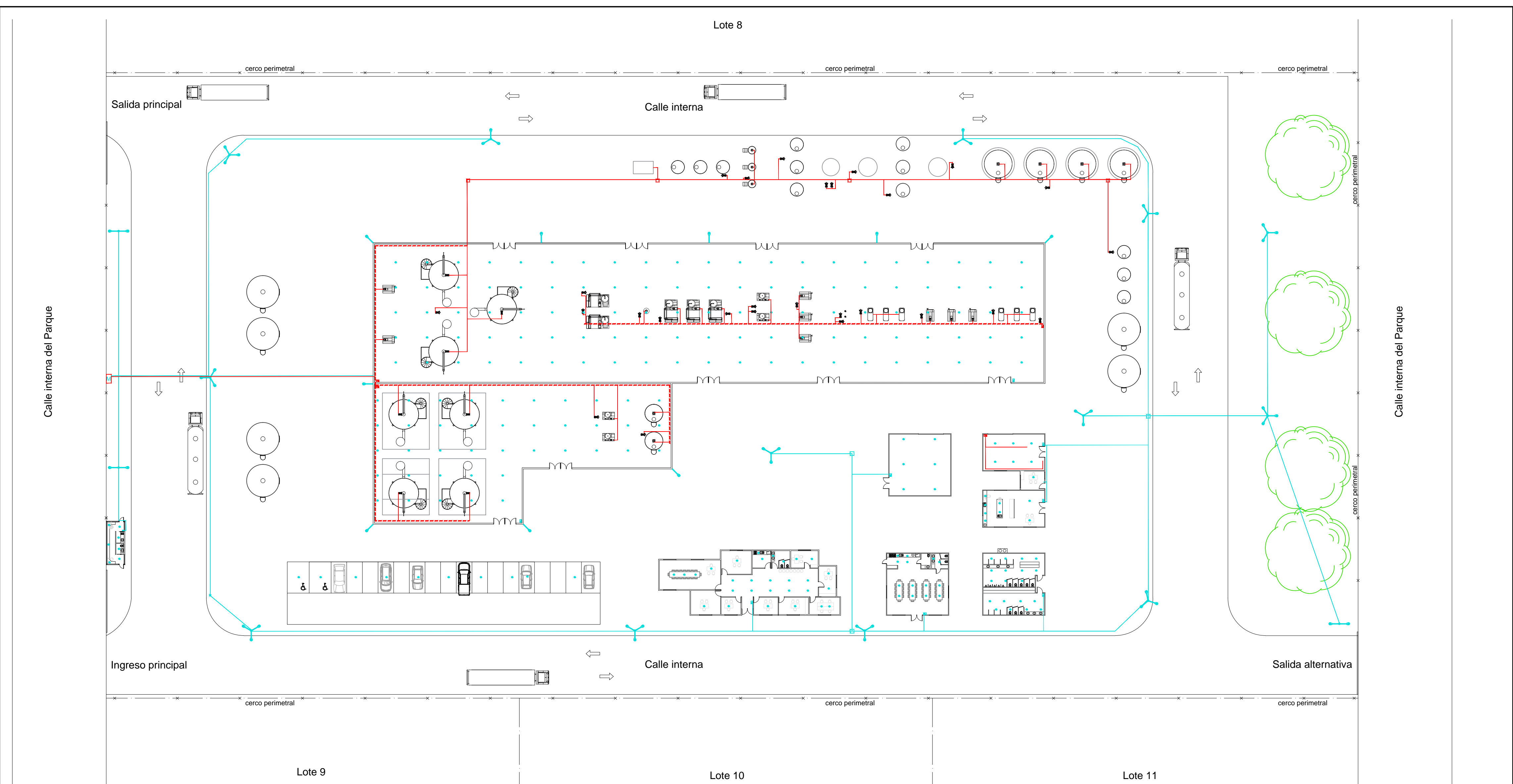


VISTA 1  
Esc.: 1-200




VISTA 3  
Esc.: 1-200



Pairetti - Villalba Césere		Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María	Plano n° 3
Dibujado	Aprobado		
Fecha			
Firma			
Esc.	ELEVACIONES		





PLANTA GENERAL  
Esc.: 1-400

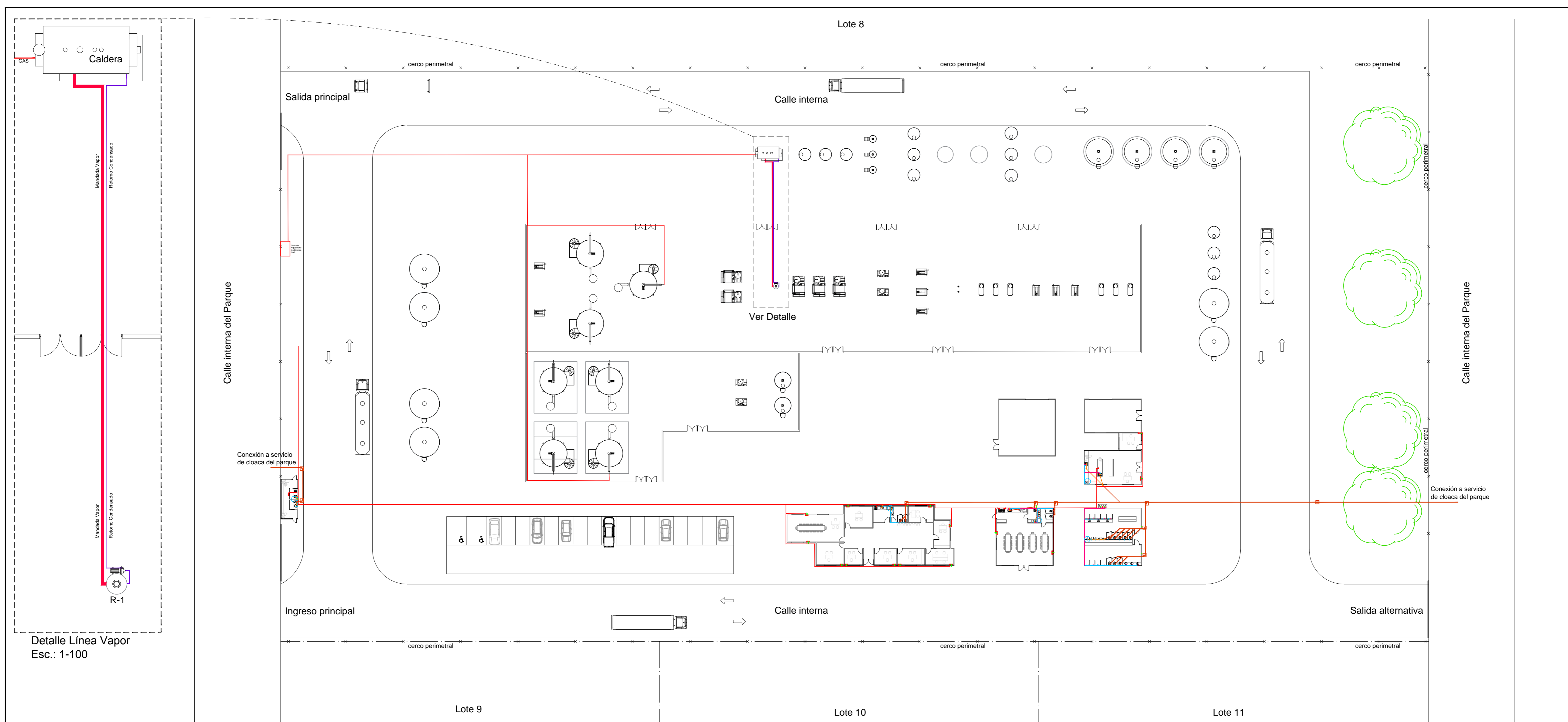
REFERENCIAS:

-  Tendido eléctrico 220 V
-  Tendido eléctrico 380 V

-  Poste de Luz
-  Tablero de Comando








-  Boca p/artefactos de Iluminación
-  Bandeja Portacables

<b>Pairetti - Villalba Césere</b>		<b>Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María</b>	
Dibujado	Aprobado		
Fecha			
Firma			
Esc. 1-400		<b>ELECTRICIDAD / Planta General</b>	Plano n° 4.1

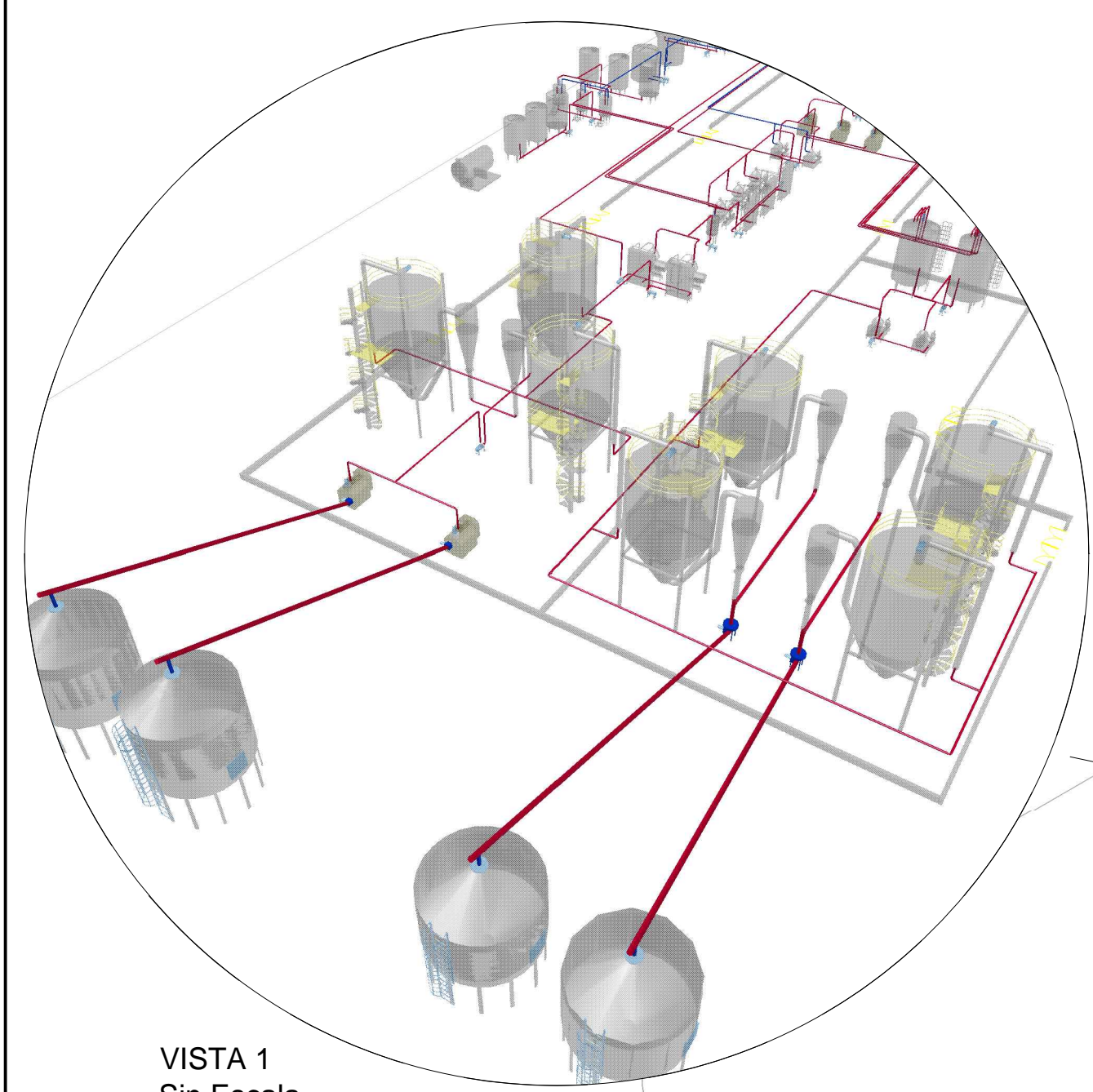


PLANTA GENERAL  
Esc.: 1-400

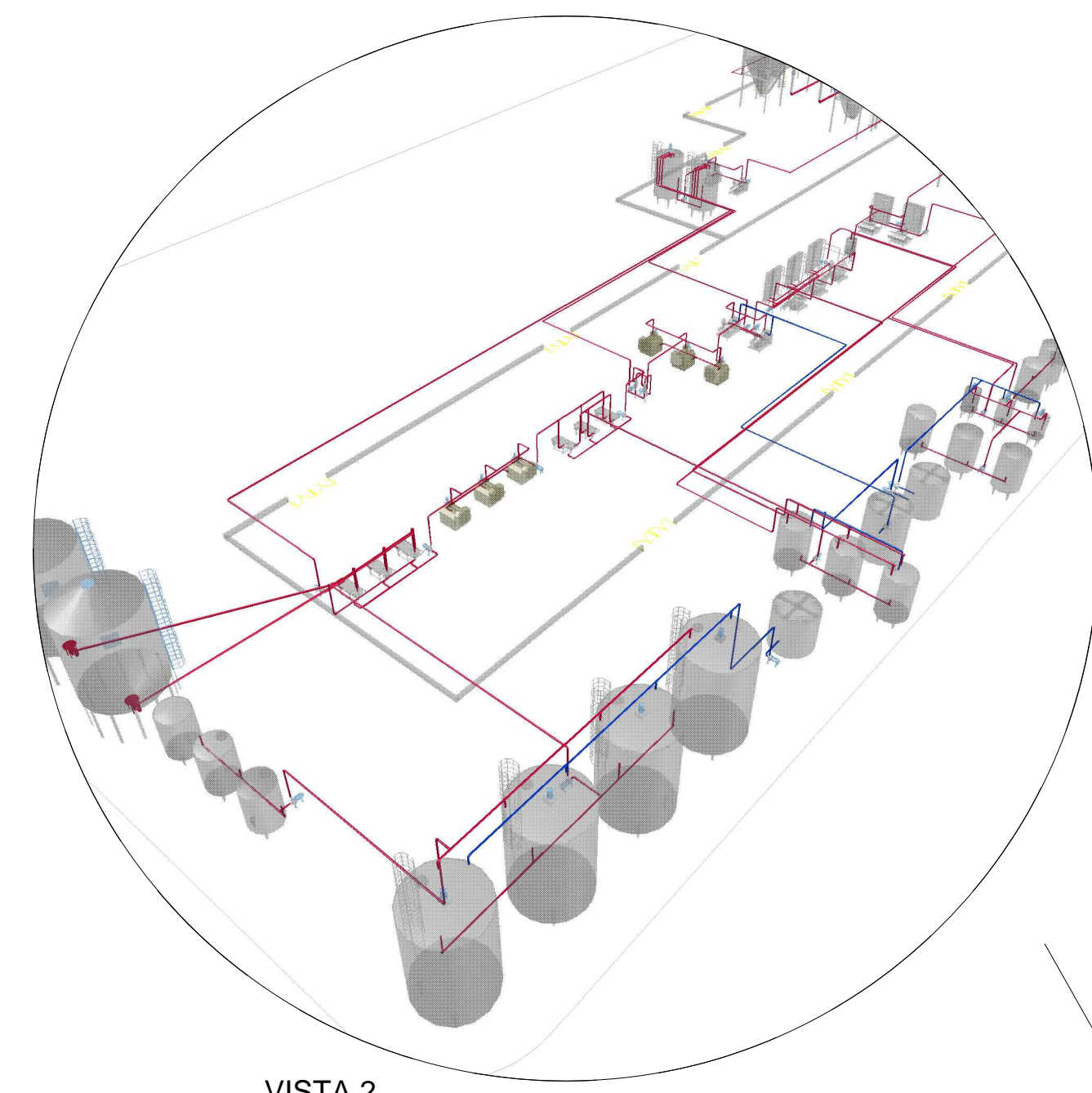
REFERENCIAS:

- |   |                         |   |                            |   |                        |   |                     |
|---|-------------------------|---|----------------------------|---|------------------------|---|---------------------|
|  | Agua Fría Sanitaria     |  | Tendido Cloacal Primario   |  | Tendido de Gas Natural |  | Línea de Vapor      |
|  | Agua Caliente Sanitaria |  | Tendido Cloacal Secundario |   |                        |  | Línea de Condensado |

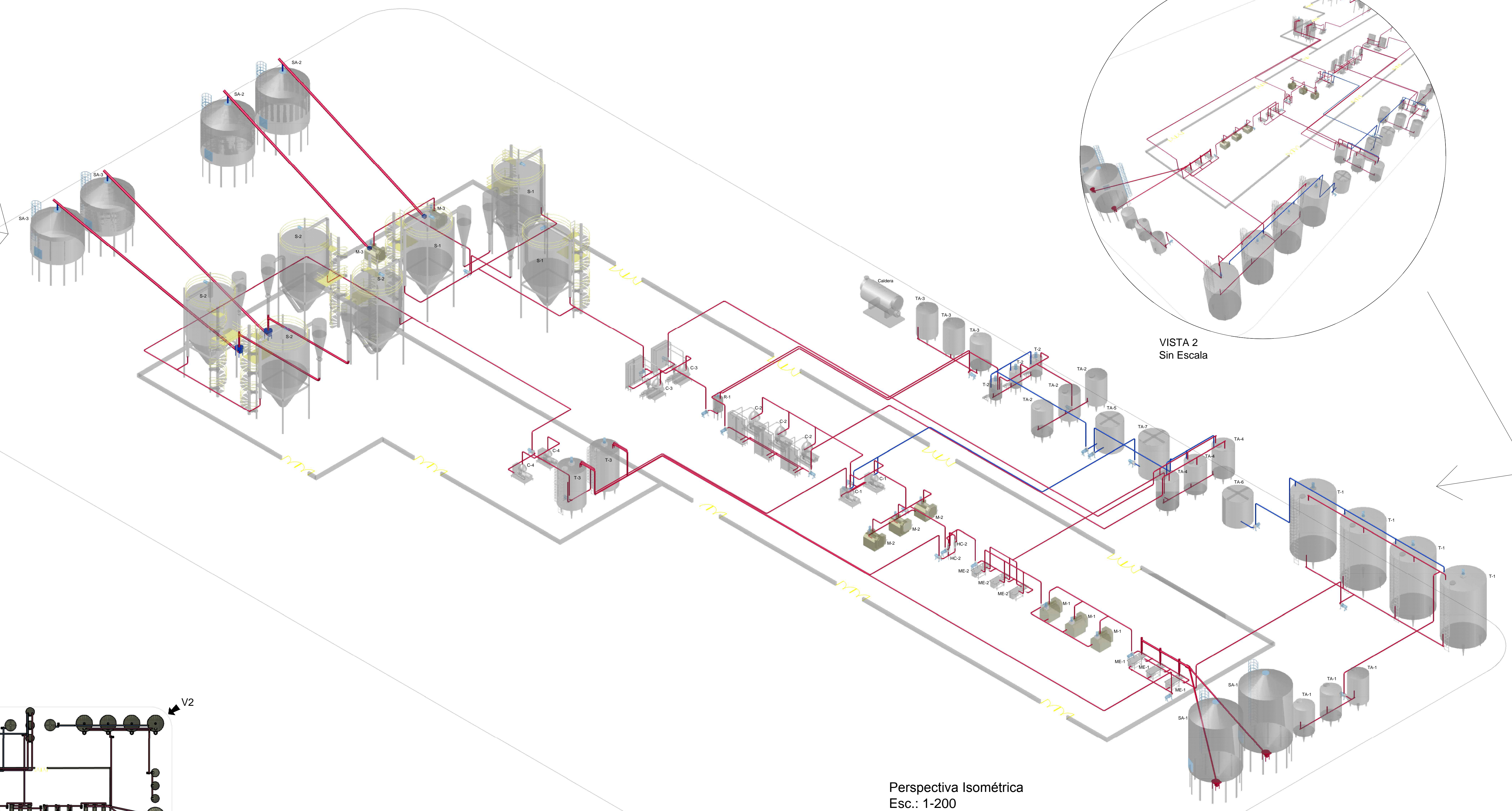
<b>Pairetti - Villalba Césere</b>		Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María	
Dibujado	Aprobado		
Fecha		<b>SERVICIOS VARIOS</b>	
Firma			
Esc. 1-400 1-100		Plano nº 4.2	



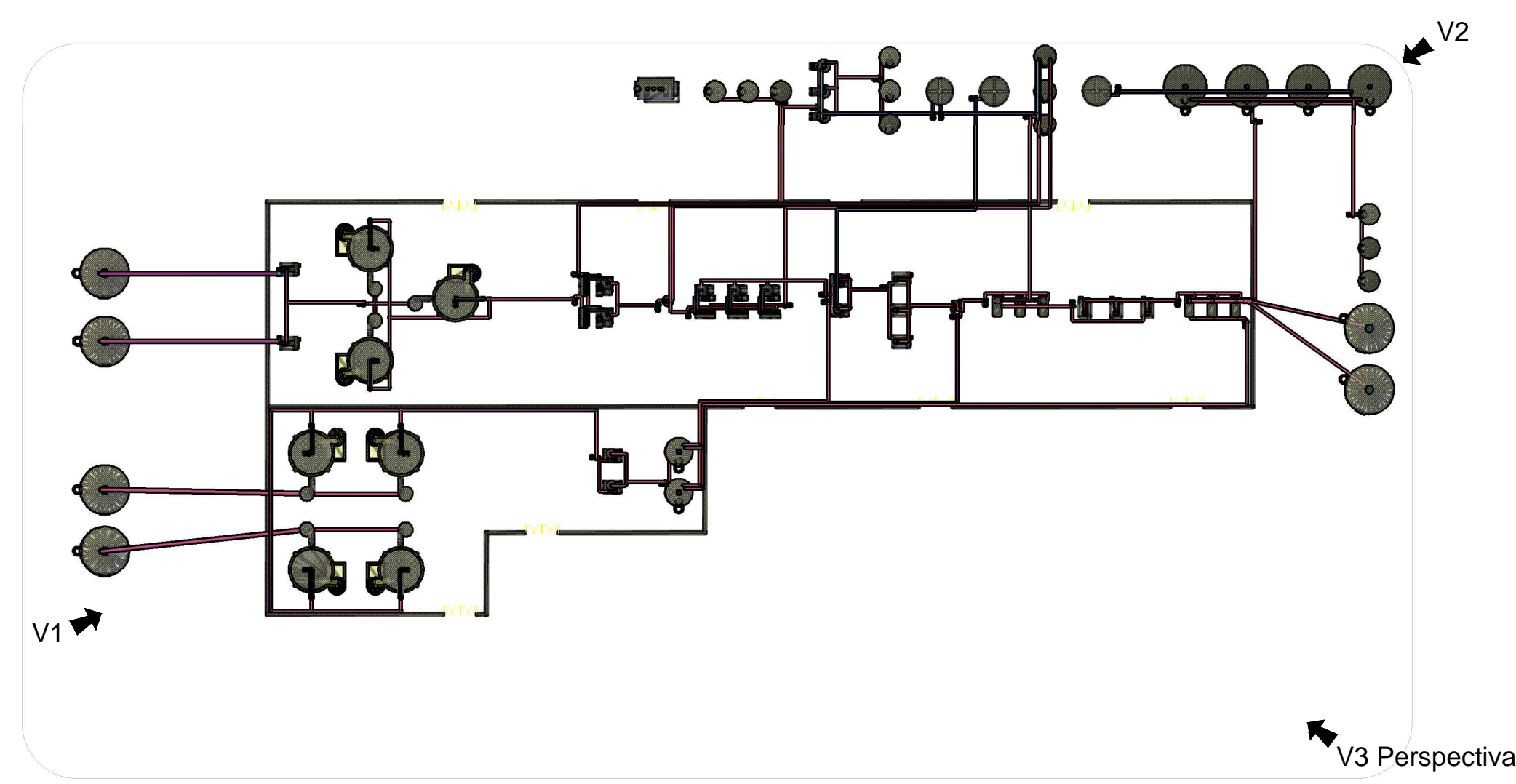
VISTA 1  
Sin Escala



VISTA 2  
Sin Escala



Perspectiva Isométrica  
Esc.: 1-200

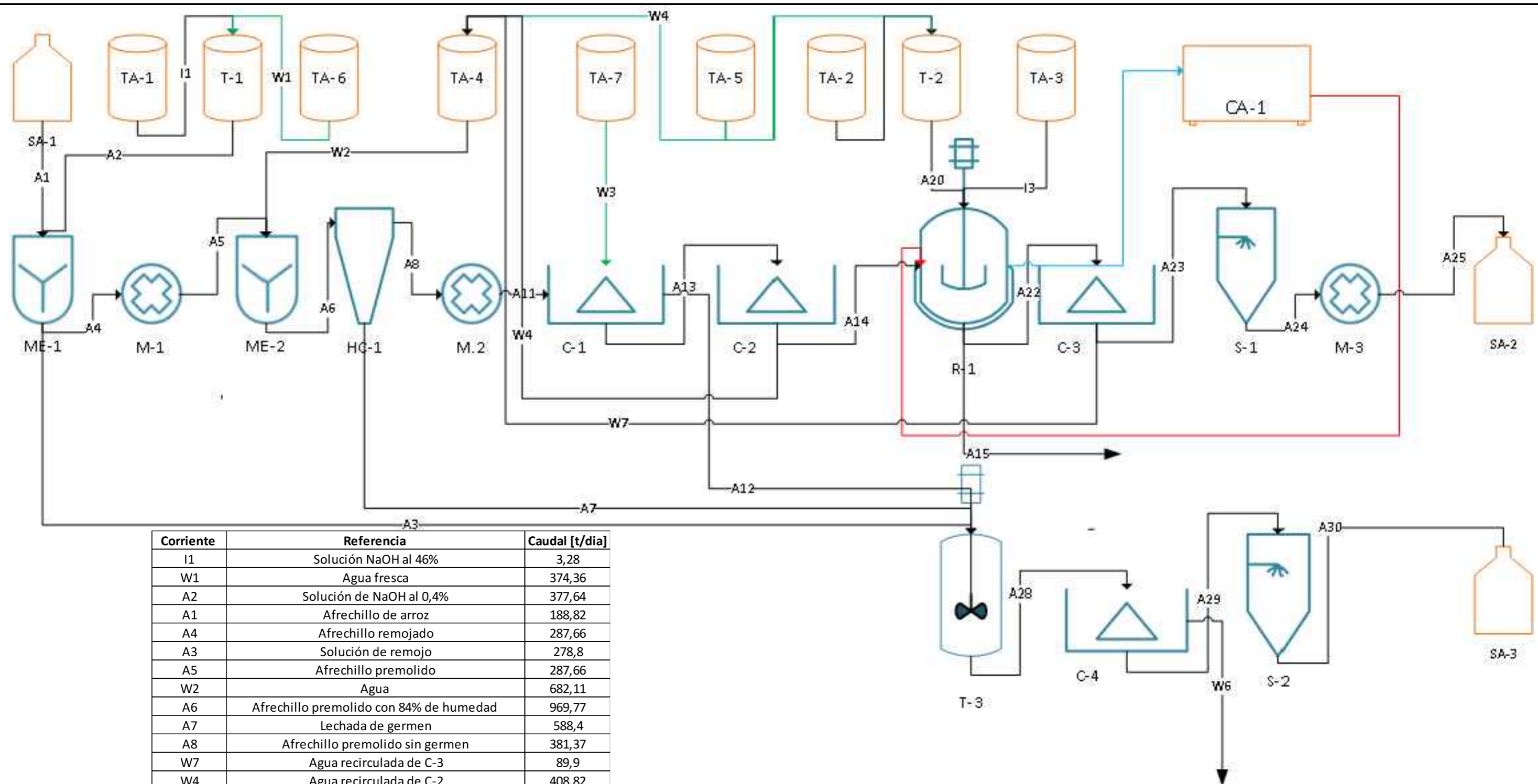


PLANTA DISTRIBUCIÓN DE EQUIPOS  
Esc.: 1-500

REFERENCIAS

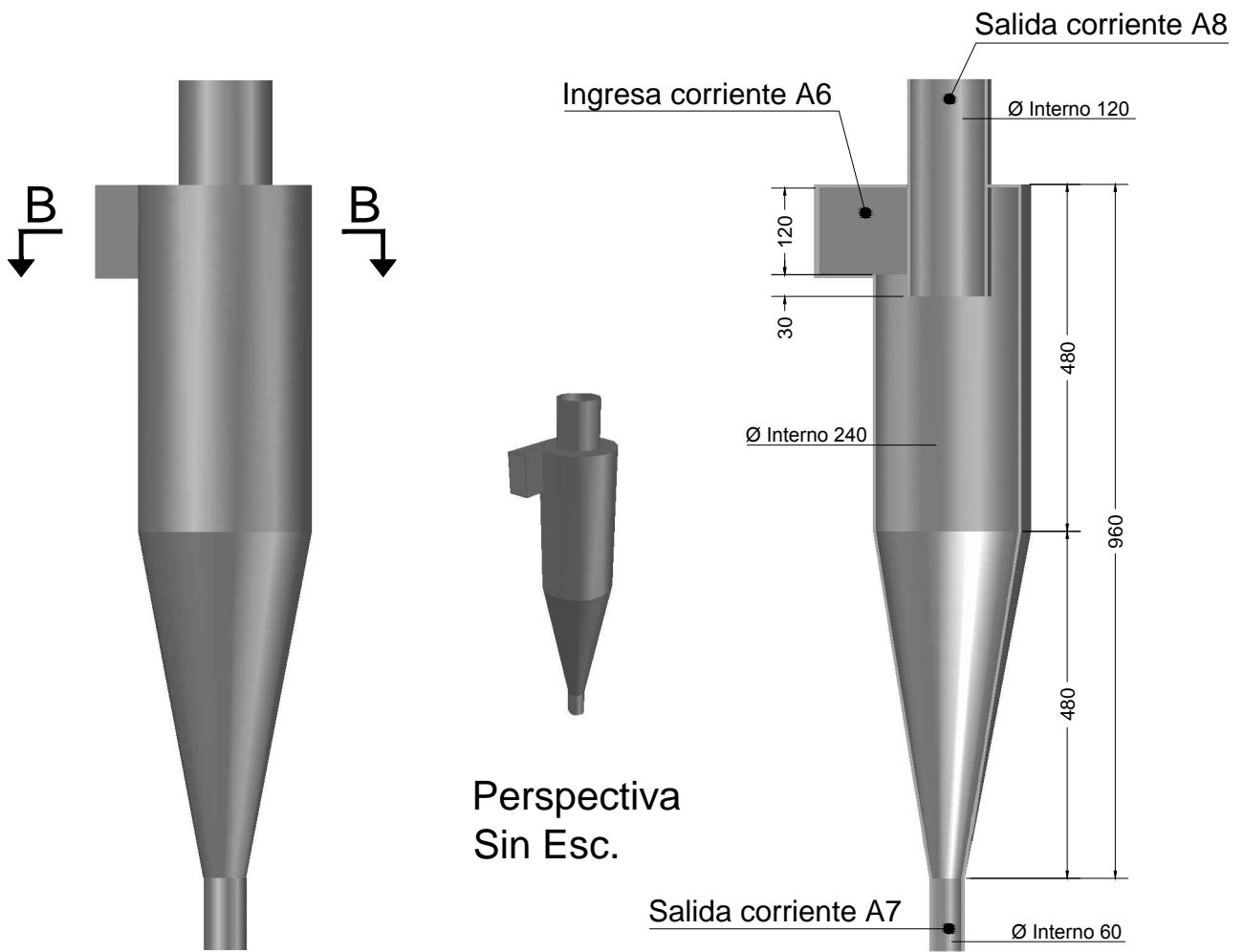
SA-1: Silo de almacenamiento	TA-1: Tanque almacenamiento NaOH	T-1: Tanque agitado	ME-2: Mezclador y amasador de pasta	M-2: Molino de martillo	R-1: Reactor agitado y enchaquetado	S-1: Secador Spray	S-2: Secador Spray
SA-2: Silo de almacenamiento	TA-2: Tanque almacenamiento HCl	ME-1: Mezclador y amasador de pasta	TA-4: Tanque de almacenamiento	C-1: Centrifuga	T-2: Tanque agitado	T-3: Tanque agitado	P-X: Bomba n° X
SA-3: Silo de almacenamiento	TA-3: Tanque almacenamiento (CH3CO)2O	M-1: Molino de martillo	HC-1: Hidrociclón	C-2: Centrifuga	C-3: Centrifuga	C-4: Centrifuga	

Pairetti - Villalba Césere		Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María
Dibujado	Aprobado	
Fecha		
Firma		
Esc.	Perspectivas 3D	
		Plano n° 5



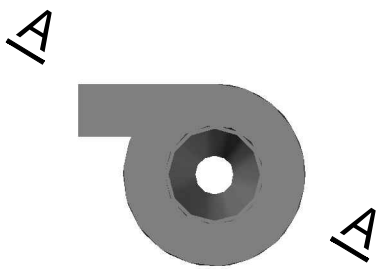
Corriente	Referencia	Caudal [t/día]
I1	Solución NaOH al 46%	3,28
W1	Agua fresca	374,36
A2	Solución de NaOH al 0,4%	377,64
A1	Afrechillo de arroz	188,82
A4	Afrechillo remojado	287,66
A3	Solución de remojo	278,8
A5	Afrechillo premolido	287,66
W2	Agua	682,11
A6	Afrechillo premolido con 84% de humedad	969,77
A7	Lechada de germen	588,4
A8	Afrechillo premolido sin germen	381,37
W7	Agua recirculada de C-3	89,9
W4	Agua recirculada de C-2	408,82
W8	Agua fresca	183,89
A11	Afrechillo molido	381,37
W3	Agua fresca	484,73
A12	Agua con 10% de fibra	171,1
A13	Afrechillo sin fibra	695
A14	Almidón nativo	286,18
A20	HCl al 0,5 M	103
I3	Anhídrido acético	14,17
A22	Almidón acetilado	235,13
A15	Efluente	181,32
I2	HCl al 34%	5,45
W5	Agua fresca	97,55
A23	Almidón acetilado con 35% de humedad	145,23
A24	Almidón acetilado con 12% de humedad	106,98
A25	Almidón acetilado en polvo	106,98
A28	Producto balanceado con 93% de humedad	1038,3
A29	Producto balanceado con 55% de humedad	153,24
W6	Efluente	885,06
A30	Producto balanceado con 12% de humedad	78,36

<b>Pairetti - Villalba Césere</b>		<b>Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María</b>
Dibujado	Aprobado	
Fecha		
Firma		
Esc.		<b>FLOW SHEET</b>
		Plano nº 6

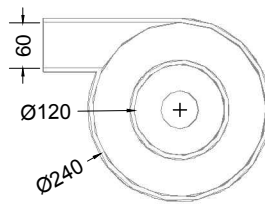


Vista Frente  
Esc. 1-10

Vista Frente de Sección A-A  
Esc. 1-10



Vista Superior  
Esc. 1-10



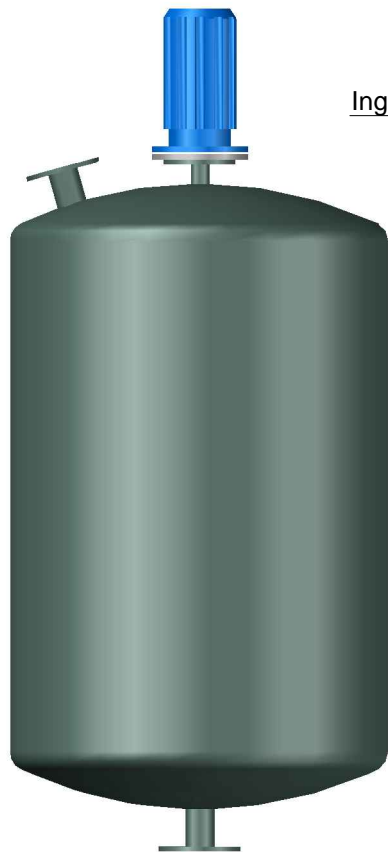
Sección B-B  
Esc. 1-10



Perspectiva Sección A-A  
Sin Esc.

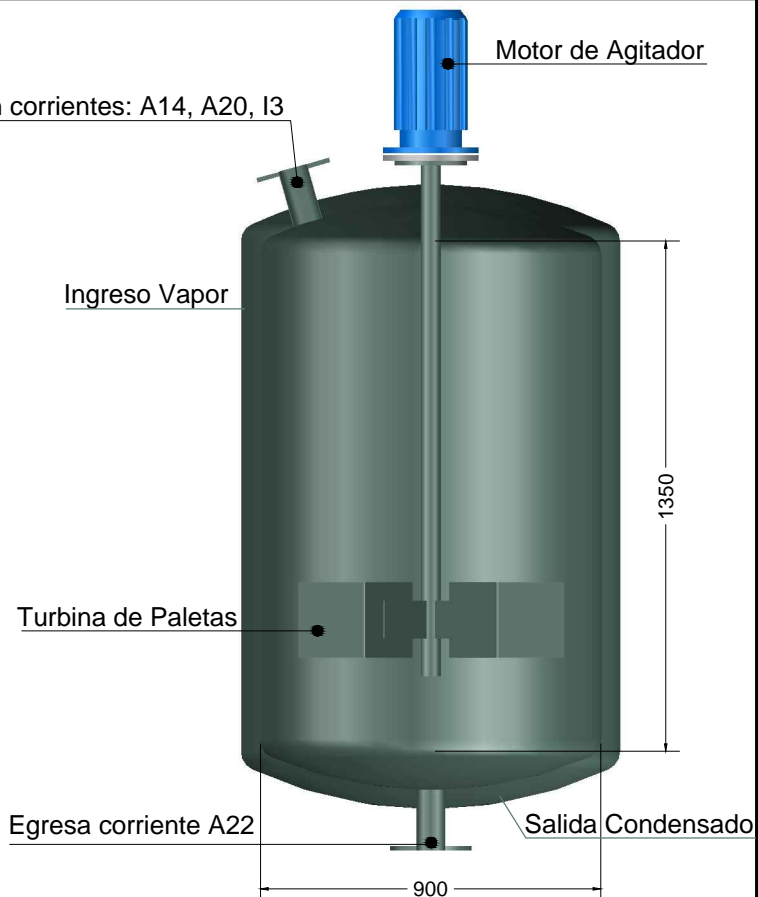
*Nota:*  
Todas la medidas están en milímetros / Mat. Construcción: Acero Inoxidable AISI 316

<b>Pairetti - Villalba Césere</b>		<b>Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María</b>	
Dibujado	Aprobado		
Fecha			
Firma			
Esc.		<b>HIDROCICLÓN HC-01</b>	Plano nº 7



Vista Frente  
Esc. 1-20

Ingresan corrientes: A14, A20, I3



Corte A-A  
Esc. 1-20



Vista Superior  
Esc. 1-20



Perspectiva Corte A-A  
Sin Escala

*Nota:*  
Todas la medidas están en milímetros / Mat. Construcción: Acero Inoxidable AISI 316

<b>Pairetti - Villalba Césere</b>		<b>Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María</b>	
Dibujado	Aprobado		
Fecha			
Firma			
Esc.		<b>REACTOR R-1</b>	Plano nº 8