



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL LA PLATA

INGENIERÍA **INDUSTRIAL**

PROYECTO FINAL
AÑO 2022



BUSTOS, CAMILA
CASCO OJEDA, ROSALBA
PIETROMÓNACO, PASCUAL

PLANTA PRODUCTORA DE
BIOETANOL DE CAÑA DE AZÚCAR



PROYECTO DE INVERSIÓN PARA INSTALAR UNA PLANTA PRODUCTORA DE BIOETANOL A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE CAÑA DE AZÚCAR

CÁTEDRA

Proyecto Final

AÑO DE CURSADA

2021

PROFESORES

BENEDETTI, Diego

CARIELLO, Jorgelina

GARCÍA, María Elina

SANTANGELO, Juan

ALUMNOS

BUSTOS, Camila

CASCO OJEDA, Rosalba

PIETROMÓNACO, Pascual

MAILS

bustos-camila@hotmail.com

rosalbacascoojeda@gmail.com

pascualpietromonaco@gmail.com

ÍNDICE

ÍNDICE.....	3
FUNDAMENTACIÓN.....	6
OBJETIVOS	9
1.1 General.....	9
1.2 Específicos	9
ALCANCE	10
2.1 Descripción general del producto final	11
2.2 Estructura detallada de trabajo WBS	12
ASPECTOS COMERCIALES	13
3.1 Descripción del mercado	13
3.2 Descripción específica del producto final	15
3.2.1 Estrategia de comercialización	16
3.2.2 Actualidad.....	16
3.3 Público objetivo	17
3.3.1 Justificación.....	17
3.3.2 Análisis contextual.....	18
3.4 Análisis y proyección de la demanda	20
3.4.1 Modelo econométrico	20
3.4.2 Proyección de la demanda de bioetanol de caña.....	25
3.5 Tamaño del proyecto	31
3.5.1 Justificación del tamaño del proyecto	32
3.6 Competencia	33
3.6.1 Bioetanol de maíz.....	33
3.6.2 Bioetanol de caña de azúcar	35
3.7 Proveedores	37
3.7.1 Proveedores de materia prima.....	37
3.7.2 Proveedores de insumos	38
3.8 Comercialización	41

3.9	Barreras de ingreso y egreso.....	41
3.9.1	Barreras de ingreso	41
3.9.2	Barreras de egreso.....	42
ASPECTOS TÉCNICOS.....		43
4.1	Materia prima.....	43
4.1.1	Caña de azúcar	43
4.1.2	Interzafra - Melaza.....	48
4.2	Estudio de localización	49
4.2.1	Macrolocalización	49
4.2.2	Microlocalización	56
4.2.3	Selección final de la localización	63
4.3	Instalación de la planta	65
4.4	Ingeniería del proyecto	66
4.4.1	Planificación de la capacidad.....	66
4.4.2	Requerimiento de superficie	67
4.4.3	Proceso	67
4.4.4	Producto final	70
4.4.5	Selección de la tecnología	71
4.4.6	Balance de masa del proceso productivo	75
4.4.7	Cálculo del personal	77
4.4.8	Distribución de planta	79
4.4.9	Tratamiento y disposición de subproductos	84
4.4.10	Servicios auxiliares.....	86
4.4.11	Almacenamiento y stock.....	86
4.4.12	Evaluación de impacto ambiental	87
MARCO LEGAL.....		89
4.5	Tipo de sociedad	89
4.5.1	Regulaciones de la actividad del proyecto	89
4.6	Marco normativo.....	90

ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO	93
4.7 Proyección de la demanda	93
4.8 Cuadros de resultados proyectado	94
4.9 Flujo de fondos proyectado.....	95
4.10 Rentabilidad	96
4.10.1 Ingresos por venta de bioetanol anhidro	96
4.10.2 Incluyendo ingresos por venta de energía eléctrica	96
4.11 Valor del proyecto.....	97
4.11.1 Ingresos por venta de bioetanol anhidro	97
4.11.2 Incluyendo ingresos por venta de energía eléctrica	97
4.12 Análisis del riesgo del proyecto	97
4.13 Cuadro de inversión, IVA y depreciaciones	100
4.14 Financiamiento	100
4.15 Datos de producción.....	101
4.16 Energía eléctrica.....	102
4.17 Capital de trabajo y necesidades operativas de fondo	102
4.18 Mano de obra	103
4.19 Gastos de fabricación, comercialización y administración.....	103
4.20 Determinación de K_e y WACC	104
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	107
ILUSTRACIONES.....	108
TABLAS	109
FUENTE DE INFORMACIÓN	111
ENLACES MÁS RELEVANTES.....	111
AGRADECIMIENTOS.....	112

FUNDAMENTACIÓN

En el año 1985, en la República Argentina se sanciona el conocido Plan de Alconaftas, bajo la Ley N° 23.287. Allí, se declara de Interés Nacional, la producción de alcohol etílico con destino a su uso como combustible para motores. Años más tarde, este tipo de producción pierde rentabilidad por lo que se abandona el Plan.

Paralelamente, Brasil lanzó su plan para posicionar al alcohol dentro de su matriz energética. A diferencia de Argentina, lo continuó como política de Estado hasta la actualidad, lo que hoy en día lo ubica dentro de las más grandes potencias mundiales en la producción de biocombustibles.

Region	2020	% of World Production
United States	52715,62	53%
Brazil	30018,30	30%
European Union	4731,76	5%
China	3331,16	3%
Canada	1620,16	2%
India	1949,49	2%
Thailand	1514,16	2%
Argentina	870,64	1%
Rest of World	1892,71	2%
Total	98644,00	

Tabla 1 - Producción mundial anual de bioetanol [en millones de litros]¹

En el año 2006, en Argentina, se promulga la Ley 26.093 donde se establece, entre otras cuestiones, el régimen de regulación y promoción para la producción y uso sustentables de biocombustibles; habilitación de plantas productoras; y participación de biocombustibles en mezcla con combustibles de origen fósil.

Dos años más tarde, se sanciona la Ley 26.334, en donde se aprueba el régimen de promoción de la producción de bioetanol, para abastecer al país y generar excedentes con fines de exportación.

¹ Fuente: Renewable Fuels Association

Este marco regulatorio, derivó en la implementación de los cortes de nafta con 12% de bioetanol y gasoil con 10% de biodiesel. Por lo que, en consecuencia, las empresas petroleras se ven obligadas a comprar biocombustibles a los productores nacionales, para realizar las debidas mezclas y distribuirlos a las estaciones de servicio. Un aspecto destacable en este sentido es que, en Argentina, el bioetanol no sustituye a las naftas por lo que no se observa una enemistad entre los sectores.

La Secretaría de Energía de la Nación, por medio de una fórmula polinómica, fija un precio por litro de bioetanol que garantiza cerca del 12% de rendimiento fabril. Además, se encarga de actualizar el porcentaje de participación del bioetanol en los cortes de nafta. El sector del bioetanol cuenta con un lobby sólido que ejerce presión para que no haya caídas en el nivel de participación que determina la Secretaría de Energía. La existencia de este lobby es un aspecto relevante y positivo para el sector, ya que siempre lucha por la protección de sus intereses.

En la actualidad, hay una tendencia creciente a implementar el uso de las energías renovables, con un gran enfoque hacia la generación limpia de energía eléctrica. Esta marcada tendencia mundial de establecer matrices energéticas con mayor participación de las fuentes renovables es una gran oportunidad para el desarrollo de la industria del bioetanol.

El bioetanol, es etanol (alcohol etílico) obtenido de una fuente natural, específicamente, a base de *cultivos bioenergéticos*², biomasa. Es un producto que posee una enorme versatilidad en su utilización. Entre los posibles usos podemos destacar: ingrediente en cosméticos (astringente para la limpieza de la piel, conservante y emulsionante en perfumes, adherente en aerosoles para el pelo); desinfectante (productos de limpieza); disolvente en pinturas y lacas; aditivo alimentario (extractos); etcétera. Además, se utiliza para oxigenar los cortes de naftas. Esto permite una mejor oxidación de los hidrocarburos, y una reducción en la emisión de sustancias no deseadas a la atmósfera. El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la República Argentina, estima que existe

² Los cultivos bioenergéticos son aquellos que se cultivan con el único fin de producir energía, transformándose en combustibles sólidos, líquidos, o gaseosos.

un ahorro del 64% en emisiones de gases de efecto invernadero cuando se lo utiliza en los cortes de nafta.

Es importante destacar que, tanto en la producción de bioetanol como en la utilización del mismo, existe una emisión de dióxido de carbono que se contrarresta en el proceso de fotosíntesis de las plantaciones que posteriormente se utilizan como materia prima en el proceso productivo. Por ello, se puede afirmar que no existe una emisión neta de dióxido de carbono que dañe al medio ambiente.

En Argentina, el bioetanol se obtiene principalmente de dos fuentes: caña de azúcar y maíz. El proceso productivo del proyecto utiliza como materia prima a la caña de azúcar, para obtener bioetanol como producto final, y subproductos como bagazo, cachaza, y vinaza, que posteriormente se aprovechan con distintos fines.

La mayor producción de caña de azúcar en el país se encuentra en el noroeste argentino (NOA), principalmente en las provincias de Tucumán, Salta, y Jujuy. En menor medida, se produce en las provincias de Misiones, Corrientes, Chaco, Formosa, y Santa Fe. Esta planta herbácea posee largos rendimientos que van desde los 4 a los 6 años previos a su renovación. (RENSPA, 2021)

El bagazo, es el remanente de la caña luego de haberle extraído el jugo que contiene. Este subproducto se puede aprovechar, utilizándolo como combustible en la cogeneración de energía eléctrica, para abastecer al sistema productivo. Por ello, la planta industrial tiene la posibilidad de lograr autonomía en su consumo energético.

En consecuencia, considerando los factores económicos, financieros, técnicos, comerciales, legales, y medioambientales, se pretende analizar la viabilidad del proyecto de instalación y puesta en marcha de una planta productora de bioetanol a partir de la caña de azúcar.

OBJETIVOS

1.1 General

Instalar una planta industrial productora de bioetanol a partir de caña de azúcar.

1.2 Específicos

- ✓ Determinar porción de la demanda nacional de bioetanol a cubrir, a partir del análisis de la competencia.
- ✓ Alcanzar y mantener un desarrollo sostenible.
- ✓ Consolidar la relación con los proveedores para asegurar un correcto abastecimiento de materia prima.
- ✓ Abastecer a los proveedores con subproductos del proceso, para abaratar los costos de la materia prima.

ALCANCE

Se pretende estudiar la viabilidad del proyecto de instalación de una planta productora de bioetanol a base de caña de azúcar. Para ello, con el punto partida en el análisis del marco legal que regula todas las actividades, se efectúa una serie de estudios referidos a los análisis de mercado, localización, técnico, económico y financiero.

Dentro del Estudio de mercado, debe analizarse la demanda, evaluando potenciales clientes para determinar cuál es el mercado más conveniente para destinar el volumen de producto final, y luego definir las posibles estrategias de diferenciación. Además, es necesario realizar un análisis de la competencia existente, y establecer si se trata de competidores directos o indirectos. Una vez identificados, es importante conocer el tiempo de antigüedad que poseen en el sector, y el nivel de participación en el mercado.

Para seleccionar la localización estratégica de la nave industrial, luego de efectuar los análisis de macro y micro localización, además del correspondiente Estudio de Impacto Ambiental, se confecciona una matriz de ponderación de diferentes factores relevantes. De esta manera, se logra determinar la ubicación más adecuada para el desarrollo del proyecto. El factor más influyente en esta determinación es la cercanía entre la planta productora y los proveedores de la materia prima.

La construcción queda a cargo de una empresa de obras de ingeniería, bajo la modalidad de contrato de Precio Fijo Cerrado. Esto implica que la construcción de la nave y el montaje de la línea productiva queda bajo la responsabilidad de dicha empresa que, además, debe garantizar el cumplimiento de los tiempos establecidos y entregar la planta lista para su puesta en marcha.

Asimismo, debe efectuarse el Estudio técnico que comienza con la ingeniería de procesos, donde se describe el proceso productivo con sus respectivos balances de masa, y energía; planificación de la producción; destino de subproductos; y tratamiento de residuos. Posteriormente, se realizan tareas de ingeniería de detalle que comprenden la confección de un layout ordenado y flexible, la selección de las instalaciones y maquinarias indispensables para el proceso de producción, y un estudio de tiempos de trabajo, capacidades y utilización.

Finalmente, y en base a lo analizado previamente, se realiza la evaluación económico-financiera que permite conocer la viabilidad del proyecto. Para ello, mediante un modelo econométrico de predicción, se proyectan las potenciales cantidades demandadas de bioetanol durante un período de tiempo determinado. Se detalla y fundamenta la estructuración del capital adoptada. Y, por último, es necesario realizar un análisis de sensibilidad y de riesgos, para el que se recurre a la simulación del método Montecarlo que permite cuantificar los riesgos del proyecto creando múltiples escenarios posibles. Además, refleja la probabilidad de que el VAN³ sea menor a cero. En otras palabras, la posibilidad de que el proyecto fracase.

La evaluación económico-financiera diagnostica la situación del proyecto y las perspectivas del mismo, que permiten tomar la decisión de inversión según el grado de factibilidad y el riesgo asociado.

Es importante mencionar que, por cuestiones estratégicas, el proyecto incluye el estudio del proceso productivo agrícola responsable de la obtención de la caña de azúcar, materia prima del proceso de producción de bioetanol.

2.1 Descripción general del producto final

El producto a comercializar es bioetanol de alta pureza. Como se detalló anteriormente, es etanol obtenido de una fuente natural, a base de caña de azúcar. El etanol es alcohol etílico, su fórmula molecular es C₂H₆O. Es un líquido incoloro, volátil e inflamable.

La obtención ocurre por el método de fermentación de carbohidratos.

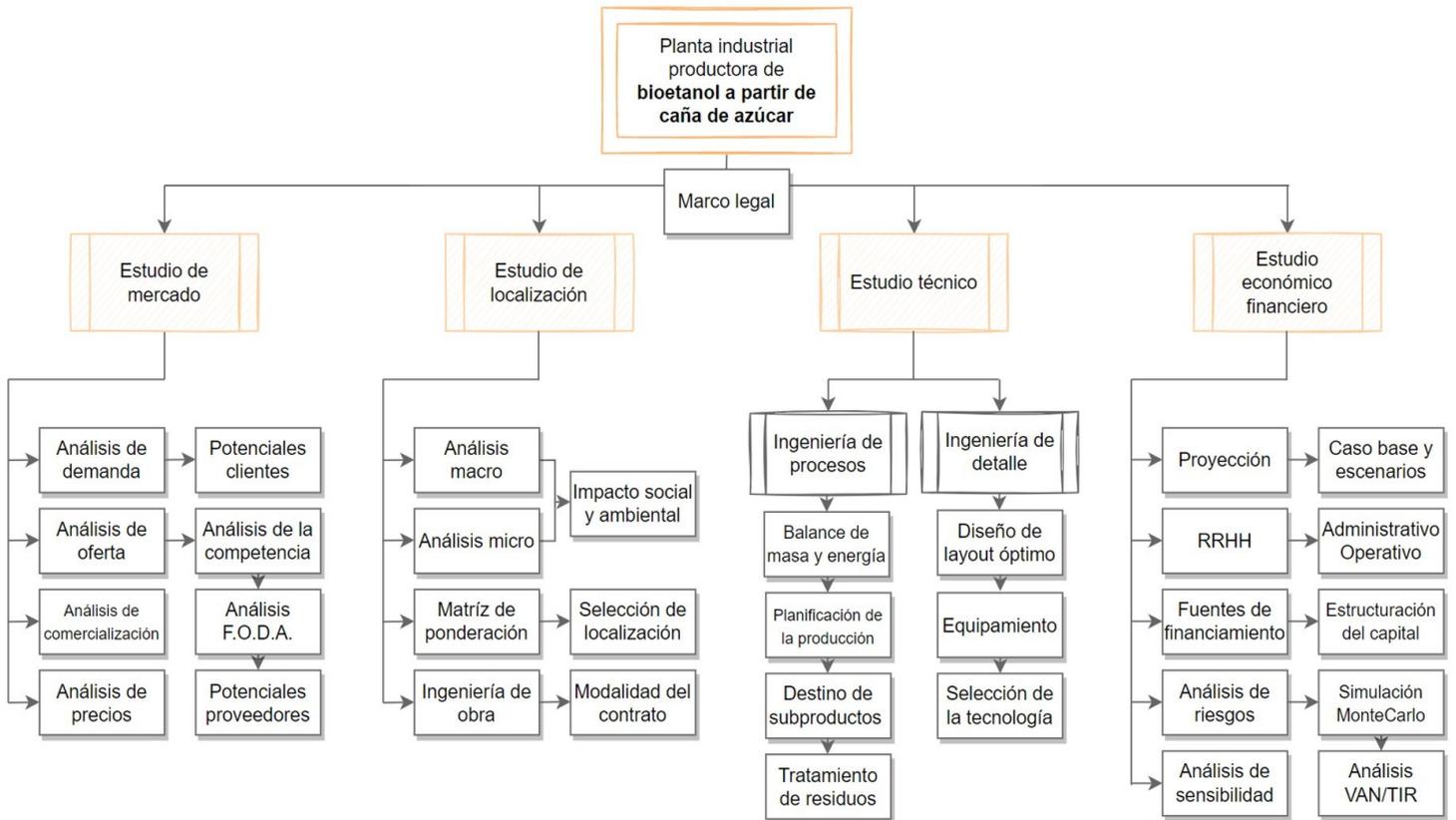
Posee innumerables usos, entre los que se destacan:

- Carburante de la nafta.
- Desinfectante, antiséptico, y conservante.
- Bebidas.

La unidad de comercialización es el litro. El producto podría ser destinado a las refinerías, a la industria química, y/o a la industria de bebidas alcohólicas, en el país.

³ Valor Actual Neto

2.2 Estructura detallada de trabajo WBS



ASPECTOS COMERCIALES

3.1 Descripción del mercado

En la actualidad, Estados Unidos y Brasil lideran la producción de bioetanol con el 83% del mercado mundial, Argentina por su parte produce cerca del 1% de dicho mercado.

En el país, el bioetanol se produce principalmente de dos fuentes: caña de azúcar y maíz. La producción de alcohol de caña de azúcar comienza en el año 2009 para el abastecimiento interno, principalmente para mezcla y corte de las naftas. Por su parte, la producción basada en el procesamiento del maíz comienza en el año 2012.

En los últimos años se observa un equilibrio en la participación de ambas en la producción total.

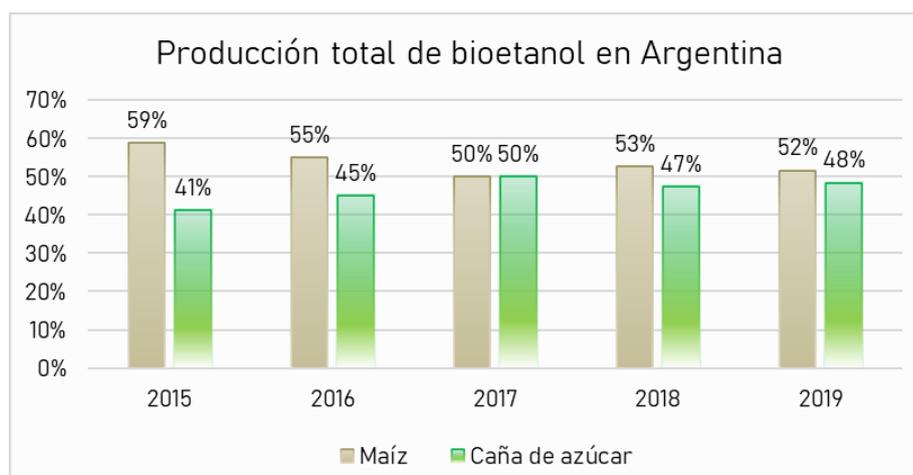


Tabla 2 - Producción total de bioetanol en Argentina⁴

En el año 2019 se produjeron alrededor de 1.073.495 m³ de bioetanol, de los cuales 519.667 m³ fueron producidos a partir de la caña de azúcar (representa el 48,41% de la producción total). Desde el año 2015 al 2019, se produjo un incremento del 30% en la producción total de bioetanol y de un 55% en la producción de bioetanol de caña de azúcar.

Los datos analizados y el crecimiento en el nivel de producción permiten afirmar que existe un panorama favorable y optimista para los próximos años.

⁴ Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de la Secretaría de Energía

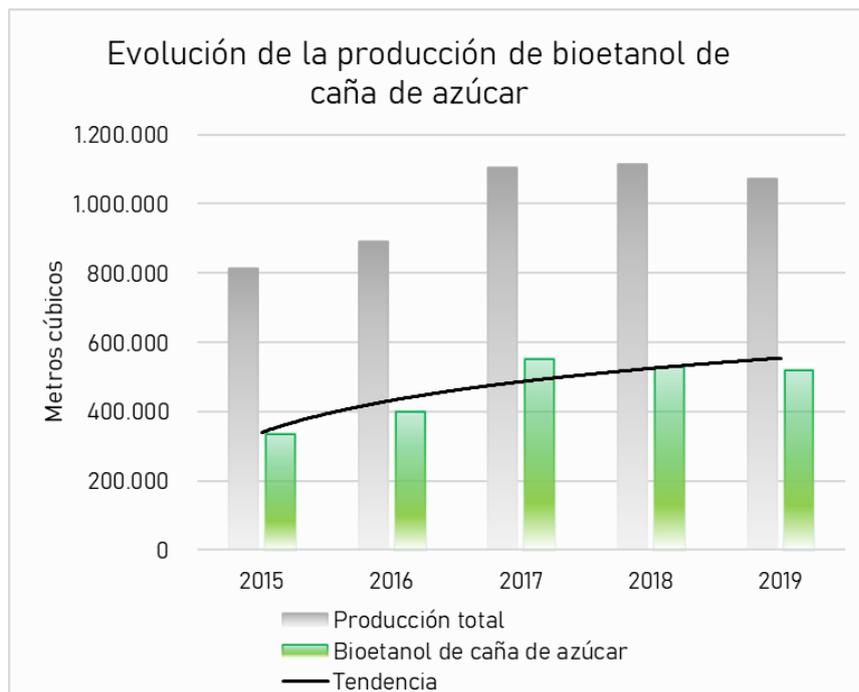


Tabla 3 - Evolución de la producción de bioetanol de caña de azúcar⁵

La producción de bioetanol a partir de caña de azúcar está concentrada en el noroeste argentino (NOA), en las provincias de Salta, Jujuy, y Tucumán. Esta última lidera la producción en el país. A mediados del año 2019, se incorpora al mercado una empresa localizada en Santa Fe, quedando la cuota del mercado argentino de la siguiente manera:

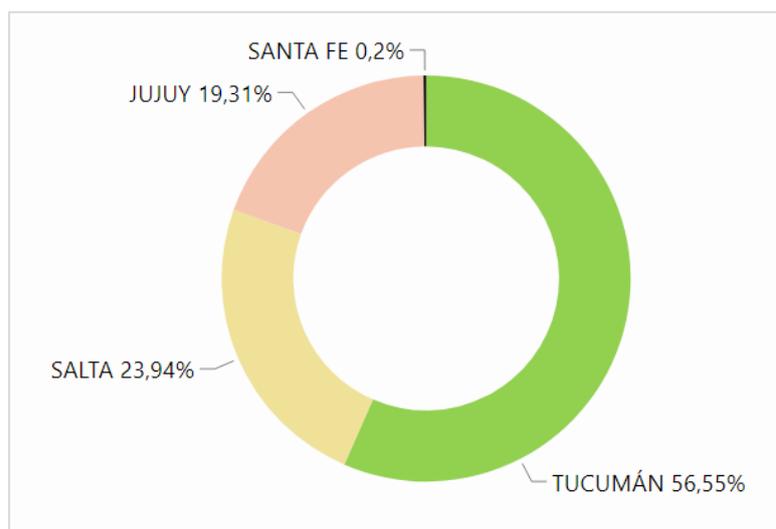


Ilustración 1 - Cuota de mercado: producción a partir de caña de azúcar (2019)⁶

^{5, 6} Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de la Secretaría de Energía

3.2 Descripción específica del producto final

El producto a comercializar es bioetanol, es particular, etanol obtenido luego del procesamiento de la caña de azúcar.

El alcohol etílico posee innumerables usos, como ser carburante de la nafta, desinfectante, antiséptico, conservante, se lo emplea en la industria de ciertas bebidas alcohólicas, entre otros. Sin embargo, el bioetanol obtenido en el tipo de producción adoptada por el proyecto, alcanza un alto grado de pureza, superior a la apta para consumo humano.

PROPIEDADES DEL BIOETANOL

<i>Nombres químicos/comerciales</i>	etanol, alcohol etílico
<i>Fórmula molecular</i>	C_2H_6O / C_2H_5OH
<i>Peso molecular</i>	46,07 g/mol
<i>Composición</i>	C: 41,39% H: 3,47% O: 55,14%
<i>Fase</i>	líquida
<i>Color</i>	incolore
<i>Punto de inflamación</i>	13°C (al 99% de pureza)
<i>Ebullición</i>	78°C
<i>Fusión</i>	-114°C
<i>Densidad</i>	0,789 g/cm ³ (a 20°C)
<i>Solubilidad</i>	soluble en agua
<i>Riesgo</i>	fácilmente inflamable
<i>Extinción</i>	espuma CO ² polvo químico agua pulverizada

Tabla 4 - Propiedades del bioetanol⁷

Sus características indican que el biocombustible es completamente apto para sustituir parcial e incluso totalmente a la nafta.

Para lograr una sustitución total de la nafta se requieren ciertas modificaciones en los motores convencionales, y el etanol debe ser hidratado. Por su parte, el etanol anhidro se utiliza en mezcla con nafta, y en motores sin modificaciones.

⁷ Fuente: elaboración propia a partir de bibliografía consultada

3.2.1 Estrategia de comercialización

El Instituto de Desarrollo Productivo de Tucumán creó Marca Tucumán, con el fin de promocionar y posicionar la provincia, tanto a nivel nacional como internacional.

Se recomienda adoptar la marca provincial, ya que es de carácter gratuito, y promocionaría al producto del presente proyecto. Marca Tucumán nace con el objetivo de incrementar y motivar el consumo de productos tucumanos, agregando valor y competitividad a las empresas.



Ilustración 2 - Logotipo Marca Tucumán⁸



Ilustración 3 - Tanque de bioetanol con logotipo de Marca Tucumán

3.2.2 Actualidad

3.2.2.1 Motores Flex

Los avances tecnológicos permitieron la creación de los motores Flex. Es un tipo de motor de ignición por chispa, que puede abastecerse de etanol puro, nafta, o incluso mezclas de diversas proporciones. Eso es posible gracias a la presencia de un sensor de detonación que detecta la proporción y el tipo de combustible que se consume, y se lo informa a la ECU⁹ del vehículo a fin de regular el avance del encendido y el caudal de combustible inyectado.

⁸ Fuente: <https://marcatucuman.com.ar/>

⁹ ECU: Unidad de control electrónico del motor

Cabe aclarar que las diferencias entre un motor convencional de ciclo Otto y uno con la tecnología anteriormente mencionada, radican en la ECU (capaz de detectar la proporción de combustible que se consume), los inyectores (capaces de elevar la temperatura del combustible para el arranque), y el material de las mangueras (ya que el alcohol reseca las de goma tradicional).

3.2.2.2 Corte de nafta

La utilización del bioetanol como oxigenante de la nafta en reemplazo del aditivo MTBE¹⁰, le otorga excelentes propiedades antidetonantes y un muy buen nivel de octanaje. Además, contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, a la diversificación de la matriz energética, y al desarrollo de economías regionales.

Es importante mencionar que recientemente, el 10 de septiembre del 2021, YPF S.A. completó con éxito la puesta en marcha de una nueva unidad productora de ETBE¹¹ en su Complejo Industrial Luján de Cuyo, provincia de Mendoza. En dicha planta, se convierte MTBE a ETBE, mediante la eterificación del bioetanol como materia prima.

3.3 Público objetivo

3.3.1 Justificación

En este apartado, se exponen las diferentes razones que conllevan a destinar la producción de bioetanol de caña de azúcar al mercado intermedio de las refinerías del país, con el fin de realizar los cortes de naftas que establece la legislación vigente.

El etanol con una pureza del 96%, es apto para consumo humano y se obtiene por destilación simple.

Cuando su destino es la utilización en mezcla con nafta o como combustible puro, es necesario elevar la pureza al 99,5 - 99,9% para evitar la formación de un azeótropo ya que dificultaría la combustión.

En el proceso productivo del proyecto se obtiene bioetanol de alta pureza, lo que indica que no es apto para el consumo humano.

¹⁰ MTBE: Éter metil terbutílico.

¹¹ ETBE: Éter etil terbutílico. (Contamina en menor medida que el MTBE)

En cuanto al mercado, se observa que posee solidez, y demuestra un gran potencial de crecimiento. Esto es así, debido al contexto político y social que tiene la creciente necesidad de resguardar el medioambiente, apostando a la reducción de emisiones de CO², a la sostenibilidad, y al desarrollo de las energías renovables.

3.3.2 Análisis contextual

Se ejecuta un análisis estratégico para conocer el contexto en el que se desarrolla proyecto, para ello se tienen en cuenta factores políticos, sociales, ecológicos, y legales.

3.3.2.1 Factores externos

Ante el vencimiento de la Ley 26.093, la República Argentina se encuentra con la necesidad de establecer un nuevo marco regulatorio para el mercado de los biocombustibles. Es así que, el 15 de julio del año 2021, se sanciona la Ley 27.640, promulgada finalmente el 04 de agosto del mismo año.

Este nuevo marco regulatorio de biocombustibles, contrajo críticas por parte del sector productor de bioetanol de maíz. Sin embargo, tuvo gran aceptación del sector productor de bioetanol de caña de azúcar, ya que se vio más favorecido por la Ley.

En particular, establece un corte de nafta mínimo irreducible del 6% (no así para el bioetanol de maíz). Esto le confiere cierta estabilidad al mercado del bioetanol cañero, y una valorada reducción de su incertidumbre.

Por su parte, la Secretaría de Energía de la Nación continúa regulando el mercado, estableciendo precios, y otorgando cupos a los respectivos productores de biocombustibles.

Actualmente, se contempla la creación de una Comisión de Biocombustibles con la participación de organismos nacionales y de un Consejo de Provincias Productoras. Su concreción sería de suma importancia, ya que permitiría un monitoreo sistemático de la actividad, logrando detectar con mayor celeridad las necesidades del sector.

Como se mencionó anteriormente, YPF S.A. puso en marcha una nueva unidad productiva que transforma MTBE a ETBE mediante la eterificación del

bioetanol. Este hecho reciente tiene al bioetanol como principal protagonista, por lo que contribuye a la disminución en la emisión de gases contaminantes a la atmósfera.

En el año 2016, mediante la Ley N° 27.270 la República Argentina ratificó el compromiso asumido en el Acuerdo de París. Este tratado internacional sobre el cambio climático, adoptado por más de 190 países, tiene como objetivo principal combatir el calentamiento global. Para alcanzarlo, todos los países involucrados desarrollan diferentes estrategias que limiten las emisiones de gases de efecto invernadero.

Actualmente, Argentina trabaja en la elaboración de la Estrategia 2050 y del Plan Nacional de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático. Además, para cumplir con los compromisos asumidos, presenta el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero y sus Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional.

Como se puede ver, el desarrollo del proyecto se ve favorecido por cada factor analizado en el contexto actual.

3.3.2.2 Estrategia adoptada

Si bien existe un contexto favorable, se deben considerar dos aspectos relevantes que podrían ser perjudiciales para el desarrollo del proyecto si no se tuvieran en cuenta. Uno de ellos tiene que ver con la utilización del gas como combustible fósil en el suministro de la energía eléctrica necesaria para la producción de bioetanol. El otro aspecto, es el desgaste del suelo en el que se produce la caña de azúcar, materia prima principal del proceso productivo.

En relación al primer aspecto, la estrategia implica utilizar el bagazo como combustible en la cogeneración de energía eléctrica y abastecer al sistema productivo. Es así que, mediante el aprovechamiento del subproducto, la planta industrial tiene la posibilidad de lograr autonomía en su consumo energético y vender el excedente de energía, inyectándolo en la red nacional.

En relación al segundo aspecto, la estrategia es aprovechar la vinaza del sistema productivo para proveer al sector cañero un fertilizante orgánico que le devuelva al suelo los nutrientes utilizados. Se estima que por cada litro de bioetanol producido, se obtienen aproximadamente 10 litros de vinaza. Mediante una evaporación forzada y su posterior mezcla con la cachaza y cenizas

resultantes del proceso productivo, se lograría obtener el fertilizante orgánico o compost, con gran contenido de potasio.

3.4 Análisis y proyección de la demanda

A partir del análisis de los datos de demanda histórica de bioetanol de caña de azúcar brindados por la Secretaría de Energía de la Nación, y mediante la utilización del programa estadístico E-Views, se obtiene un modelo econométrico que permite proyectar la demanda potencial para los próximos años.

3.4.1 Modelo econométrico

Es indispensable mencionar que para todas las proyecciones involucradas en el análisis, se omiten los años 2020 y 2021 de las respectivas series de datos. Esto es así, porque las cifras se encuentran afectadas por el contexto de la pandemia del Coronavirus. Dicho evento extraordinario, hace que los datos no sean representativos de la realidad, lo que podría conducir a una imagen de pronóstico errónea.

En la fórmula matemática del modelo, se utilizan dos variables fundamentales para explicar el comportamiento de la demanda de bioetanol de caña: PBI y producción nacional de nafta. Se trata de las variables más representativas y adecuadas para explicar dicho comportamiento, debido a la estrecha relación que poseen. Un incremento en la producción de nafta implica la necesidad de un mayor volumen de bioetanol para realizar el corte que establece la ley. Un PBI mayor, significa un mejor escenario económico que favorece la producción.

Antes de proyectar la demanda de bioetanol de caña, se requiere realizar las respectivas proyecciones del PBI y de la producción nacional de nafta.

3.4.1.1 Proyección del Producto Bruto Interno

Para la proyección del PBI, se obtienen los datos históricos en valores trimestrales en millones de pesos a precios del año 2004, del INDEC¹².

¹² INDEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.

Posteriormente, se realiza un modelo autorregresivo del que se obtiene el siguiente pronóstico anual en millones de pesos.

Año	PBI Anual	
	HISTÓRICO	PROYECCIÓN
2009	608.872,88	628.253,56
2010	670.523,68	649.345,60
2011	710.781,60	701.087,09
2012	703.485,99	709.677,06
2013	720.407,11	709.677,06
2014	702.306,05	709.867,77
2015	721.487,15	707.946,79
2016	706.477,85	713.892,82
2017	726.389,95	711.295,99
2018	707.377,44	723.317,28
2019	693.046,44	691.973,44
2022	-	682.309,63
2023	-	685.273,22
2024	-	689.613,79
2025	-	693.006,77
2026	-	695.309,69
2027	-	696.796,62
2028	-	697.738,42

Tabla 5 - Proyección del PBI¹³

A continuación, se expone un gráfico comparativo entre los datos históricos del PBI y los proyectados con el modelo autorregresivo.

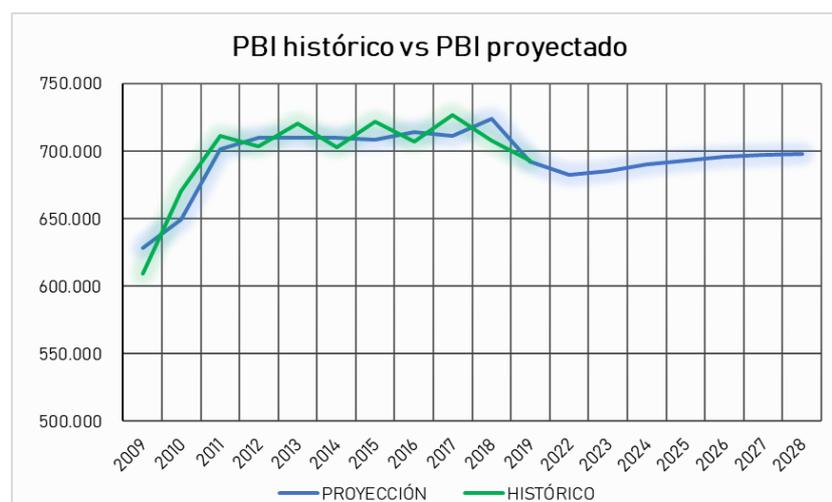


Ilustración 4 - PBI histórico vs. PBI proyectado¹⁴

¹³ Fuente: elaboración propia.

¹⁴ Fuente: elaboración propia.

3.4.1.1.1 E-Views

View	Proc	Object	Save	Snapshot	Freeze	Details+/-	Show	Fetch	Store	D
Range: 2004Q1 2019Q4 -- 64 obs								Filter: *		
Sample: 2004Q1 2019Q4 -- 64 obs								Order: Name		
<input type="checkbox"/>		c								
<input checked="" type="checkbox"/>		pbi								
<input checked="" type="checkbox"/>		pbi_proyeccion								
<input checked="" type="checkbox"/>		resid								

Ilustración 5 – PBI - Archivo de trabajo de la herramienta (Workfile)

```

Estimation Command:
=====
LS PBI PBI(-1) PBI(-4) PBI(-5) C

Estimation Equation:
=====
PBI = C(1)*PBI(-1) + C(2)*PBI(-4) + C(3)*PBI(-5) + C(4)

Forecasting Equation:
=====
PBI = C(1)*PBI(-1) + C(2)*PBI(-4) + C(3)*PBI(-5) + C(4)

Substituted Coefficients:
=====
PBI = 0.603639796038*PBI(-1) + 0.880759274365*PBI(-4) - 0.605886841174
*PBI(-5) + 84959.9890933
    
```

Ilustración 6 – PBI - Representación de la ecuación de proyección

Dependent Variable: PBI
Method: Least Squares
Date: 08/14/21 Time: 19:35
Sample (adjusted): 2005Q2 2019Q4
Included observations: 59 after adjustments

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PBI(-1)	0.603640	0.103706	5.820685	0.0000
PBI(-4)	0.880759	0.059361	14.83733	0.0000
PBI(-5)	-0.605887	0.101106	-5.992568	0.0000
C	84959.99	32020.48	2.653301	0.0104

R-squared	0.886996	Mean dependent var	672235.9
Adjusted R-squared	0.880832	S.D. dependent var	65063.25
S.E. of regression	22460.34	Akaike info criterion	22.94228
Sum squared resid	2.77E+10	Schwarz criterion	23.08313
Log likelihood	-672.7972	Hannan-Quinn criter.	22.99726
F-statistic	143.9021	Durbin-Watson stat	1.650982
Prob(F-statistic)	0.000000		

Ilustración 7 – PBI - Salida de la estimación

$$\text{PBI} = 0,604 \text{ PBI}(-1) + 0,881 \text{ PBI}(-4) - 0,61 \text{ PBI}(-5) + 84959,989$$

Ecuación 1 - Ecuación de proyección del PBI

3.4.1.2 Proyección de la producción nacional de nafta

Para la proyección de la producción nacional de nafta, se realiza un modelo econométrico que involucra como regresores al PBI y a la producción de nafta del período anterior.

$$PNafta = C_1 * PBI + C_2 * PNafta(-1)$$

Ecuación 2 - Modelo econométrico¹⁵

Del mismo, se obtiene el siguiente pronóstico de producción anual.

Año	Producción de nafta [Millones de litros]	
	HISTÓRICO	PROYECCIÓN
2004	3.438,60	
2005	3.697,73	3.997,69
2006	4.260,05	4.304,28
2007	4.966,76	4.889,14
2008	5.518,15	5.546,66
2009	5.759,28	5.945,41
2010	6.236,68	6.274,26
2011	6.966,15	6.764,16
2012	7.501,40	7.377,16
2013	8.166,29	7.870,82
2014	8.081,04	8.407,00
2015	8.543,54	8.371,47
2016	8.664,22	8.739,67
2017	8.427,36	8.882,68
2018	9.343,67	8.641,52
2019	9.171,41	9.401,35
<i>2022</i>		<i>9.429,80</i>
<i>2023</i>		<i>9.460,11</i>
2024		9.494,73
2025		9.531,18
2026		9.562,54
2027		9.589,51
2028		9.612,70

Tabla 6 - Proyección de la producción de nafta

Las cifras históricas fueron extraídas de la base de datos abiertos de la Secretaría de Energía y se exponen a continuación, con el fin de compararlas con la proyección.

¹⁵ Modelo econométrico: producción nacional de naftas.

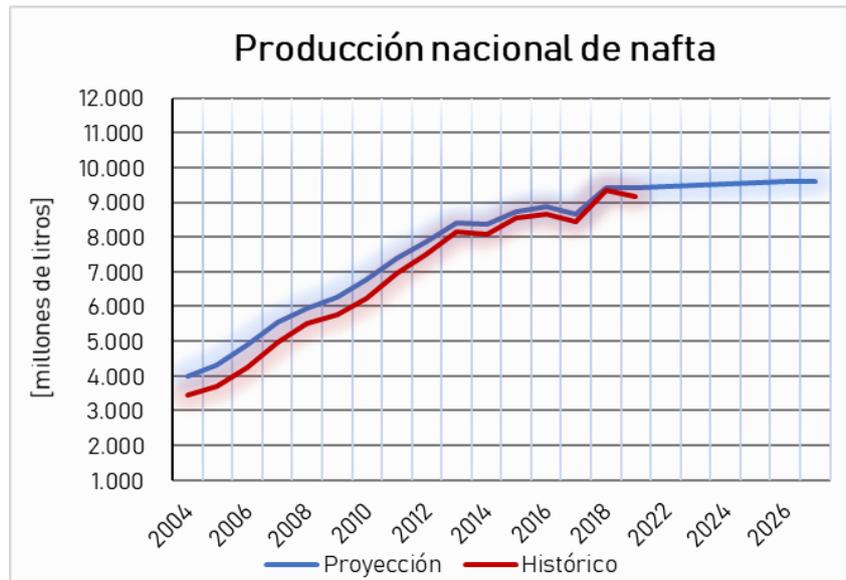


Ilustración 8 – Producción de nafta histórica vs. proyectada

3.4.1.2.1 E-Views

View	Proc	Object	Save	Snapshot	Freeze	Details+/-	Show	Fetch	Store	D
Range: 2004 2019 -- 16 obs										Filter: *
Sample: 2004 2019 -- 16 obs										Order: Name
<input type="checkbox"/>		c								
<input checked="" type="checkbox"/>		pbi								
<input checked="" type="checkbox"/>		pnafta								
<input checked="" type="checkbox"/>		pnafta_proyeccion								
<input checked="" type="checkbox"/>		resid								

Ilustración 9 – NAFTA - Archivo de trabajo de la herramienta (Workfile)

```

Estimation Command:
=====
LS PNAFTA PBI PNAFTA(-1)

Estimation Equation:
=====
PNAFTA = C(1)*PBI + C(2)*PNAFTA(-1)

Forecasting Equation:
=====
PNAFTA = C(1)*PBI + C(2)*PNAFTA(-1)

Substituted Coefficients:
=====
PNAFTA = 0.00197017467418*PBI + 0.860039476773*PNAFTA(-1)
    
```

Ilustración 10 – NAFTA - Representación de la ecuación de proyección

Dependent Variable: PNAFTA				
Method: Least Squares				
Date: 08/14/21 Time: 21:07				
Sample (adjusted): 2005 2019				
Included observations: 15 after adjustments				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
PBI	0.001970	0.000569	3.465296	0.0042
PNAFTA(-1)	0.860039	0.055364	15.53420	0.0000
R-squared	0.975059	Mean dependent var	7020.248	
Adjusted R-squared	0.973141	S.D. dependent var	1832.970	
S.E. of regression	300.4016	Akaike info criterion	14.37168	
Sum squared resid	1173134.	Schwarz criterion	14.46609	
Log likelihood	-105.7876	Hannan-Quinn criter.	14.37068	
Durbin-Watson stat	2.795526			

Ilustración 11 – NAFTA - Salida de la estimación

$$PNafta = 0,002 PBI + 0,86 PNafta(-1)$$

Ecuación 3 - Ecuación de proyección de la producción de nafta

3.4.2 Proyección de la demanda de bioetanol de caña

Luego de lo analizado, se expresa la ecuación del modelo econométrico que permite proyectar la producción de bioetanol de caña de azúcar para los próximos años:

$$\ln(PNBC) = C_1 * \ln(PBI) + C_2 * \frac{1}{PNafta}$$

Ecuación 4 - Modelo econométrico¹⁶

Donde:

- ✓ PNBC = producción nacional de bioetanol de caña de azúcar
- ✓ PBI = producto bruto interno
- ✓ PNafta = producción nacional de nafta

Teniendo en cuenta que en Argentina no se realizan importaciones ni exportaciones de bioetanol de caña de azúcar, es posible determinar su consumo aparente a partir de la producción nacional de dicho producto.

¹⁶ Modelo econométrico: consumo aparente de bioetanol de caña de azúcar.

Seguidamente, se expone una tabla que contiene los datos utilizados en el modelo econométrico:

AÑO	Datos históricos			Modelo
	PBI ⁽¹⁾	PNBC ⁽²⁾	Pnafta ⁽³⁾	PNBC
2010	608.872,88	117,81	6.236,68	105,07
2011	670.523,68	165,39	6.966,15	179,55
2012	710.781,60	220,45	7.501,40	248,88
2013	703.485,99	304,79	8.166,29	334,77
2014	720.407,11	299,86	8.081,04	328,20
2015	702.306,05	336,14	8.543,54	388,98
2016	721.487,15	400,11	8.664,22	414,73
2017	706.477,85	553,14	8.427,36	373,33
2018	726.389,95	528,16	9.343,67	526,90
2019	707.377,44	519,67	9.171,41	489,11
2022	682.309,63		9.429,80	518,74
2023	685.273,22		9.460,11	525,25
2024	689.613,79		9.494,73	533,25
2025	693.006,77		9.531,18	541,11
2026	695.309,69		9.562,54	547,58
2027	696.796,62		9.589,51	552,92
2028	697.738,42		9.612,70	557,34

(1) *Producto Bruto Interno* [Millones de pesos a precios de 2004]
 (2) *Producción Nacional de Bioetanol de caña* [Millones de litros]
 (3) *Producción de nafta* [Millones de litros]

Tabla 7 - Datos de entrada al modelo econométrico¹⁷

3.4.2.1 E-Views

El modelo econométrico cumple con todas las especificaciones probabilísticas para ser aceptado. Las mismas se detallan a continuación.

```

Estimation Command:
=====
LS LNPNBC LOG(PBI) 1/PNAFTA

Estimation Equation:
=====
LNPNBC = C(1)*LOG(PBI) + C(2)*1/PNAFTA

Forecasting Equation:
=====
LNPNBC = C(1)*LOG(PBI) + C(2)*1/PNAFTA

Substituted Coefficients:
=====
LNPNBC = 0.686167915942*LOG(PBI) - 27969.3852529*1/PNAFTA
    
```

Ilustración 12 – BIOETANOL - Representación de la ecuación de proyección¹⁸

¹⁷ Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos de INDEC y Secretaría de Energía

¹⁸ Aclaración: E-Views designa como LOG al logaritmo natural: LOG(PBI) = LN(PBI)

Dependent Variable: LNPNBC
 Method: Least Squares
 Date: 08/14/21 Time: 21:32
 Sample: 2010 2019
 Included observations: 10

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(PBI)	0.686168	0.031471	21.80294	0.0000
1/PNAFTA	-27969.39	3359.741	-8.324865	0.0000

R-squared	0.903435	Mean dependent var	5.734344
Adjusted R-squared	0.891364	S.D. dependent var	0.517058
S.E. of regression	0.170422	Akaike info criterion	-0.524218
Sum squared resid	0.232350	Schwarz criterion	-0.463701
Log likelihood	4.621091	Hannan-Quinn criter.	-0.590605
Durbin-Watson stat	1.705615		

Ilustración 13 – BIOETANOL - Salida de la estimación

Como puede observarse, la salida de la estimación posee elevados valores de R^2 y R^2 ajustado, lo que evidencia un excelente ajuste del modelo. Además, los p-valores de las variables son menores a 0,05 lo que indica que los regresores son significativos para el modelo.

3.4.2.1.1 Significatividad conjunta – Test de Wald

Se realiza la prueba de Wald para determinar el contraste de restricciones de significatividad. La salida de información de dicha prueba indica que se debe rechazar la hipótesis nula, ya que los p-valores son menores a 0,05.

Por lo tanto, se asume la hipótesis de la significatividad conjunta: en forma conjunta, los regresores explican el comportamiento de la variable dependiente.

Wald Test:
 Equation: LNPNBC_PROYECCION

Test Statistic	Value	df	Probability
F-statistic	5698.314	(2, 8)	0.0000
Chi-square	11396.63	2	0.0000

Null Hypothesis: C(1)=C(2)=0
 Null Hypothesis Summary:

Normalized Restriction (= 0)	Value	Std. Err.
C(1)	0.686168	0.031471
C(2)	-27969.39	3359.741

Restrictions are linear in coefficients.

Ilustración 14 - Test de Wald - Significatividad conjunta

3.4.2.1.2 Inclusión de variables redundantes

Se realiza la prueba de variables redundantes para cada uno de los regresores.

En ambos casos, los p-valores de F y las razones son menores a 0,05. Por lo tanto, se rechazan las hipótesis nulas que afirman la insignificancia de cada regresor.

Redundant Variables Test			
Null hypothesis: LOG(PBI) are jointly insignificant			
Equation: LNPNBC_PROYECCION			
Specification: LNPNBC LOG(PBI) 1/PNAFTA			
Redundant Variables: LOG(PBI)			
	Value	df	Probability
t-statistic	21.80294	8	0.0000
F-statistic	475.3682	(1, 8)	0.0000
Likelihood ratio	41.01337	1	0.0000

Ilustración 15 - Test de variable redundante - Ln(PBI)

Redundant Variables Test			
Null hypothesis: 1/PNAFTA are jointly insignificant			
Equation: LNPNBC_PROYECCION			
Specification: LNPNBC LOG(PBI) 1/PNAFTA			
Redundant Variables: 1/PNAFTA			
	Value	df	Probability
t-statistic	8.324865	8	0.0000
F-statistic	69.30337	(1, 8)	0.0000
Likelihood ratio	22.68296	1	0.0000

Ilustración 16 - Test de variable redundante - 1/PNafta

3.4.2.1.3 Validez de la especificación – Test de Ramsey

La salida de la prueba indica que el modelo posee una correcta especificación (linealidad). Los p-valores son mayores a 0,05 por lo que se acepta la hipótesis nula.

Ramsey RESET Test			
Equation: LNPNBC_PROYECCION			
Specification: LNPNBC LOG(PBI) 1/PNAFTA			
Omitted Variables: Squares of fitted values			
	Value	df	Probability
t-statistic	0.805218	7	0.4472
F-statistic	0.648376	(1, 7)	0.4472

Ilustración 17 - Test de Ramsey - Validez de la especificación

3.4.2.1.4 Estabilidad estructural – Contraste Cusum

Esta prueba (basada en los residuos recursivos) se utiliza para contrastar la estabilidad estructural del modelo en el largo plazo. Los resultados indican que el modelo es estable en su estructura ya que los residuos no sobrepasan las bandas de $\pm 5\%$ de significancia.

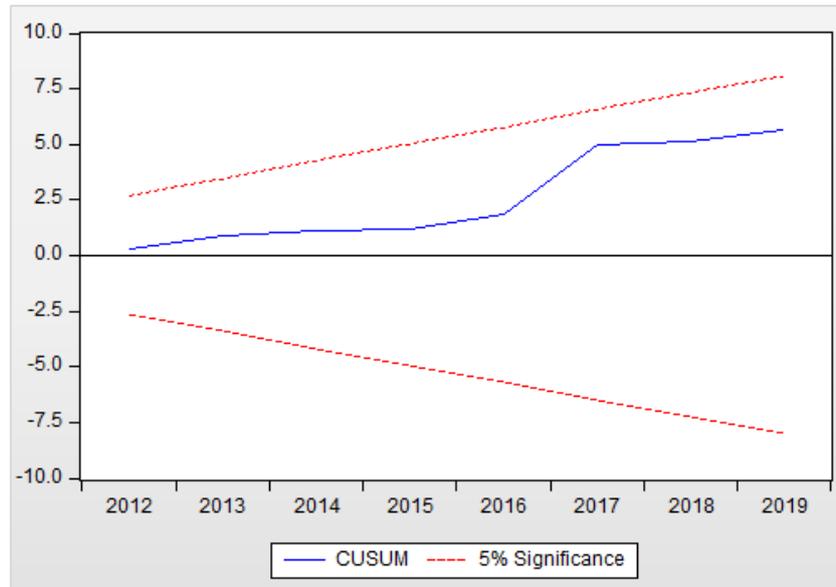


Ilustración 18 - Contraste Cusum - Estabilidad estructural del modelo

3.4.2.1.5 Normalidad de los residuos – Jarque Bera

Se ejecuta la prueba para determinar la presencia de normalidad en los residuos. Como la probabilidad obtenida es mayor a 0,05 se acepta la hipótesis nula, es decir, la existencia de normalidad en las perturbaciones.

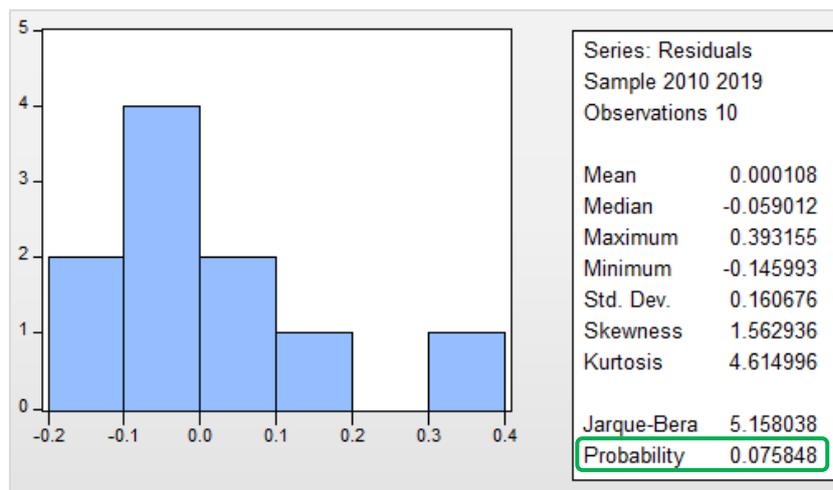


Ilustración 19 - Jarque Bera - Normalidad de los residuos

3.4.2.1.6 Autocorrelación – Breusch Godfrey

Los p-valores son mayores a 0,05. Esto indica que se debe aceptar la ausencia de autocorrelación.

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:				
F-statistic	0.051383	Prob. F(2,6)		0.9503
Obs*R-squared	0.168394	Prob. Chi-Square(2)		0.9193
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID				
Method: Least Squares				
Date: 08/15/21 Time: 01:00				
Sample: 2010 2019				
Included observations: 10				
Presample missing value lagged residuals set to zero.				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
LOG(PBI)	-0.000835	0.036321	-0.023001	0.9824
1/PNAFTA	92.46496	3881.287	0.023823	0.9818
RESID(-1)	0.121478	0.413501	0.293779	0.7788
RESID(-2)	-0.065020	0.411649	-0.157949	0.8797
R-squared	0.016839	Mean dependent var		0.000108
Adjusted R-squared	-0.474742	S.D. dependent var		0.160676
S.E. of regression	0.195123	Akaike info criterion		-0.141201
Sum squared resid	0.228437	Schwarz criterion		-0.020167
Log likelihood	4.706005	Hannan-Quinn criter.		-0.273975
Durbin-Watson stat	1.912552			

Ilustración 20 - Breusch Godfrey – Autocorrelación

3.4.2.1.7 Heterocedasticidad – Test de White

Mediante esta prueba, se evalúa el comportamiento de la varianza de los errores. La salida proporciona p-valores superiores a 0,05 por lo que se debe rechazar la presencia de heterocedasticidad en el intervalo de confianza del 95%. Es decir, la varianza de los errores es constante en el tiempo (presenta homocedasticidad).

Heteroskedasticity Test: White				
F-statistic	0.385882	Prob. F(3,6)	0.7675	
Obs*R-squared	1.617355	Prob. Chi-Square(3)	0.6555	
Scaled explained SS	1.873249	Prob. Chi-Square(3)	0.5991	
Test Equation:				
Dependent Variable: RESID^2				
Method: Least Squares				
Date: 08/15/21 Time: 01:01				
Sample: 2010 2019				
Included observations: 10				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	8.244408	8.652965	0.952784	0.3775
LOG(PBI)^2	-0.054021	0.054473	-0.991717	0.3596
LOG(PBI)*1/PNAFTA	2007.618	1968.973	1.019627	0.3472
1/PNAFTA^2	-1.14E+08	1.10E+08	-1.043316	0.3370
R-squared	0.161736	Mean dependent var	0.023235	
Adjusted R-squared	-0.257397	S.D. dependent var	0.046595	
S.E. of regression	0.052249	Akaike info criterion	-2.776419	
Sum squared resid	0.016380	Schwarz criterion	-2.655385	
Log likelihood	17.88209	Hannan-Quinn criter.	-2.909193	
F-statistic	0.385882	Durbin-Watson stat	2.044815	
Prob(F-statistic)	0.767471			

Ilustración 21 - Test de White - Heterocedasticidad

3.5 Tamaño del proyecto

En base a la demanda proyectada para el horizonte de duración del proyecto, se establece una participación del 8% del mercado de bioetanol de caña de azúcar, lo que equivale al 4% del mercado de bioetanol.

Esto representa una producción cercana a los 43.000.000 de litros para el primer año, es decir, aproximadamente 127.000 litros diarios.

A continuación, se muestra una tabla de elaboración propia en base a datos y proyecciones realizadas mediante el modelo econométrico anteriormente expuesto, que demuestra la distribución del mercado de bioetanol de caña de azúcar, además de la demanda proyectada para los primeros dos años del proyecto con la correspondiente participación en dicho mercado.

	Actual		Año 1		Año 2	
	Millones de L/año	Particip. Merc.	Millones de L/año	Particip. Merc.	Millones de L/año	Particip. Merc.
Seaboard E.E.R.R. y alimentos S.R.L.	124,41	23,94%	127,66	23,94%	129,54	23,94%
Compañía Bioenergética La Florida S.A.	107,83	20,75%	110,65	20,75%	112,28	20,75%
Bio Ledesma S.A.	82,89	15,95%	85,05	15,95%	86,31	15,95%
Bio Atar S.A.	63,71	12,26%	65,38	12,26%	66,34	12,26%
Bioenergía Santa Rosa S.A.	33,10	6,37%	33,97	6,37%	34,47	6,37%
Bioenergía La Corona S.A.	31,80	6,12%	32,63	6,12%	33,12	6,12%
Proyecto	0,00	0%	42,66	8%	43,29	8%
Biotrinidad S.A.	25,31	4,87%	25,97	4,87%	26,35	4,87%
Otras (7 empresas)	50,62	9,74%	9,28	1,74%	9,42	1,74%
TOTAL	519,67	100,00%	533,25	100,00%	541,11	100,00%

Tabla 8 – Proyección de la demanda y Tamaño del proyecto

3.5.1 Justificación del tamaño del proyecto

Se analizan las posibles participaciones en el mercado, incluyendo los costos de inversión y operativos asociados, con el fin de hallar la capacidad óptima de producción.

	Capacidad de producción [L/año]	Período 0		Por litro producido		Costo por litro [\$]
		Inversión total [\$]	Costos operativos [\$]	Costo inversión [\$]	Costos operativos [\$]	
Participación en el mercado 2%	16.750.000	1.844.773.936	480.223.334	110,1	28,7	138,8
Participación en el mercado 8%	50.250.000	5.226.859.486	479.166.007	104	9,5	113,6
Participación en el mercado 15%	83.750.000	11.683.568.262	379.823.884	139,5	4,5	144
Participación en el mercado 20%	110.550.000	13.835.804.521	331.788.227	125,2	3	128,2
Participación en el mercado 25%	134.000.000	18.447.739.362	216.756.419	137,7	1,6	139,3

Tabla 9 - Capacidad de producción óptima según la participación en el mercado¹⁹

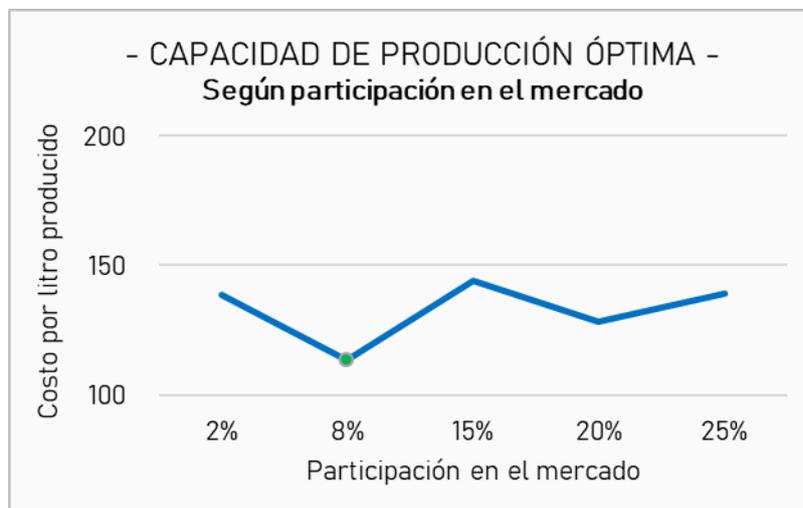


Ilustración 22 - Capacidad de producción óptima

¹⁹ Fuente: elaboración propia. Datos de inversión proporcionados por empresa constructora.

3.6 Competencia

En Argentina, el mercado del bioetanol está formado por 19 empresas, de las cuales 6 utilizan maíz como materia prima y las 13 restantes emplean caña de azúcar. En conjunto, en el año 2019 se produjeron más de mil millones de litros de bioetanol, de los cuales cerca del 50% fueron producidos a partir de la caña de azúcar.

La Secretaría de Energía de la Nación se encarga de otorgar un cupo que determina el volumen de bioetanol que cada empresa tiene permitido vender. Además, establece los precios por litro de bioetanol en función a la materia prima utilizada. A partir de diciembre de 2019, se igualaron los precios de bioetanol de caña y de maíz, quedando para el período de septiembre de 2021 un valor de \$59,35 por litro de bioetanol.

A raíz de las regulaciones presentes, no se observa un gran nivel de competencia en el mercado.

3.6.1 Bioetanol de maíz

El mercado del bioetanol de maíz se encuentra distribuido entre las empresas Promaíz S.A., ACA Bio Cooperativa LTDA., Bioetanol Río Cuarto S.A., Diaser S.A., Vicentín S.A.I.C., y Maíz Energía S.A. A continuación, se expone la participación de cada una en dicho mercado.

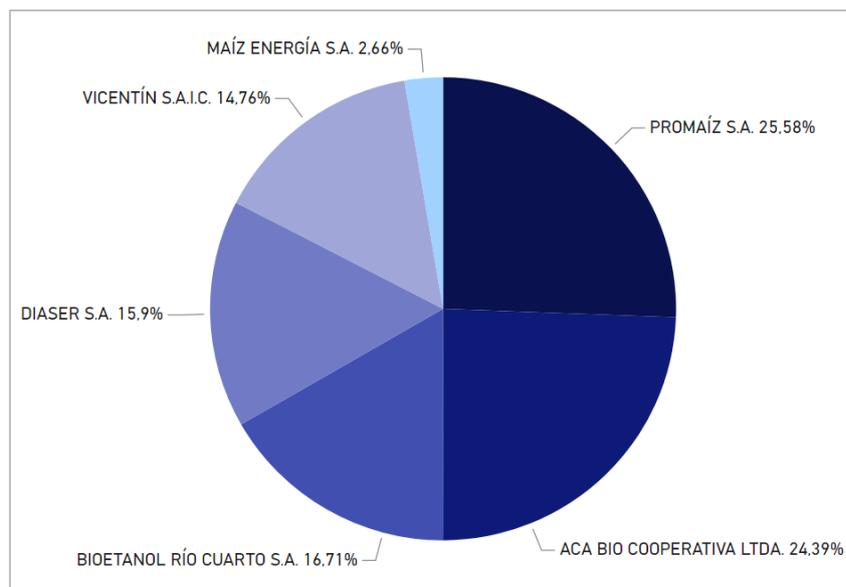


Ilustración 23 - Market Share Bioetanol de maíz (empresas) – Año 2019 ²⁰

²⁰ Fuente: elaboración propia en Power BI (base de datos oficial de la Secretaría de Energía).

Además, se muestra un gráfico que representa la producción del año 2019.

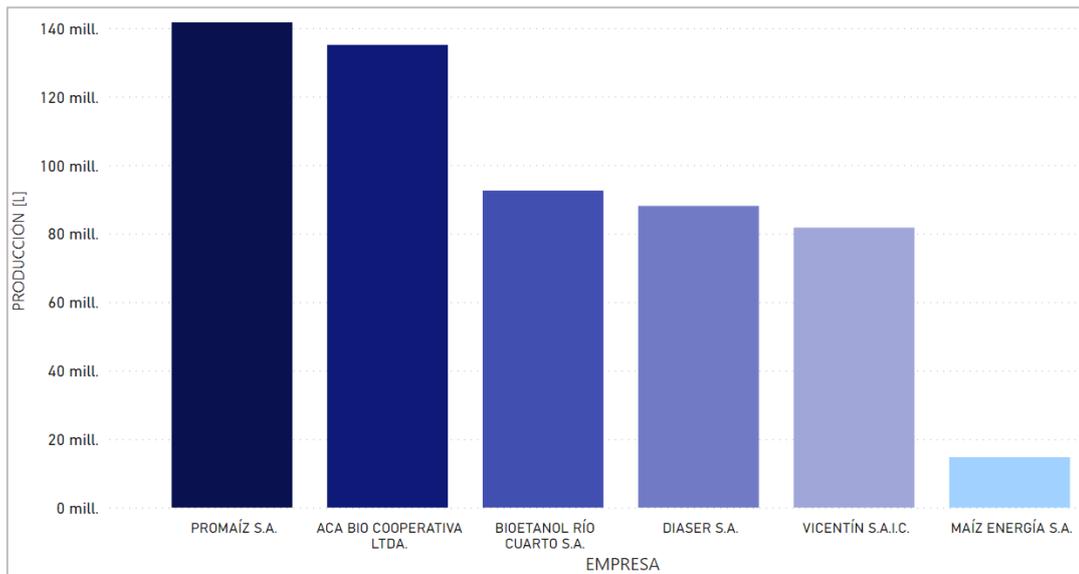


Tabla 10 - Producción por empresas – Bioetanol de maíz - Año 2019 ²¹

Las empresas Promaíz S.A., ACA Bio Cooperativa LTDA., y Bioetanol Río Cuarto S.A., se encuentran en la provincia de Córdoba. Vicentín S.A.I.C., posee su planta en la provincia de Santa Fe, mientras que Maíz Energía S.A. y Diaser S.A. se localizan en la provincia de San Luis.

Es así que en el año 2019, Córdoba lideró la producción de bioetanol de maíz con 369.304.590 litros, seguido por San Luis con 102.787.710 litros, y Santa Fe con una producción de 81.736.490 litros. Quedando la participación de mercado por provincia de la siguiente manera:

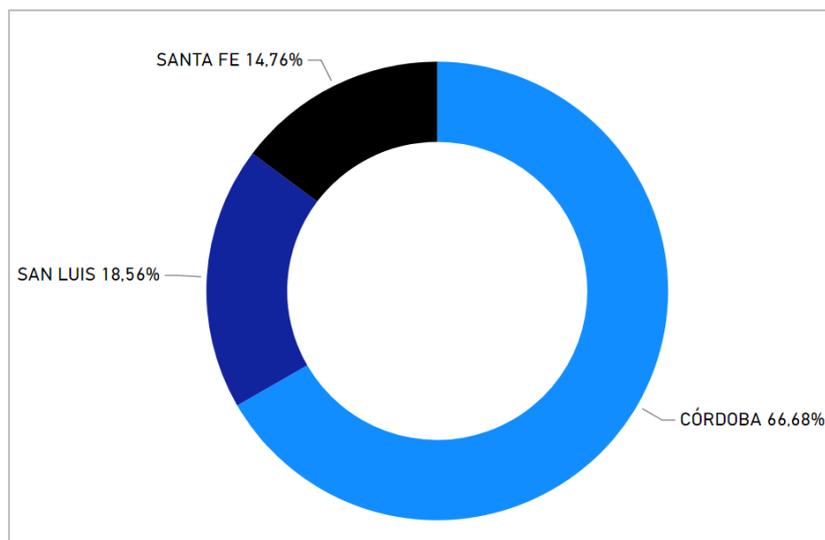


Ilustración 24 - Market Share Bioetanol de maíz (provincias) - Año 2019 ²²

²¹ Fuente: elaboración propia en Power BI (base de datos oficial de la Secretaría de Energía).

²² Fuente: elaboración propia en Power BI (base de datos oficial de la Secretaría de Energía).

3.6.2 Bioetanol de caña de azúcar

El mercado de bioetanol de caña de azúcar se encuentra formado por 13 empresas: Seaboard Energías Renovables y Alimentos S.R.L., Compañía Bioenergética La Florida S.A., Bio Ledesma S.A., Bio Atar S.A., Bioenergía Santa Rosa S.A., Bioenergía La Corona S.A., Biotrinidad S.A., Bioenergética Leales S.A., Río Grande Energía S.A., Fronterita Energía S.A., Bioenergías Agropecuarias S.A., Bio San Isidro S.A., y Energías Ecológicas del Tucumán S.A. Cabe mencionar que desde abril del año 2019, se unen el ingenio San Martín del Tabacal y la refinería Alconoa para formar la empresa Seaboard Energías Renovables y Alimentos S.R.L.

A continuación, se expone la cuota de mercado de cada empresa.

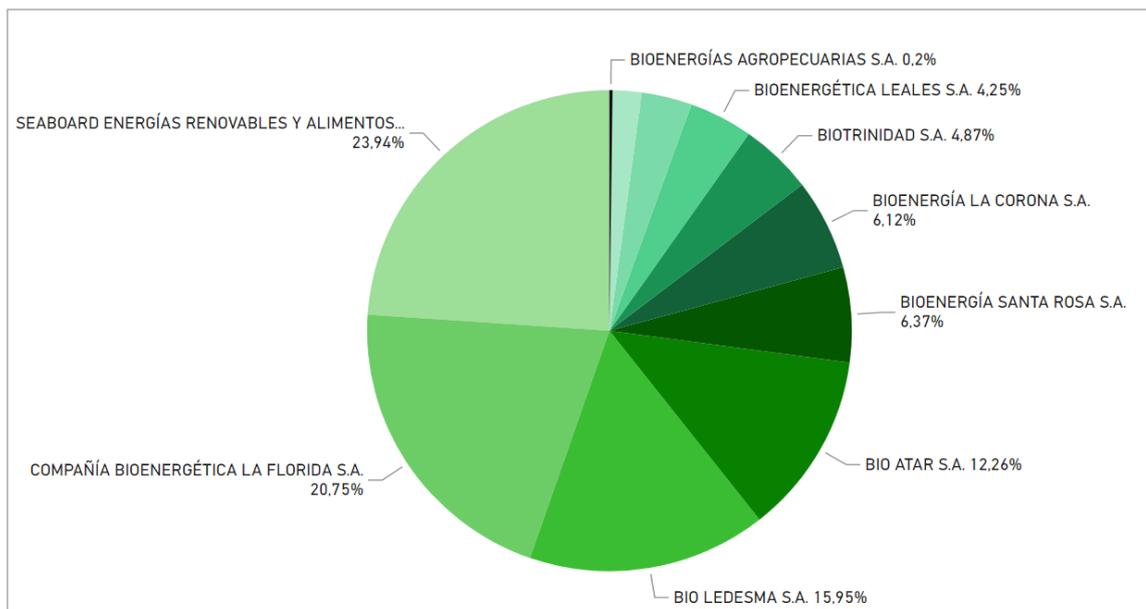


Ilustración 25 - Market Share Bioetanol de caña (empresas) - Año 2019 ²³

Además, se expone un gráfico que representa en litros y por empresa, la producción total del año 2019.

²³ Fuente: elaboración propia en Power BI (base de datos oficial de la Secretaría de Energía).

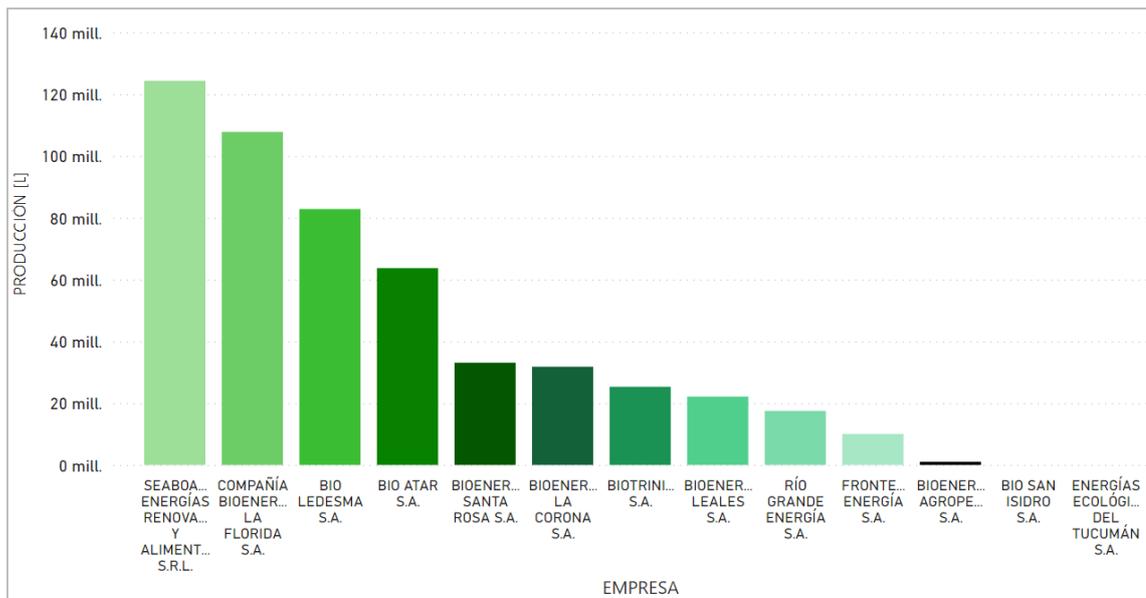


Tabla 11 - Producción por empresas – Bioetanol de caña - Año 2019 ²⁴

Es importante mencionar que las empresas Bio San Isidro y Energías Ecológicas del Tucumán, a raíz de diferentes complicaciones que tuvieron en el año 2018, solicitaron la suspensión del cupo de producción. Actualmente, ambas se encuentran inactivas²⁵.

Las empresas Compañía Bioenergética La Florida S.A., Bio Atar S.A., Bioenergía Santa Rosa S.A., Bioenergía La Corona S.A., Biotrinidad S.A., Bioenergética Leales S.A., y Fronterita Energía S.A. se encuentran en la provincia de Tucumán. En Santa Fe se localiza Bioenergías Agropecuarias S.A. En Salta se encuentra Seaboard Energías Renovables y Alimentos S.R.L. Mientras que Bio Ledesma S.A. y Río Grande Energía S.A. se ubican en la provincia de Jujuy.

Es así que en el año 2019, Tucumán lideró la producción de bioetanol de caña de azúcar con 293.887.980 litros, seguido por Salta con 124.388.820 litros, luego Jujuy con una producción de 100.360.480 litros, y finalmente Santa Fe con un total de 1.029.420 litros. Quedando la participación de mercado por provincia de la siguiente manera:

²⁴ Fuente: elaboración propia en Power BI (base de datos oficial de la Secretaría de Energía).

²⁵ Fuente: datos abiertos de la Secretaría de Energía.

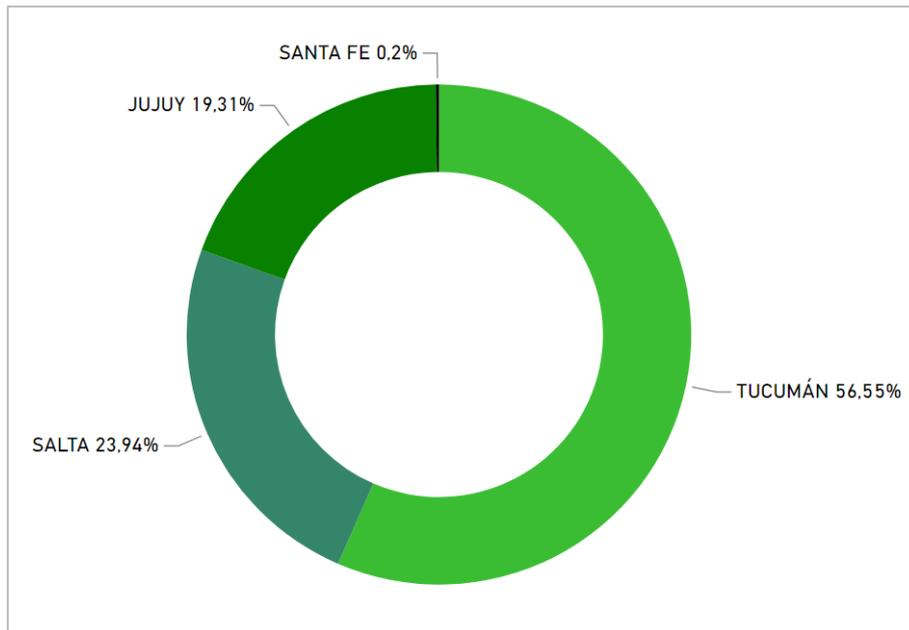


Ilustración 26 - Market Share Bioetanol de caña (provincias) - Año 2019 ²⁶

3.7 Proveedores

3.7.1 Proveedores de materia prima

En Argentina, el sector de productores de caña de azúcar es un grupo heterogéneo. Se puede clasificar en pequeños, medianos, y grandes productores cañeros.

Los pequeños productores, se caracterizan por poseer superficies cultivadas menores a las 200 hectáreas, mano de obra familiar, y un bajo nivel de utilización de maquinarias en las diferentes actividades que van desde la siembra a la cosecha de la caña. Por su parte, los productores medianos poseen entre 200 y 600 hectáreas²⁷, combinan la mano de obra familiar con trabajadores temporales, y tienen un mayor nivel de utilización de maquinarias. Por último, los grandes productores cañeros superan las 1000 hectáreas, tienen un altísimo nivel de utilización de maquinarias, y cuentan con mano de obra permanente. Generalmente, están formados por los mismos ingenios azucareros que cultivan en campos propios o arrendados.

²⁶ Fuente: elaboración propia en Power BI (base de datos oficial de la Secretaría de Energía).

²⁷ Aclaración: entre los límites de superficies de los productores medianos y grandes, existe un rango difuso diferenciable por la actitud empresarial más que por la superficie disponible para cultivo.

Cabe mencionar que las superficies cultivadas difícilmente se encuentren como un campo unificado. Además, es común que los productores del sector posean diversificación en sus actividades agrícolas, incluyendo siembras de granos, limoneros, etcétera, ya que esto les confiere una mayor flexibilidad en sus enfoques productivos y tecnológicos. De acuerdo a la conveniencia económica, comercializan parte o la totalidad de sus cosechas a diferentes ingenios azucareros. Esto lo convierte en un sector disputado en el mercado de la caña de azúcar.

En función a lo analizado, y teniendo en cuenta el nivel de informalidad del sector, sumado a la gran dependencia de los proveedores de la materia prima en cuestión, se evalúa, a los fines académicos del proyecto, realizar una inversión en superficie cultivable para posteriormente producir la materia prima necesaria para el funcionamiento de la planta productiva.

Luego de dicho análisis, se evidencia que los costos de producir la materia prima son considerablemente superiores a obtener la misma de productores cañeros ya existentes. Los elevados costos de inversión en terrenos, su baja disponibilidad, inversión en maquinaria agrícola, costos logísticos, el know how requerido para los procesos de siembra, manejo de malezas, fertilización, entre otros, derivan en desistir de la posibilidad de producir caña de azúcar.

Finalmente, la materia prima se provee bajo la modalidad “dispuesta en canchón”, es decir, en el espacio de descarga de la planta de producción, lista para su utilización.

3.7.2 Proveedores de insumos

Los insumos del proceso productivo son:

- Sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$
- Sulfato de magnesio MgSO_4
- Fosfato diamónico $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
- Agente acelerante de levadura (compuesto formado por los 3 anteriores)
- Levadura *Saccharomyces cerevisiae*²⁸
- Benzoato de denatonio

²⁸ También conocida como levadura de cerveza.

Los primeros tres se le adicionan al jugo de caña de azúcar en la etapa previa a la fermentación, con el fin de proveer los nutrientes que propician el crecimiento y la reproducción de la levadura.

La levadura seca activa es de cepa específica de la familia *Saccharomyces cerevisiae*. Se ingresa, junto con el agente acelerante, al tanque de cultivo de levadura. Su fin es fermentar la glucosa para transformarla en etanol, además de producir dióxido de carbono.

El benzoato de denatonio se emplea para desnaturalizar el alcohol y lograr una aversión a su ingesta, tal como se indica en el marco legal correspondiente.

3.7.2.1 Requerimiento de insumos

En base al análisis del proceso productivo, se determinan los requerimientos mensuales de cada uno de los insumos involucrados.

PRODUCTO	[kg/mes]
SULFATO DE AMONIO	6.300
FOSFATO DIAMÓNICO	1.750
SULFATO DE MAGNESIO	1.050
SACCHAROMYCES CEREVISIAE	650
BENZOATO DE DENATONIO	45

Tabla 12 - Requerimiento de insumos del proceso productivo de bioetanol de caña de azúcar²⁹

3.7.2.2 Criterios de selección de proveedores

Los criterios que se tienen en cuenta para evaluar a los potenciales proveedores de insumos son: el precio, la reputación, la localización, y el tiempo de aprovisionamiento.

3.7.2.3 Análisis de proveedores disponibles

Se presentan las diferentes matrices de ponderación, de elaboración propia, que permiten determinar, objetivamente, al proveedor óptimo para cada insumo.

CRITERIOS	Valorización	PROVEEDORES DE SULFATO DE AMONIO					
		PROVEEDOR A		PROVEEDOR B		PROVEEDOR C	
		Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación
PRECIO	10	8	80	10	100	7	70
REPUTACIÓN	8	10	80	10	80	8	64
LOCALIZACIÓN	6	9	54	9	54	7	42
TIEMPO DE APROVISIONAMIENTO	9	5	45	7	63	10	90
T O T A L E S		259		297		266	

Tabla 13 - Matriz de evaluación de proveedores de sulfato de amonio

²⁹ Fuente: elaboración propia.

CRITERIOS	Valorización	PROVEEDORES DE FOSFATO DIAMÓNICO					
		PROVEEDOR A		PROVEEDOR B		PROVEEDOR C	
		Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación
PRECIO	10	10	100	9	90	9	90
REPUTACIÓN	8	10	80	10	80	9	72
LOCALIZACIÓN	6	9	54	7	42	8	48
TIEMPO DE APROVISIONAMIENTO	9	10	90	4	36	2	18
T O T A L E S		324		248		228	

Tabla 14 - Matriz de evaluación de proveedores de fosfato diamónico

CRITERIOS	Valorización	PROVEEDORES DE SULFATO DE MAGNESIO					
		PROVEEDOR A		PROVEEDOR B		PROVEEDOR C	
		Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación
PRECIO	10	9	90	10	100	5	50
REPUTACIÓN	8	10	80	10	80	8	64
LOCALIZACIÓN	6	9	54	9	54	7	42
TIEMPO DE APROVISIONAMIENTO	9	6	54	7	63	10	90
T O T A L E S		278		297		246	

Tabla 15 - Matriz de evaluación de proveedores de sulfato de magnesio

CRITERIOS	Valorización	PROVEEDORES DE SACCHAROMYCES CEREVISIAE					
		PROVEEDOR A		PROVEEDOR B		PROVEEDOR C	
		Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación
PRECIO	10	10	100	9	90	4	40
REPUTACIÓN	8	10	80	10	80	10	80
LOCALIZACIÓN	6	10	60	10	60	8	48
TIEMPO DE APROVISIONAMIENTO	9	10	90	10	90	5	45
T O T A L E S		330		320		213	

Tabla 16 - Matriz de evaluación de proveedores de levadura alcoholera

CRITERIOS	Valorización	PROVEEDORES DE BENZOATO DE DENATONIO					
		PROVEEDOR A		PROVEEDOR B		PROVEEDOR C	
		Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación
PRECIO	10	10	100	9	90	3	30
REPUTACIÓN	8	10	80	10	80	8	64
LOCALIZACIÓN	6	8	48	3	18	3	18
TIEMPO DE APROVISIONAMIENTO	10	10	100	8	80	6	60
T O T A L E S		328		268		172	

Tabla 17 - Matriz de evaluación de proveedores de benzoato de denatonio

Es importante aclarar que, con el fin de evitar un inconveniente con alguna de las empresas implicadas en el análisis, se decide no revelar sus razones sociales en el presente informe.

En total, fueron analizadas 11 firmas capaces de satisfacer el requerimiento de insumos. De ellas, 4 califican como las más adecuadas para lo mencionado.

3.8 Comercialización

El producto final, bioetanol anhidro, se destina a las refinerías del país para realizar los debidos cortes a las naftas, en las proporciones indicadas por la ley correspondiente.

Tanto el precio, como el volumen de venta del bioetanol, son establecidos por la Secretaría de Energía de la Nación, dependiente del Ministerio de Economía.

Una vez obtenido el producto final, se bombea hacia los tanques de almacenamiento correspondientes, donde diariamente se toman muestras para efectuar diversos análisis en el laboratorio de la planta. Desde allí, los clientes lo retiran con su flota propia, acondicionada con todo lo necesario para cumplir con los requerimientos de transporte de etanol combustible.

Con el fin de dar a conocer a la nueva planta productora de bioetanol a partir del procesamiento de la caña de azúcar, se tiene en cuenta la participación en diferentes ferias y exposiciones rurales, además de la realización de publicaciones en revistas agroindustriales y en portales relacionados a la industria.

3.9 Barreras de ingreso y egreso

A continuación, se presentan los factores más destacados que actúan como barreras de ingreso al mercado del bioetanol, como así también aquellos que pueden considerarse barreras de egreso del mercado.

3.9.1 Barreras de ingreso

Las principales barreras de entrada a la industria del bioetanol son:

- Elevada inversión inicial en activos fijos: terrenos para producción de caña de azúcar e instalación de la planta; construcción y puesta en marcha de la nave industrial.
- Informalidad del mercado de productores de caña de azúcar, que conlleva a la necesidad de adquirir o arrendar terrenos para la producción del cultivo.
- Aspectos legales: permisos administrativos; permisos de propiedad intelectual.

3.9.2 Barreras de egreso

Las principales barreras de salida de la industria del bioetanol son:

- Obligación de cumplir con contratos de producción o penalizaciones económicas/legales por no cumplimiento.
- Dificultad para recuperar dinero invertido en activos fijos.
- Desembolso de capital en concepto de indemnizaciones al personal de la empresa.

ASPECTOS TÉCNICOS

4.1 Materia prima

4.1.1 Caña de azúcar

En esta sección, se detallan todas las características correspondientes al cultivo de caña de azúcar.

La caña de azúcar o *saccharum officinarum*, es una planta semiperenne de cosecha anual, perteneciente a la familia de las gramíneas. En la parte superior se encuentran las hojas que conforman la paja de la caña de azúcar. Por su parte, los tallos son los que concentran diferentes niveles de azúcares, estos constituyen la caña que efectivamente se utiliza para la obtención de bioetanol.



Ilustración 27 - Caña de azúcar - Planta

Para su cultivo se requiere un clima en el que transcurran dos estaciones. Una cálida y húmeda que propicie la germinación y desarrollo del cultivo, y otra fría y seca para promover la maduración de la planta, en donde se concentra la sacarosa.

4.1.1.1 Principales variables de calidad

La caña de azúcar posee dos variables indispensables para evaluar su calidad. Estas son los niveles Pol y Brix. Ambas son ampliamente utilizadas para realizar comparaciones entre las diferentes variedades de caña de azúcar, permitiendo así determinar qué variedad es mejor según los requerimientos perseguidos.

El porcentaje o grado Brix, representa el contenido de sólidos solubles en la solución, específicamente, en el jugo de la primera fase del procesamiento de la caña. El instrumento que se utiliza para llevar a cabo su determinación es el refractómetro.

Por su parte, el porcentaje Pol o sacarosa aparente, es una medición de la polarización que determina el contenido de sacarosa en el jugo. Dicha medición se lleva a cabo con un polarímetro.

Es así que 1% Pol equivale a 1 gramo de sacarosa en 100 gramos de solución.

4.1.1.1.1 Conceptos clave

Además, existen otros conceptos importantes derivados de las variables anteriormente mencionadas que también son útiles para entender la calidad de la caña de azúcar. Estos son la pureza, los azúcares reductores, y glucobrix.

La pureza es la relación porcentual entre los grados Pol y los grados Brix de un material azucarado ($^{\circ}\text{Pol} * 100 / ^{\circ}\text{Brix}$).

Los azúcares reductores totales o ATR, representan la cantidad de azúcares que están presentes naturalmente en la composición de la caña (glucosa y fructosa).

Glucobrix es una relación porcentual entre los azúcares reductores y el grado Brix. ($\text{ATR} * 100 / ^{\circ}\text{Brix}$).

4.1.1.2 Condiciones bioclimáticas

A continuación, se detallan las condiciones necesarias para el óptimo desarrollo del cultivo.

La **temperatura** admitida va desde los 9°C a los 33°C, y varía en función a la etapa del cultivo. A continuación, se detallan los rangos admitidos clasificados por etapa.

ETAPA	MÍNIMO CRÍTICO	RANGO ÓPTIMO	MÁXIMO CRÍTICO
Brotación	-	28°C a 30°C	-
Crecimiento	15°C	25°C a 26°C	33°C
Maduración	9°C	13°C a 16°C	-

Tabla 18 - Temperaturas óptimas para el cultivo de caña de azúcar³⁰

En cuanto a las **heladas**, cuando la temperatura se encuentra entre -3°C y 0°C se dañan las hojas, pero no ocurren efectos negativos en los niveles de sacarosa y brix; entre -5°C y -3,8°C se hielan los entrenudos y las yemas, es así que se deteriora el jugo de la caña entre los 6 y 16 días posteriores a la helada; las temperaturas inferiores a los -5°C hielan el tallo completo, provocando el deterioro del jugo luego de los siguientes 2 días.

El nivel óptimo de **precipitaciones** varía entre 1100 y 1500 milímetros anuales. La demanda de disponibilidad de agua es mayor en la fase inicial de crecimiento, mientras que decrece hacia la maduración.

El nivel de **radiación** interceptado, tiene un promedio anual de 6.350 MJ/m², lo que equivale a 17,4 MJ/m² al día.

La **duración del ciclo** del cultivo, en Argentina, depende principalmente de la época del año en la que se realice la siembra:

DURACIÓN	SIEMBRA	COSECHA
1 año y medio	febrero/marzo	junio/julio del año siguiente
1 año	julio	julio del año siguiente
330 días	septiembre/octubre	agosto/septiembre

Tabla 19 - Ciclo del cultivo de caña de azúcar³¹

4.1.1.3 Variedades de caña

En la búsqueda de mejorar los cultivos, en términos de productividad, se crean nuevas variedades de caña de azúcar. Para ello, se efectúan cruzamientos entre variedades ya existentes y los posteriores estudios correspondientes para determinar las características de la misma. Es así que todo el proceso tiene una duración mínima de 12 años.

³⁰ Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos en "Evaluación del potencial de producción de biocombustibles en Argentina, con criterios de sustentabilidad social, ecológica y económica, y gestión ordenada del territorio. El caso de la caña de azúcar y el bioetanol."

³¹ Fuente: ídem.

Las variedades de caña más utilizadas son LCP 85-384 y TUC 95-10. Ambas poseen el tallo erecto, lo que permite efectuar una cosecha mecanizada, es decir, permiten la utilización de máquinas cosechadoras.

4.1.1.3.1 Variedad LCP 85 – 384

La LCP (Louisiana Canal Point) 85-384, es originaria del estado de Luisiana, Estados Unidos. En 1991 se introdujo en Tucumán. Durante años, tanto INTA como EEAOC, efectuaron diferentes ensayos para compararla con variedades regionales. Finalmente, en 1999 fue liberada comercialmente.

A continuación, se presentan las características más relevantes de la especie, seguido por una imagen de la misma.

Características morfológicas y fenológicas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Altura de los tallos: media. ✓ Entrenudos de color verde amarillento. ✓ Follaje de intensidad de color intermedia. ✓ Vainas presentan abundante pilosidad. ✓ Tallos: alta población, diámetro delgado, peso liviano.
Características sanitarias	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Variedad resistente al mosaico, escaldadura de las hojas, estría roja. ✓ Moderadamente resistente al carbón. ✓ Susceptible a roya marrón de la hoja, gusano perforador y raquitismo de la caña soca.
Características tecnológicas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Maduración temprana. ✓ Cosecha: junio a septiembre. ✓ Rendimiento 83,86 toneladas/hectárea. ✓ %pol 11,24 * promedio de medición entre mayo y septiembre

Tabla 20 - Caracterización de la especie LCP 85 - 384³²



Ilustración 28 - Fotografía de la variedad LCP 85 - 384³³

³² Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos en INTA y EEAOC.

³³ Fuente: Estación Experimental Agropecuaria Famaillá - INTA Famaillá.

4.1.1.3.2 Variedad TUC 95 - 10

Por su parte, la variedad TUC 95-10 tiene su origen en la provincia de Tucumán, Argentina. Fue realizada en el año 1995 por la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC), mediante el cruzamiento de las variedades CP 72-370 y CP 57-614.

Desde 1997 hasta 2010, se realizaron los ensayos que permitieron evaluar su comportamiento productivo y fitosanitario. Finalmente, luego de llevar a cabo los trámites de inscripción en el Registro Nacional de Cultivares (RNC) del Instituto Nacional de Semillas (INASE), se pone a disposición de los productores en el año 2011.

A continuación, se presentan las características más relevantes de la especie, seguido por una imagen de la misma.

Características morfológicas y fenológicas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Altura de tallos: elevada. ✓ Entrenudos largos de color verde amarillento. ✓ El collar de la vaina de la hoja es de color púrpura. ✓ Tallos: diámetro medio (3cm), peso liviano.
Características sanitarias	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Resistente al mosaico, carbón, estría roja, pokkah boeng. ✓ Moderadamente resistente a roya marrón y escaldadura de la hoja. ✓ Susceptible al gusano perforador y raquitismo de la caña soca.
Características tecnológicas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Maduración temprana. ✓ Buena respuesta a madurativos químicos¹ y tolerancia a herbicidas². ✓ Cosecha: abril a noviembre. ✓ Rendimiento 94,7 toneladas/hectárea. ✓ %pol 12,23 * promedio de medición entre mayo y septiembre.

¹ Cletodim, glifosato, fluazifop

² Dalapón, ametrina, TCA, MSMA

Tabla 21 - Fotografía de la variedad TUC 95 - 10³⁴

³⁴ Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos en EEAOC.



Ilustración 29 - Fotografía de la variedad TUC 95 - 10³⁵

4.1.2 Interzafra - Melaza

Actualmente, 4 ingenios azucareros de Tucumán no poseen destilería de alcohol.

La duración de la zafra, permite que la planta produzca bioetanol mediante el procesamiento de la caña de azúcar de 8 a 9 meses. Mientras que en los 2 o 3 meses restantes, considerando que se producen 11 meses al año y uno se destina al mantenimiento general de la planta, se produce bioetanol desde el procesamiento de la melaza otorgada por los ingenios sin destilería anteriormente mencionados.

La melaza, también conocida como miel negra de caña, es un residuo del proceso de producción de azúcar. Específicamente, es la parte de la caña de azúcar que no logra cristalizar la sacarosa y convertirse en azúcar de mesa. Sin embargo, su contenido de azúcares permite la obtención de alcohol mediante fermentación y destilación. Es así que, actualmente, las empresas que producen bioetanol en la provincia de Tucumán, lo obtienen a partir del procesamiento de la melaza.

³⁵ Fuente: Informe de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC).

4.2 Estudio de localización

Se desarrolla un análisis objetivo, con el fin de lograr determinar la localización geográfica óptima y más conveniente para llevar a cabo la instalación de la planta productora de bioetanol a partir del procesamiento de caña de azúcar.

4.2.1 Macrolocalización

Un aspecto crítico para el desarrollo del proyecto es la cercanía de la planta industrial con el proveedor de la materia prima. Por ello, en esta sección se pone el foco en la producción de caña de azúcar.

4.2.1.1 Producción de caña de azúcar en Argentina

En el país, los principales productores de caña de azúcar se encuentran en las provincias de Tucumán, Salta, y Jujuy, además de pequeños productores que desarrollan sus actividades en el Litoral argentino.

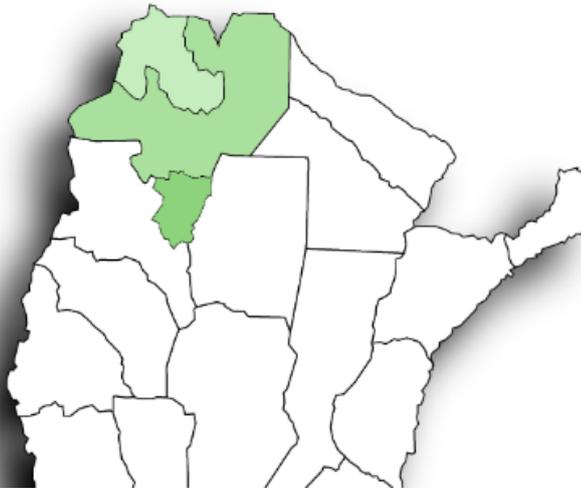


Ilustración 30 - Principales productores de caña de azúcar en Argentina³⁶

Las provincias anteriormente mencionadas y destacadas en el mapa, lideran la producción concentrando aproximadamente el 98% del mercado, y alcanzando grandes rendimientos cercanos a las 80 toneladas por hectárea.

³⁶ Fuente: Elaboración propia a partir de datos extraídos de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC).

4.2.1.2 Matriz de ponderación

Teniendo en cuenta lo detallado, se realiza una matriz de ponderación evaluando las diferentes alternativas: Salta, Jujuy, y Tucumán.

Es importante mencionar que dentro de las alternativas se incluye a la provincia de Corrientes. Esto se debe a varios factores. En primer lugar, fue pionera en el desarrollo de cultivos de caña de azúcar, comenzando en el año 1878 con la puesta en marcha de un ingenio en Santa Ana. Además, en el año 2020, productores de la provincia en conjunto con INAES, INTA e INTI³⁷, llevaron a cabo diferentes ensayos para reflotar la producción de alcohol a partir de caña de azúcar en la provincia. Los resultados obtenidos en los cultivos fueron muy favorables, ya que se lograron rendimientos de hasta 90 toneladas de caña de azúcar por hectárea.³⁸

A continuación, se presenta la matriz que expone los factores más relevantes y sus diferentes ponderaciones que determinan a la provincia de Tucumán como la mejor alternativa para llevar a cabo la instalación de la planta productora de bioetanol.

FACTORES	Valorización	ALTERNATIVAS							
		SALTA		JUJUY		TUCUMÁN		CORRIENTES	
		Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación
Aptitud agroclimática	10	7	70	3	30	10	100	9	90
Nivel de desarrollo tecnológico	9	10	90	8	72	10	90	5	45
Nivel de desarrollo en investigación	8	9	72	10	80	9	72	6	48
Superficie cultivable y valor de adquisición	10	8	80	0	0	7	70	10	100
Disponibilidad de mano de obra	9	8	72	7	63	10	90	4	36
Proximidad a la red eléctrica nacional	8	9	72	5	40	10	80	9	72
Disponibilidad de suministro de agua	9	4	36	5	45	7	63	8	72
Beneficios impositivos	8	5	40	7	56	10	80	8	64
T O T A L E S		532		386		645		527	

Tabla 22 - Matriz de ponderación - Macrolocalización³⁹

³⁷ INAES: Instituto Nacional de Asociativismo y Economía Social; INTA: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria; INTI: Instituto Nacional de Tecnología Industrial

³⁸ Fuente: Ministerio de Desarrollo Productivo – Instituto Nacional de Asociativismo y Economía Social.

³⁹ Fuente: elaboración propia.

4.2.1.2.1 Aptitud agroclimática

La aptitud agroclimática determina el grado de cumplimiento de condiciones bioclimáticas que un cultivo necesita para desarrollarse. Es decir, cada región geográfica, en función de características como nivel de humedad, temperatura, o suelo, posee una aptitud agroclimática o una capacidad para otorgarle las condiciones necesarias a un tipo de cultivo. Por lo tanto, es un factor crítico para el proyecto.

A continuación, se presenta una ilustración que muestra la aptitud agroclimática de la caña de azúcar en Argentina.

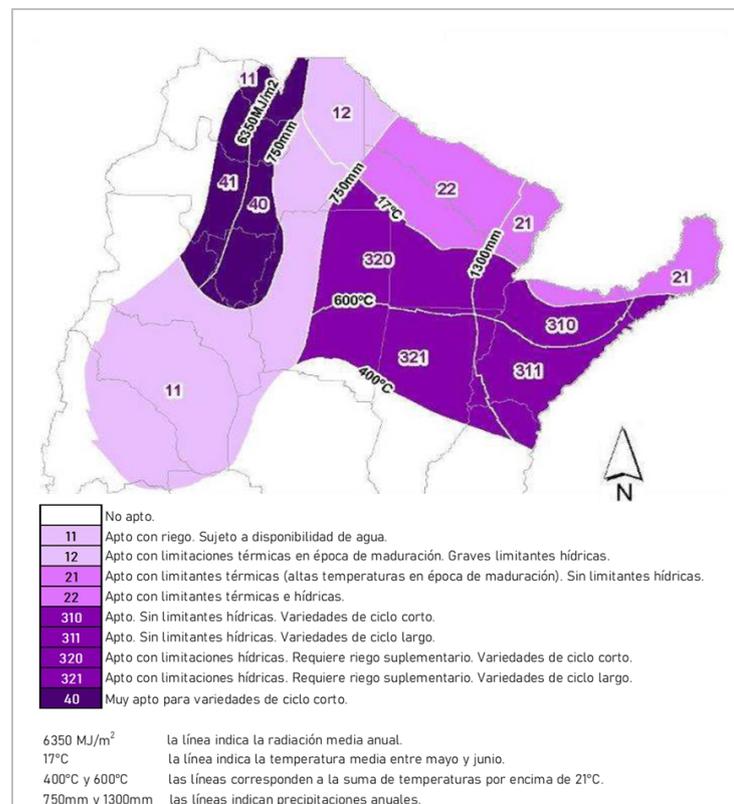


Ilustración 31 - Aptitud agroclimática de la caña de azúcar en Argentina⁴⁰

Como puede observarse en el mapa, la provincia de Tucumán en todo su territorio, es la que presenta la mejor aptitud agroclimática del país para cultivar caña de azúcar.

4.2.1.2.2 Nivel de desarrollo tecnológico y en investigación

Estos factores presentan una estrecha relación, y se vuelven muy relevantes si se tiene en cuenta que los niveles de productividad actual alcanzados en los

⁴⁰ Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos de INTA - Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas FAUBA

cultivos de caña de azúcar en Argentina son consecuencia del desarrollo e incorporación de nuevas tecnologías y de numerosas investigaciones que promueven su crecimiento.

En esta sección, con el fin de realizar una valoración, se analizaron los contextos institucionales científicos para cada alternativa. Es así que se observa la existencia de instituciones dedicadas a la investigación y transferencia de conocimiento y tecnologías para el crecimiento agroindustrial.

El INTA o Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria tiene presencia en todo el país. Ofrece productos y servicios como análisis de laboratorio, pronósticos agroclimáticos, radares meteorológicos, herramientas satelitales para el seguimiento de la producción agropecuaria, ensayos, capacitaciones, consultoría, y comercialización de frutas, semillas, entre otros.

Por otra parte, la Chacra Experimental Agrícola Santa Rosa se encuentra presente en Salta y Jujuy. Desde su creación, en 1951, la institución realiza investigación aplicada, con el objetivo de mejorar variedades de cultivos para obtener niveles más altos de productividad y ganar competitividad en la industria.

Anteriormente, en Tucumán, en 1909, se creó la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC), con el objetivo de posicionar a la provincia como líder en el sector agroindustrial. La institución es una referencia en la región, debido a las soluciones, tecnologías, y servicios que a lo largo del tiempo ha brindado a los productores y empresas del sector.⁴¹ Actualmente, sus investigaciones en materia genética, lograron la creación de variedades de caña de azúcar con altos rendimientos cercanos a las toneladas por hectárea, y excelentes respuestas contra agentes patógenos.

4.2.1.2.3 Valor de adquisición del terreno

Se solicita un informe a Compañía Argentina de Tierras S.A. en el que se detallan, mediante una zonificación geográfica, los valores de adquisición en dólares por hectárea, la caracterización y aptitud de las tierras de cada provincia del país.

⁴¹ Nota - Para más información, se recomienda visitar la web:
<https://www.eeaoc.gob.ar/institucional/que-es-la-eeaoc/logros/>

Con el fin de evitar infringir los aspectos legales de la Ley 11.723, en el presente informe no se reproducen los contenidos propiedad de la empresa.

4.2.1.2.4 Disponibilidad de mano de obra

En la evaluación de este factor se analizan los principales indicadores del mercado de trabajo. Estos son las tasas de desocupación, actividad, y de empleo, de cada alternativa.

Área geográfica	Tasa de desocupación	Tasa de actividad	Tasa de empleo
CORRIENTES	2%	43,5%	42,6%
JUJUY	4,1%	45,6%	43,8%
SALTA	6,2%	46,4%	43,6%
TUCUMÁN	8,2%	43,6%	40,0%

Tabla 23 - Indicadores del mercado laboral. ⁴²

4.2.1.2.5 Proximidad a la red eléctrica nacional

El Sistema Argentino de Interconexión (SADI) es la red eléctrica nacional mediante la que se conectan todas las centrales generadoras de electricidad del país.

Teniendo en cuenta que el proyecto contempla generar energía eléctrica a partir de la combustión de uno de los subproductos del proceso productivo, la proximidad de la planta productora de bioetanol con la red eléctrica nacional se vuelve un factor relevante para el análisis de macrolocalización.

⁴² Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos de INDEC, Encuesta Permanente de Hogares 2021.



Ilustración 32 - Sistema Argentino de Interconexión.⁴³

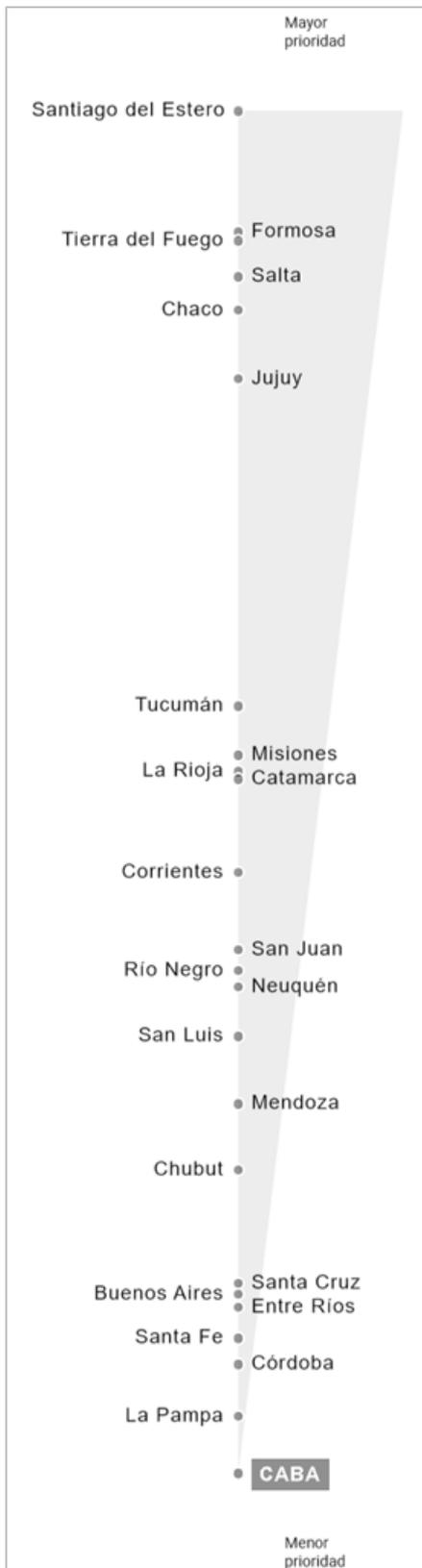
4.2.1.2.6 Disponibilidad de suministro de agua

Es un factor importante a considerar, dado que el agua es necesaria tanto para la planta de producción como para el riego del cultivo.

Se analiza el índice de urgencia para la gestión de cada provincia. Este indicador fue diseñado para decidir y priorizar rápidamente sobre qué departamentos desplegar acciones. Está compuesto por el acceso al agua y saneamiento, ajustado por necesidades básicas insatisfechas (NBI), y ponderado por el régimen de lluvias a nivel departamental.

A continuación, se expone gráficamente la posición de cada provincia en función del índice mencionado, ordenadas de mayor a menor prioridad.

⁴³ Fuente: CAMMESA – Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico.



Para referenciar el gráfico, el índice de urgencia para la gestión del agua de Santiago del Estero es 0,48 mientras que para la Ciudad Autónoma de Buenos Aires es de 0,05.

En cuanto a las alternativas bajo evaluación, los índices correspondientes son:

<i>Salta</i>	<i>0,42</i>
<i>Jujuy</i>	<i>0,39</i>
<i>Tucumán</i>	<i>0,28</i>
<i>Corriente</i>	<i>0,23</i>

Tabla 24 - Índice de urgencia para la gestión del agua⁴⁴

⁴⁴ Fuente: Plataforma del agua - Herramienta virtual orientada a contribuir y mejorar las políticas y estrategias en torno al Agua en Argentina – Valores de marzo 2022

4.2.1.2.7 Beneficios impositivos

Se relevaron los valores del impuesto sobre los Ingresos Brutos de las alternativas, los cuales se exponen a continuación.

Impuestos	SALTA	JUJUY	TUCUMÁN	CORRIENTES
IIBB	5%	3,50%	2,50%	2,90%

Tabla 25 - Valores de IIBB por provincia⁴⁵

4.2.2 Microlocalización

Teniendo en cuenta el análisis de macrolocalización, y que Tucumán realiza más del 60%⁴⁶ de la producción total de caña de azúcar del país, se analiza llevar a cabo la instalación de la planta industrial en uno de sus departamentos.

Según datos oficiales recolectados por la sección de Sensores Remotos (SR) y Sistemas de Información Geográfica (SIG) de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC), para el año 2020, la superficie neta cosechable total con caña de azúcar de Tucumán se estimó en 276.880 hectáreas.

Departamento	Sup. neta cosechable [ha]
Leales	54.060
Cruz Alta	50.080
Simoca	40.290
Burruyacú	35.220
Monteros	22.100
Chicligasta	16.970
Río Chico	13.370
La Cocha	10.940
Famaillá	10.640
Lules	8.280
Graneros	7.390
J. B. Alberdi	7.130
Tafí Viejo	250
Capital	90
Yerba Buena	70
Total Tucumán	276.880

Tabla 26 - Superficie neta cosechable en Tucumán.⁴⁷

⁴⁵ Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos en el Monitor Tributario Provincial

⁴⁶ Fuente: Gestión de Empresas – Sector Industrial – Osmar D. Buyatti.

⁴⁷ Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos de SR y SIG - EEAOC

Los departamentos de Leales, Cruz Alta, Simoca, y Burreuyacú en conjunto poseen más del 64% de la superficie neta cosechable total con caña de azúcar de toda la provincia. Para dicha estimación, se utilizaron imágenes satelitales adquiridas entre enero y abril del 2020, y una categorización por rendimientos en función al nivel de producción.

A continuación, se muestra la distribución espacial de los cultivos de caña de azúcar en la provincia de Tucumán, clasificados según los diferentes rendimientos de sus superficies.

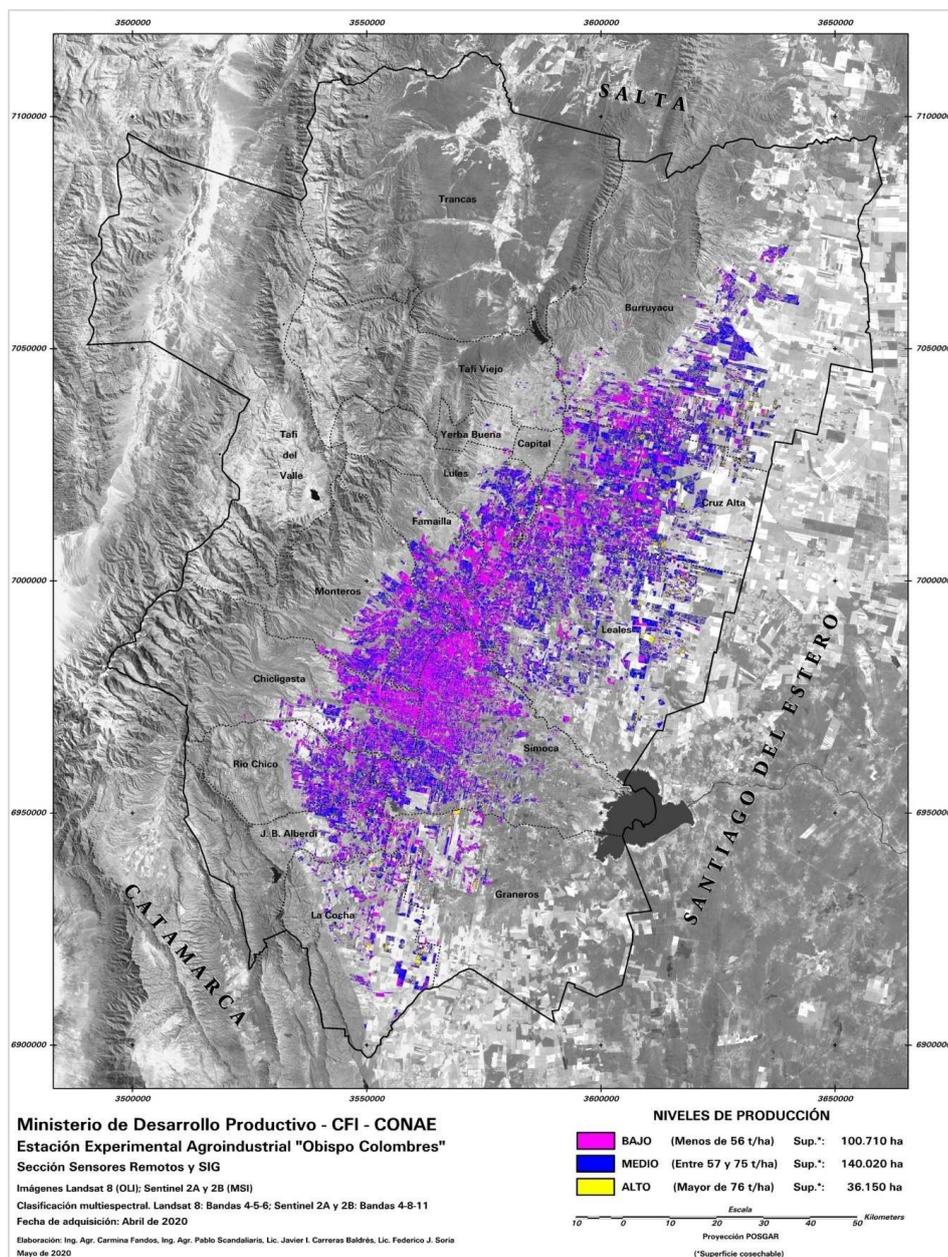


Ilustración 33 - Distribución espacial de cultivos cañeros en la provincia de Tucumán

A partir de lo desarrollado, se decide seleccionar a los departamentos de Leales, Cruz Alta, Simoca y Burruyacú como alternativas para efectuar el análisis de microlocalización.

4.2.2.1 Matriz de ponderación

Se presenta la matriz que expone los factores analizados y sus diferentes ponderaciones que determinan al Departamento de Cruz Alta como la mejor alternativa para llevar a cabo la instalación de la planta productora de bioetanol.

FACTORES	Valorización	ALTERNATIVAS							
		LEALES		CRUZ ALTA		SIMOCA		BURRUYACÚ	
		Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación	Puntaje	Ponderación
Rendimiento del cultivo	10	10	100	9	90	6	60	7	70
Superficie cosechable	9	10	90	9	81	7	63	7	63
Disponibilidad de mano de obra	8	2	16	10	80	2	16	1	8
Explotación del recurso hídrico	10	10	100	10	100	10	100	10	100
Disponibilidad de servicios	9	9	81	8	72	10	90	6	54
Cercanía a Rutas Nacionales	9	6	54	10	90	6	54	3	27
Cercanía a Rutas Provinciales	8	5	40	10	80	6	48	3	24
T O T A L E S		481		593		431		346	

Tabla 27 - Matriz de ponderación - Microlocalización⁴⁸

4.2.2.1.1 Rendimiento del cultivo

Para analizar este factor se evaluó la superficie cosechable de caña de azúcar, en hectáreas, según los niveles de producción alcanzados en la zafra del año 2021 y sus rendimientos, detallados en la siguiente tabla.

⁴⁸ Fuente: elaboración propia.

DEPARTAMENTO	ZAFRA 2021					
	RENDIMIENTO BAJO		RENDIMIENTO MEDIO		RENDIMIENTO ALTO	
Leales	20.760 ha	19,83%	30.990 ha	20,72%	4.270 ha	19,24%
Cruz Alta	21.020 ha	20,08%	24.100 ha	16,12%	4.100 ha	18,48%
Simoca	17.040 ha	16,28%	19.760 ha	13,21%	2.740 ha	12,35%
Burrucacú	11.050 ha	10,56%	23.490 ha	15,71%	2.870 ha	12,93%
Monteros	8.220 ha	7,85%	11.470 ha	7,67%	1.330 ha	5,99%
Chicligasta	7.360 ha	7,03%	8.130 ha	5,44%	940 ha	4,24%
Río Chico	3.720 ha	3,55%	7.200 ha	4,81%	1.930 ha	8,70%
La Cocha	3.240 ha	3,10%	6.080 ha	4,07%	1.020 ha	4,60%
Famaillá	4.620 ha	4,41%	4.520 ha	3,02%	940 ha	4,24%
Lules	2.540 ha	2,43%	5.410 ha	3,62%	360 ha	1,62%
Graneros	2.710 ha	2,59%	3.880 ha	2,59%	820 ha	3,70%
J.B. Alberdi	2.160 ha	2,06%	4.350 ha	2,91%	850 ha	3,83%
Tafí Viejo	130 ha	0,12%	130 ha	0,09%	20 ha	0,09%
Yerba Buena	40 ha	0,04%	20 ha	0,01%	0 ha	0,00%
Capital	60 ha	0,06%	10 ha	0,01%	0 ha	0,00%
Tucumán	104.670 ha	100,00%	149.540 ha	100,00%	22.190 ha	100,00%

Tabla 28 - Superficie cosechable de caña de azúcar según niveles de producción 2021⁴⁹

4.2.2.1.2 Superficie cosechable

A partir de información obtenida de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, se realiza el siguiente gráfico con el fin de representar la distribución departamental de la superficie cosechable de caña de azúcar en Tucumán. La misma, fue estimada en 276.400 hectáreas para la zafra 2021, de las cuales 56.020 ha corresponden a Leales, 49.220 ha a Cruz Alta, 39.540 ha a Simoca, y, finalmente, 37.410 ha a Burrucacú.

⁴⁹ Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos de Sensores Remotos (SR) y Sistemas de Información Geográfica (SIG) de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC)

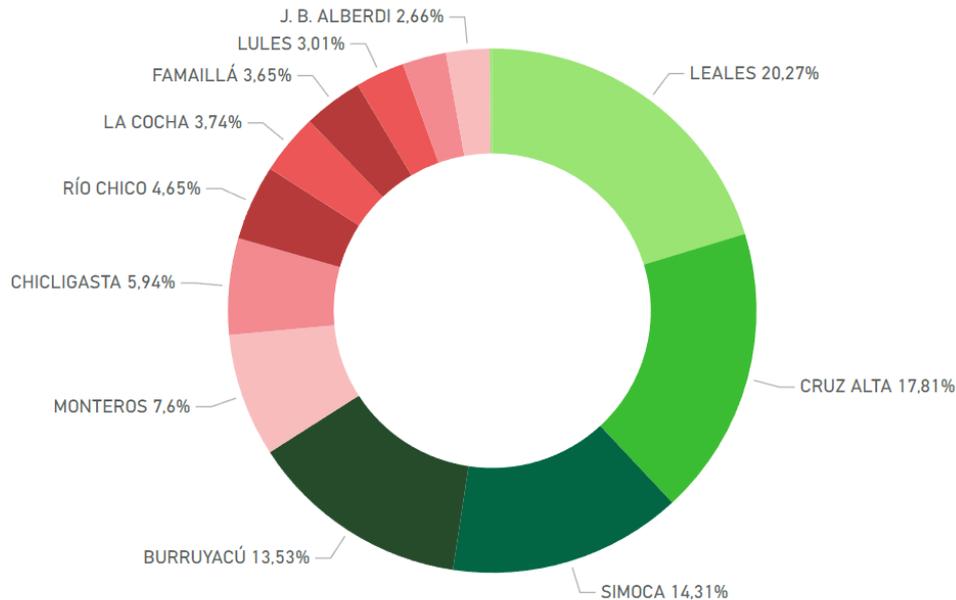


Ilustración 34 - Superficie cosechable de caña de azúcar en Tucumán por Departamento⁵⁰

4.2.2.1.3 Disponibilidad de mano de obra

Se realiza un cálculo de densidad demográfica para cada departamento. Los valores de cantidad de habitantes se obtienen de las Proyecciones realizadas por el Gobierno de Tucumán, mediante el Sistema Estadístico Provincial.

DEPARTAMENTO	POBLACIÓN [habitantes]	SUPERFICIE [km ²]	DENSIDAD [hab./km ²]
Leales	64.187	2.028	31,7
Cruz Alta	226.437	1.255	180,4
Simoca	34.856	1.260	27,7
Burruyacú	46.620	3.623	12,9

Tabla 29 - Información demográfica por Departamento.⁵¹

Como puede observarse, los valores de densidad poblacional están expresados en cantidad de habitantes por kilómetro cuadrado. Otra manera de dimensionar esta información sería expresarla como cantidad de habitantes cada 100 hectáreas, por ejemplo: Burruyacú tiene cerca de 13 habitantes cada 100 hectáreas, mientras que Cruz Alta posee 180 habitantes cada 100 hectáreas.

⁵⁰ Fuente: elaboración propia a partir de datos obtenidos de Sensores Remotos (SR) y Sistemas de Información Geográfica (SIG) de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC)

⁵¹ Fuente: elaboración propia.

4.2.2.1.4 Explotación del recurso hídrico

Para este factor no se encuentran diferencias entre los Departamentos. Todos ellos pertenecen a la misma Región Hidrogeológica denominada Tucumano-Santiagoña.

Es importante mencionar, que se encuentran bajo un mismo marco regulatorio provincial, determinado por las leyes: Ley Provincial N° 7139 y Ley Provincial N° 7140. Estas determinan que la Dirección de Recursos Hídricos y demás Organismos competentes, son los encargados de velar por el aprovechamiento integral y racional del recurso, su disponibilidad constante, y calidad adecuada.

4.2.2.1.5 Disponibilidad de servicios

En la evaluación de este factor se analizan los servicios de agua, energía y gas. A nivel provincial, las empresas encargadas son Sociedad Aguas del Tucumán (SAT), Empresa de Distribución Eléctrica de Tucumán S.A. (EDET), y GASNOR S.A., todas ellas se encuentran reguladas por ERSEPT o Ente Único de Control y Regulación de los Servicios Públicos.

Para la ponderación de cada alternativa se pone el foco en la distribución de energía, teniendo en cuenta que se busca generar la energía eléctrica necesaria para el proceso productivo e inyectar el excedente en la red.

A continuación, se presenta un mapa de Tucumán, con división departamental y las diferentes líneas de transporte de la energía.

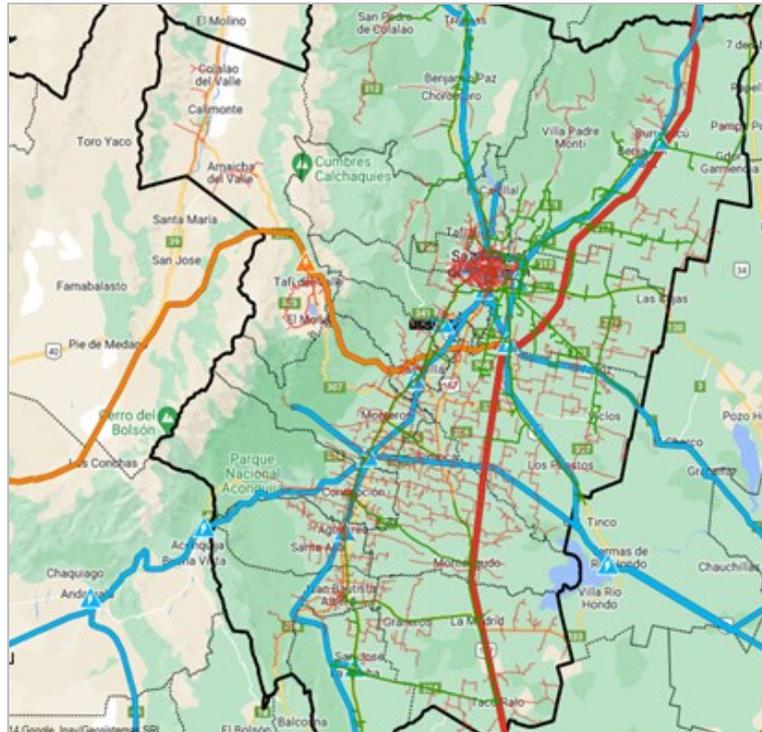


Ilustración 35 - Mapa de transporte de la energía eléctrica de Tucumán.⁵²

4.2.2.1.6 Cercanía a Rutas Nacionales y Provinciales

Se lleva a cabo un análisis de la cantidad y distribución de rutas nacionales y provinciales por departamento, en relación a su superficie. Se observa que el Departamento de Cruz Alta obtiene la mejor ponderación respecto al resto de las alternativas, ya que es atravesado por la RN9 y por doce rutas provinciales.

⁵² Fuente: Visor SIG – Información Geográfica de Energía – Secretaría de la Energía.



Ilustración 36 - Mapa de red vial de la Provincia de Tucumán.⁵³

4.2.3 Selección final de la localización

Se realiza un análisis definitorio para determinar la localización final de la planta industrial.

En primer lugar, se analiza el mapa del Departamento de Cruz Alta con el fin de identificar los Municipios que lo componen.

⁵³ Fuente: RIDES (Red de Información para el Desarrollo Productivo) Dirección Provincial de Vialidad de Tucumán

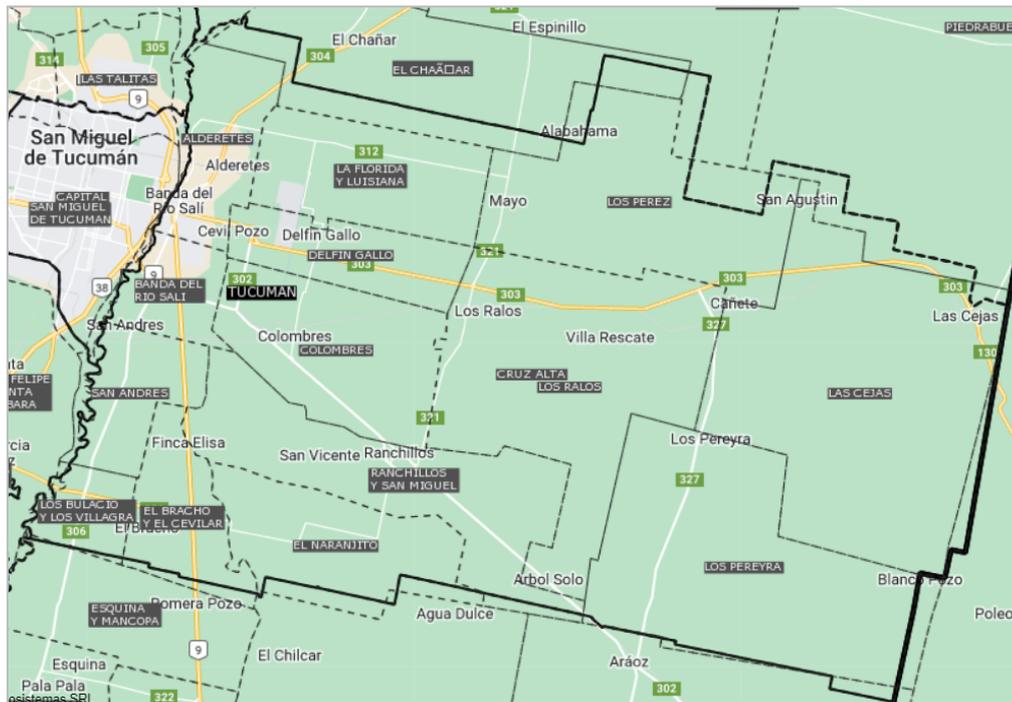


Ilustración 37 - Mapa del Departamento de Cruz Alta con división municipal. ⁵⁴

Como punto de partida, se evalúa la cercanía a la Ruta Nacional 9, ya que el acceso a la planta es sumamente importante, desde el punto de vista de los trabajadores y de la comercialización del producto final. Este primer filtro conduce a los municipios de Banda del Río Salí, San Andrés, Ranchillos, y El Bracho.

Seguidamente, se estudia la disponibilidad de mano de obra además de la disponibilidad de la superficie necesaria, tanto para la instalación de la planta productiva como para el cultivo de la materia prima.

Finalmente, siendo que es la ciudad con mejor cumplimiento de los factores preestablecidos, se determina que la planta industrial estará ubicada en Banda del Río Salí, Departamento de Cruz Alta, Provincia de Tucumán, Argentina.

⁵⁴ Fuente: Visor SIG – Información Geográfica de Energía – Ministerio de Economía

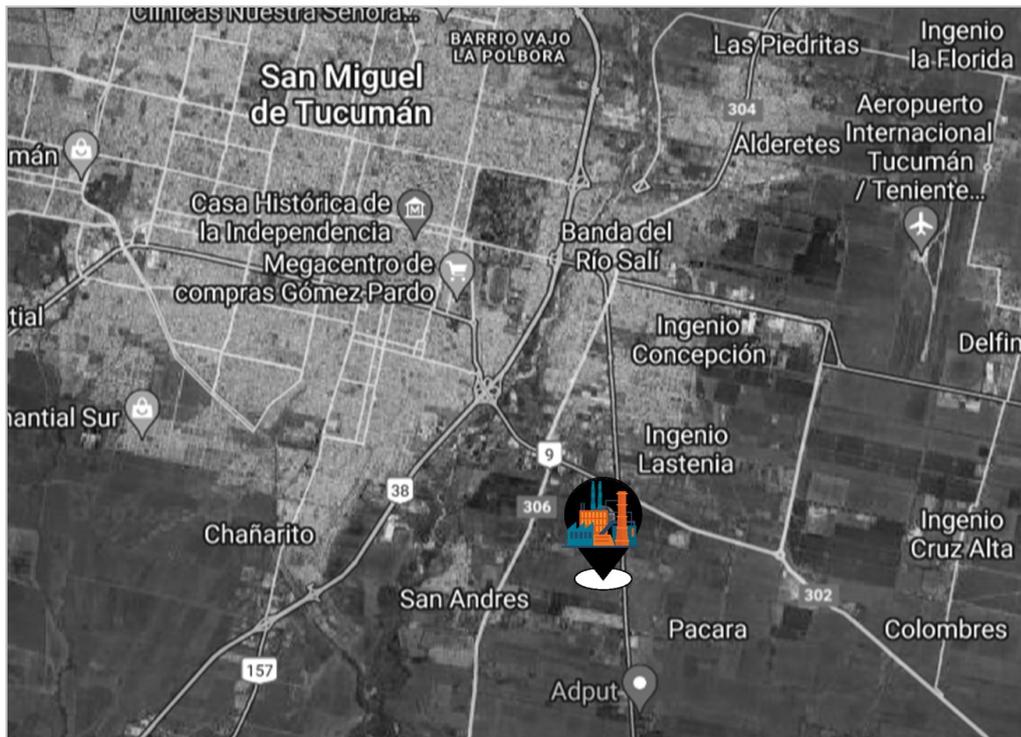


Ilustración 38 - Localización de la planta industrial. ⁵⁵

4.3 Instalación de la planta

La instalación de la planta industrial estará a cargo de Di Bacco y Cía S.A.



Ilustración 39 - Logo de la empresa Di Bacco - Encargada de la instalación de la planta

La empresa, está situada en la ciudad de San Miguel de Tucumán, capital de la provincia, a menos de 20 kilómetros de la localización de la planta. Posee más de 50 años de experiencia en la construcción de plantas industriales. Liderando el mercado, suministra nuevas tecnologías y equipos de calidad, además de capacitaciones técnicas y servicio técnico de por vida luego de completar sus trabajos.

Se encuentra en el proceso de implementación del sistema de gestión de la calidad para certificar bajo estándares IRAM – ISO 9001:2015.

El contrato se celebra bajo la modalidad llave en mano, por lo que la constructora se encarga de la construcción de la planta, el montaje de equipos, precomisionado, comisionado, puesta en marcha, y evaluaciones de

⁵⁵ Fuente: elaboración propia.

desempeño. Es decir, la empresa entrega la planta efectivamente lista para producir.

La duración de la obra civil es de 150 días; el período de ejecución de pruebas de desempeño es de 30 días. Por lo que el plazo de entrega de la planta terminada es de 180 días a partir de la firma del contrato.

4.4 Ingeniería del proyecto

En esta etapa, se definen todos los recursos necesarios para la ejecución del proyecto.

4.4.1 Planificación de la capacidad

La planificación de la capacidad es un paso crítico dentro de la ingeniería de proyecto, ya que debe garantizar un equilibrio entre el volumen de producto final demandado, y el producido por la planta. Su determinación tiene consecuencias múltiples como en el nivel de servicio que la empresa puede adoptar, nivel de inventario, estructura de costos, necesidad de capital, necesidad de personal, entre otros. Esto refleja la importancia de realizar una correcta planificación de la capacidad, que le permita a la empresa ser lo más competitiva posible.

4.4.1.1 Tamaño del proyecto y capacidad teórica

Como fue detallado en la sección de Aspectos Comerciales - [Tamaño del proyecto](#): en base a la demanda proyectada para el horizonte de duración del proyecto, se establece una participación del 8% del mercado de bioetanol de caña de azúcar, lo que equivale al 4% del mercado de bioetanol. Esto representa una producción estimada de 42.659.690 de litros para el primer año, es decir, 127.342 litros diarios.

	Año 1
Demanda total anual proyectada [L]	533.246.128
Producción anual PROYECTO [L]	42.659.690
Producción diaria PROYECTO [L]	127.342

Tabla 30 - Requerimiento de capacidad ⁵⁶

El cálculo se realiza bajo los supuestos de 335 días laborales anuales, teniendo en cuenta que se emplean 30 días al año para el mantenimiento general de la planta.

⁵⁶ Fuente: elaboración propia.

Según datos otorgados por la empresa encargada de la instalación de la planta industrial, la capacidad de producción teórica de las instalaciones es de 150.000 litros diarios.

4.4.1.2 Utilización de la capacidad

A partir de la producción planificada y la capacidad teórica instalada se puede calcular el porcentaje de utilización. Este valor es útil para evaluar el grado de aprovechamiento de la capacidad teórica de la planta productora de bioetanol.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Capacidad teórica	150.000 L/día				
Producción planificada	127.342 L/día	129.220 L/día	130.766 L/día	132.040 L/día	133.096 L/día
Utilización	84,89%	86,15%	87,18%	88,03%	88,73%

Tabla 31 - Utilización de la capacidad⁵⁷

4.4.2 Requerimiento de superficie

Se requieren 7 hectáreas para la instalación de la planta industrial.

4.4.3 Proceso

El proceso productivo puede dividirse en cuatro fases. La primera consiste en el acondicionamiento de la materia prima, seguida por la etapa de fermentación. El tercer paso corresponde a la destilación y deshidratación, y, por último, se encuentra la etapa de tratamiento de efluentes.

4.4.3.1 Acondicionamiento de la materia prima

En esta etapa transcurren los procesos de extracción y clarificación.

El acondicionamiento comienza con la molienda de la caña de azúcar donde se extrae el jugo azucarado con agua. Como subproducto se obtiene el bagazo, remanente de los tallos de la caña, con un contenido en fibra cercano al 46%. Este subproducto se utiliza como combustible del sector de calderas, encargadas de generar la energía eléctrica necesaria para desarrollar el proceso productivo.

El jugo de la caña obtenido se somete a un proceso de clarificación en el que se le regula su pH para provocar la hidrólisis de la sacarosa en hexosas, es decir, transformar los azúcares complejos en carbohidratos sencillos.

⁵⁷ Fuente: elaboración propia.

En el recipiente clarificador se precipita un lodo, que debe ser retirado y enviado a un filtro rotatorio al vacío. De este filtro se obtiene un nuevo subproducto llamado cachaza, y un filtrado que retorna al recipiente de clarificación. Por su parte, el jugo proveniente de la clarificación se esteriliza a 105°C y se envía a la siguiente etapa donde debe ingresar con un contenido de azúcares de entre 130 a 180 g/L.

4.4.3.2 Fermentación

En esta etapa se lleva a cabo la fermentación de glucosa y una parte de la fructosa en etanol y dióxido de carbono. Dicho proceso es posible gracias al empleo de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

Los gases formados en la fermentación son retirados y enviados a una torre de absorción en la que se debe recuperar el 98% en masa del etanol arrastrado.

4.4.3.2.1 Alcohol de fusel

Durante la fermentación del azúcar se produce alcohol de fusel, una mezcla de alcoholes que se concentran en la destilación, al final del proceso, quedando con una consistencia aceitosa, razón por la que también se lo conoce como aceite de fusel. Este puede utilizarse como combustible para producir energía, disolvente para bases de pinturas, agentes saborizantes, entre otros.

Por cada 1.000 litros de bioetanol se producen aproximadamente 2,5 litros de aceite de fusel.⁵⁸

Si bien se producen por la naturaleza propia del proceso de fermentación de la levadura, es importante mencionar que el alcohol de fusel puede representar un riesgo si no se gestiona de manera adecuada, ya que es perjudicial para el crecimiento y la fermentación de la levadura, derivando en una baja en la producción de bioetanol.

4.4.3.2.1.1 Producción

Cuando la levadura fermenta la glucosa en etanol, se produce una molécula cofactor⁵⁹ llamada NAD. Mientras mayor sea la producción de etanol, también lo será la concentración de NAD. Esto significa un “problema” para la levadura, dado que necesita regenerar el NAD a su forma inicial NADH

⁵⁸ Fuente: Bioetal – Empresa especializada en el comercio de bioetanol en Brasil

⁵⁹ Se trata de una molécula imprescindible para la acción de una enzima.

para poder usarse nuevamente. La levadura regenera el NAD con reacciones metabólicas incluidas en la vía de Ehrlich, en las que se descomponen los aminoácidos individuales dentro de la célula de la levadura. Y es aquí donde se producen la mayoría de los compuestos del alcohol de fusel.

4.4.3.3 Separación y deshidratación

La destilación y la adsorción mediante tamiz molecular se utilizan para recuperar el etanol del caldo de fermentación, obteniéndose etanol a 99,9% en peso de pureza.

La destilación se lleva a cabo en tres torres que operan con presión diferencial, obteniéndose etanol con una concentración cercana al 96%.

Finalmente, en el tamiz molecular ocurre el proceso físico de adsorción mediante el que se remueve el agua restante para obtener etanol anhidro 99,9%.

4.4.3.4 Desnaturalizado

Una vez obtenido el etanol anhidro, se lo debe someter al proceso de desnaturalizado. El mismo consiste en la aplicación de benzoato de denatonio⁶⁰. Esta sustancia posee un alto nivel de amargura, y se emplea con el fin de evitar que el alcohol se utilice con otros fines comerciales.

La Resolución 1295/2008 de la Secretaría de Energía establece que el etanol procedente de caña de azúcar debe ser desnaturalizado con benzoato de denatonio, además de las especificaciones de calidad que debe cumplir para poder comercializarse como bioetanol combustible.

4.4.3.5 Tratamiento de efluentes

Las aguas residuales del proceso de obtención de etanol a partir de la caña de azúcar, poseen en su mayoría vinaza, proveniente de la destilación. Se estima que por cada litro de bioetanol se producen 13 litros de vinaza⁶¹. Este efluente posee un gran contenido de materia orgánica y sales, principalmente potasio. Es así que, a través de un tratamiento, se transforma en un subproducto clave que se emplea como mejorador de los suelos en los que se cultiva la materia prima.

⁶⁰ Nombre comercial más conocido: Bitrex.

⁶¹ Fuente: Compostaje de residuos sucroalcoholeros – Lic. Cecilia María Esquivel (UTN FRT)

El tratamiento empleado es el compostaje, en donde, además de la vinaza previamente concentrada, se emplean las cenizas resultantes de la quema del bagazo y la cachaza. Mediante este proceso se obtiene un biofertilizante apto para disponer en el campo como fuente de nutrientes y mejorador de las condiciones del suelo.

4.4.4 Producto final

En el marco de la Ley 26.093, Disposición 332/2019, se detallan las especificaciones de calidad del bioetanol requeridas para su mezcla con naftas, en el porcentaje establecido por la autoridad de aplicación.

	PROPIEDAD	MÉTODO	VALOR
Obligatorios para la liberación de las partidas de bioetanol, con destino a la mezcla con naftas	Densidad a 20°C	ASTM D-4052	Máximo [g/mL] 0,7915
	Etanol más C3-05 AS	ASTM D-5501 IRAM 14651	Mínimo [%vol] 99
	Alcoholes superiores C3-05	ASTM D-5501	Máximo [%vol] 2
	Metanol	ASTM D-5501	Máximo [%vol] 0,4
	Agua	ASTM E203	Máximo [%vol] 0,6
	Acidez total	ASTM D-1613	[mg/L] 30
	Apariencia	Visual	Límpido, sin materiales en suspensión
	Conductividad eléctrica	ASTM D-1125	Máximo [uS/m] 500
Control periódico a efectos de información estadística, la autoridad de aplicación puede requerirlos en cualquier momento	Azufre	ASTM D-5453	Máximo [ppm, p/p] 10
	Cobre	ASTM D-1688	Máximo [mg/kg] 0,1
	Sulfatos	ASTM D-7318 ASTM D-7319 ASTM D-7328	Máximo [ppm, p/p] 4
	Gomas lavadas	ASTM D-381	Máximo [mg/L] 50

Tabla 32 - Especificaciones de calidad del bioetanol⁶²

⁶² Fuente: elaboración propia a partir de información obtenida del Ministerio de Hacienda, Subsecretaría de hidrocarburos y combustibles.

4.4.5 Selección de la tecnología

A continuación, se detalla el equipamiento necesario para cada etapa del proceso productivo.

4.4.5.1 Acondicionamiento de la materia prima

Planta de bioetanol 99.9%(V) - 150.000 L/día				Al 304	Acero inoxidable 304		Observación
				AC	Acero al carbono		
N°	Ítem	Especificación	Material principal	Cantidad		Total	
					Total		Repuesto
1	Báscula electrónica para camiones	G = 30 tn; Plataforma: 3 × 14 m	AC	1			
2	Puente grúa	10 tn; amplitud: 22,5 m; capacidad de elevación: 16 m	AC	2			Potencia: 76,7 kW
3	Plataforma de descarga de caña de azúcar	6 m × 5 m	AC	1			Potencia: 11 kW
4	Plataforma de alimentación de caña de azúcar	8 m × 6 m	AC	1			Potencia: 15 kW
5	Transportadora de caña de azúcar	B = 1,6 m; α=20° Largo: aprox. 40 m	AC	1			Potencia: 45 kW
6	Máquina cortadora de caña de azúcar	Φ 0,92 m × 2 m	AC	1			Potencia: 160 kW
7	Trituradora	Φ 1,3 m × 2 m	AC	1			Potencia: 450 kW
8	Separador electromagnético de hierro	B = 1,2 m	AC	1			
9	Descensor (lowerator)	Ancho: 1,2 m	AC	1			Potencia: 4 kW
10	Exprimidor	Φ 0,71 m × 1,4 m	AC	5			Potencia: 250 kW
11	Cinta transportadora intermedia	Tipo de diente: desgarrador; B = 1,4 m	AC	4			Potencia: 5,5 kW
12	Sistema auxiliar del exprimidor		AC	1			Potencia de emparejamiento: 3 kW
13	Bomba para el jugo de la caña de azúcar	Q = 80 m ³ /h; H = 15 m	Al 304	2	1		Potencia: 7,5 kW
14	Tamiz para el jugo de la caña de azúcar	F = 5 m ²	Al 304	1			
15	Tanque para mezcla de jugo	V = 4 m ³	Al 304	1			
16	Bomba para mezcla de jugo	Q = 100 m ³ /h; H = 60 m	Al 304	2	1		Potencia: 30 kW
17	Bomba osmótica para mezcla de jugo	Q = 120 m ³ /h; H = 15 m	Al 304	2	1		Potencia: 15 kW
18	Tamíz curvo para jugo osmótico	Ancho de la superficie del tamiz: 2 m	Al 304	1			
19	Cinta transportadora de bagazo	Φ 0,4 m × 10 m	Al 304	1			Potencia: 4 kW
20	Caja de agua osmótica	V = 2 m ³	Al 304	1			
21	Bomba para agua osmótica	Q = 40 m ³ /h; H = 20 m	Al 304	2	1		Potencia: 5,5 kW
22	Calentador	F = 300 m ²	Al 304	2			
23	Tamiz curvo para jugo clarificado						
24	Tanque de jugo clarificado	V = 6 m ³	Al 304	1			
25	Bomba para jugo clarificado	Q = 100 m ³ /h; H = 60 m	Al 304	2	1		Potencia: 30 kW
26	Enfriador de jugo clarificado	F = 360 m ²	Al 304	1			

4.4.5.2 Fermentación

Planta de bioetanol 99.9%(V) - 150.000 L/día				AI 304	Acero inoxidable 304	
				AC	Acero al carbono	
N°	Ítem	Especificación	Material principal	Cantidad		Observación
				Total	Repuesto	
SECTOR DE FERMENTACIÓN	27	Tanque de activación de levadura	Φ 1 m x 0,8 m	AI 304	1	Potencia de agitación: 1,5 kW
	28	Tanque de cultivo de levadura	Φ 5 m x 7,5 m; V = 150 m ³	AI 304	2	Prefabricado por Keyu; se ensambla in situ
	29	Enfriador del tanque de levadura	F = 60 m ²	AI 304	2	Intercambiador de calor de placas
	30	Bomba recicladora de levadura líquida	Q = 50 m ³ /h; H = 30 m	AI 304	2	Potencia: 7,5 kW
	31	Tanque de fermentación y proliferación de levadura	Φ 8 m x 12 m; V = 600 m ³	AI 304	2	Prefabricado por Keyu; se ensambla in situ
	32	Tanque de fermentación continua	Φ 8 m x 12 m; V = 600 m ³	AI 304	6	Prefabricado por Keyu; se ensambla in situ
	33	Bomba para refrigeración de reciclaje del tanque de proliferación de levadura	Q = 200 m ³ /h ; H = 30 m	AI 304	2	Potencia: 30 kW
	34	Bomba para refrigeración de reciclaje del tanque de fermentación	Q = 200 m ³ /h ; H = 30 m	AI 304	1	Potencia: 30 kW
	35	Bomba para refrigeración de reciclaje del tanque de fermentación	Q = 150 m ³ /h ; H = 30 m	AI 304	2	Potencia: 22 kW
	36	Bomba para refrigeración de reciclaje del tanque de fermentación	Q = 100 m ³ /h ; H = 30 m	AI 304	1	Potencia: 15 kW
	37	Enfriador del tanque de proliferación de levadura	F = 300 m ²	AI 304	2	Intercambiador de calor de placas
	38	Enfriador del tanque de fermentación	F = 300 m ²	AI 304	1	Intercambiador de calor de placas
	39	Enfriador del tanque de fermentación	F = 150 m ²	AI 304	2	Intercambiador de calor de placas
	40	Enfriador del tanque de fermentación	F = 100 m ²	AI 304	1	Intercambiador de calor de placas
	41	Torre de recuperación de alcohol fino	Φ 1,4 m x 9 m	AI 304	1	Transporte completo
	42	Bomba para alcohol fino	Q = 20 m ³ /h ; H = 25 m	AI 304	2	1 Potencia: 5,5 kW
	43	Tanque de lejía	Φ 2,2 m x 4,5 m	AI 304	1	Prefabricado por Keyu; se fabrica in situ
44	Bomba para solución de lavado	Q = 40 m ³ /h ; H = 50 m	AI 304	2	1 Potencia: 15 kW	
45	Dispositivo de lavado del tanque de fermentación		AI 304	20		
46	Tanque de lejía	Φ 3 m x 4,5 m	AI 304	1	Prefabricado por Keyu; se fabrica in situ	
47	Bomba para lejía	Q = 10 m ³ /h ; H = 20 m	AI 304	2	1 Potencia: 3 kW	

4.4.5.3 Separación y deshidratación

Planta de bioetanol 99.9%(V) - 150.000 L/día						
N°	Ítem	Especificación	AI 304	Acero inoxidable 304		Observación
			AC	Acero al carbono		
			Material principal	Cantidad		
			Total	Repuesto		
48	Bomba para mezcla	Q = 100 m ³ /h ; H = 50 m	AI 304	2	1	Potencia: 22 kW; motor anti-explotión
49	Torre de destilación primaria	DN1600/1100×32000	AI 304	1		Estado de trabajo: presión negativa; Forma de bandeja: válvula flotante
50	Torre de rectificación N° 1	DN1600×3 2000	AI 304	1		Estado de trabajo: presión positiva; Forma de bandeja: válvula flotante; agujero inclinado
51	Torre de rectificación N° 2	DN1800/1700×4 4000	AI 304	1		Estado de trabajo: presión positiva; Forma de bandeja: válvula flotante; agujero inclinado
52	Torre de adsorción AB	DN2600×7500	AI 304	2		Transporte completo
53	Relleno de torre de adsorción	Tamiz molecular 3A				Adsorbente especial
54	Precalentador de vapor de alcohol de torre primaria	F = 90 m ²	AI 304	1		Intercambiador de calor tubular
55	Precalentador de mosto N° 1	F = 50 m ²	AI 304	1		Intercambiador de calor tubular
56	Precalentador de mosto N° 2	F = 50 m ²	AI 304	1		Intercambiador de calor tubular
57	Precalentador de mosto N° 3	F = 50 m ²	AI 304	1		Intercambiador de calor tubular
58	Condensador de torre primaria N° 1	F = 200 m ²	AI 304	1		Intercambiador de calor de placas
59	Condensador de torre primaria N° 2	F = 20 m ²	AI 304	1		Intercambiador de calor de placas
60	Reboiler (recalentador) de torre primaria	F = 550 m ²	AI 304	1		Intercambiador de calor tubular
61	Precalentador de alimentación a la torre de rectificación N° 2	F = 200 m ²	AI 304	1		Intercambiador de calor de placas
62	Reboiler AB de la torre de rectificación N° 2	F = 600 m ²	AI 304	2		Intercambiador de calor tubular
63	Precalentador de agua residual de la torre de rectificación N° 1	F = 25 m ²	AI 304	1		Intercambiador de calor espiral
64	Precalentador de condensados de la torre de rectificación N° 1	F = 30 m ²	AI 304	1		Intercambiador de calor tubular
65	Reboiler de la torre de rectificación N° 1	F = 400 m ²	AI 304	1		Intercambiador de calor tubular
66	Evaporador de alcohol	F = 90 m ²	AI 304	1		Intercambiador de calor tubular
67	Sobrecalentador de vapor de alcohol	F = 40 m ²	AI 304	1		Intercambiador de calor tubular
68	Sobrecalentador de lavado a contracorriente	F = 40 m ²	AI 304	1		Intercambiador de calor tubular
69	Condensador de etapa final de etanol absoluto	F = 120 m ²	AI 304	1		Intercambiador de calor de placas
70	Enfriador de producto final	F = 60 m ²	AI 304	1		Intercambiador de calor de placas
71	Condensador de gas de regeneración N° 1	F = 250 m ²	AI 304	1		Intercambiador de calor de placas
72	Condensador de gas de regeneración N° 2	F = 40 m ²	AI 304	1		Intercambiador de calor de placas
73	Enfriador de aceite de fusel	F = 10 m ²	AI 304	1		Intercambiador de calor de placas
74	Enfriador de aguas residuales de la torre de rectificación N° 1	F = 5 m ²	AI 304	1		Intercambiador de calor de placas
75	Enfriador para bomba de vacío de la torre primaria	F = 20 m ²	AI 304	1		Intercambiador de calor de placas

Y DESHIDRATACIÓN

SECTOR DE DESTILACIÓN	76	Enfriador de bomba de vacío de desorción	$F = 10 \text{ m}^2$	Al 304	1		Intercambiador de calor de placas
	77	Tanque de reflujo de torre primaria	$\Phi 1,2 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$	Al 304	1		Transporte completo
	78	Tanque de reflujo de la torre de rectificación N° 2	$\Phi 1,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$	Al 304	1		Transporte completo
	79	Tanque de reflujo de la torre de rectificación N° 1	$\Phi 1,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$	Al 304	1		Transporte completo
	80	Tanque flash de alcohol	$\Phi 0,5 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$	Al 304	1		Transporte completo
	81	Tanque de recolección de agua de cierre	$\Phi 1 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$	Al 304	1		Transporte completo
	82	Tanque de almacenamiento de etanol absoluto	$\Phi 1,5 \times 2,5 \text{ m}$	Al 304	1		Transporte completo
	83	Tanque de alcohol fino	$\Phi 1,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$	Al 304	1		Transporte completo
	84	Tanque de agua de la bomba de vacío	$\Phi 0,8 \text{ m} \times 1 \text{ m}$	Al 304	1		Transporte completo
	85	Separador de aceite de fusel	$\Phi 0,8 \text{ m} \times 4 \text{ m}$	Al 304	1		Transporte completo
	86	Tanque de aceite de fusel	$\Phi 1,2 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$	Al 304	1		Transporte completo
	87	Tanque de agua de la bomba de vacío	$\Phi 1 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$	Al 304	1		Transporte completo
	88	Tanque de recolección de residuo líquido	$\Phi 1 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$	Al 304	1		Transporte completo
	89	Tanque dosificador de alcohol	$\Phi 4,2 \text{ m} \times 6 \text{ m}$	AC	3		Prefabricado por Keyu; se fabrica in situ
	90	Bomba para alimentación de la torre de rectificación N° 2	$Q = 40 \text{ m}^3/\text{h}$; $H = 55 \text{ m}$	Al 304	2	1	Potencia: 15 kW; motor anti-explotión
	91	Bomba para vinaza de la torre primaria	$Q = 40 \text{ m}^3/\text{h}$; $H = 30 \text{ m}$	Al 304	2	1	Potencia: 7,5 kW; motor anti-explotión
	92	Bomba para reciclo de la torre primaria	$Q = 750 \text{ m}^3/\text{h}$; $H = 12 \text{ m}$	Al 304	1		Potencia: 45 kW; motor anti-explotión
	93	Bomba para reflujo de la torre primaria	$Q = 3 \text{ m}^3/\text{h}$; $H = 55 \text{ m}$	Al 304	2	1	Potencia: 4 kW; motor anti-explotión
	94	Bomba para alcohol primario	$Q = 8 \text{ m}^3/\text{h}$; $H = 120 \text{ m}$	Al 304	2	1	Potencia: 15 kW; motor anti-explotión
	95	Bomba para reflujo de la torre rectificadora N° 2	$Q = 40 \text{ m}^3/\text{h}$; $H = 55 \text{ m}$	Al 304	2	1	Potencia: 11 kW; motor anti-explotión
	96	Bomba para alimentación de alcohol fino para la torre rectificadora N° 1	$Q = 8 \text{ m}^3/\text{h}$; $H = 75 \text{ m}$	Al 304	2	1	Potencia: 5,5 kW; motor anti-explotión
	97	Bomba para vinaza de torre rectificadora N° 2	$Q = 40 \text{ m}^3/\text{h}$; $H = 30 \text{ m}$	Al 304	2	1	Potencia: 5,5 kW; motor anti-explotión
	98	Bomba para reciclo de torre rectificadora N° 2	$Q = 600 \text{ m}^3/\text{h}$; $H = 20 \text{ m}$	Al 304	2		Potencia: 75 kW; motor anti-explotión
	99	Bomba para reflujo de torre rectificadora N° 1	$Q = 30 \text{ m}^3/\text{h}$; $H = 80 \text{ m}$	Al 304	2	1	Potencia: 11 kW; motor anti-explotión
	100	Bomba para etanol absoluto	$Q = 8 \text{ m}^3/\text{h}$; $H = 30 \text{ m}$	Al 304	2	1	Potencia: 3 kW; motor anti-explotión
	101	Bomba para alcohol fino	$Q = 3 \text{ m}^3/\text{h}$; $H = 20 \text{ m}$	Al 304	2	1	Potencia: 2,2 kW; motor anti-explotión
	102	Bomba para almacenamiento de aceite de fusel	$Q = 5 \text{ m}^3/\text{h}$; $H = 20 \text{ m}$	Al 304	2	1	Potencia: 2,2 kW; motor anti-explotión
	103	Bomba para recolección de alcohol fino	$Q = 4 \text{ m}^3/\text{h}$; $H = 40 \text{ m}$	Al 304	2	1	Potencia: 3 kW; motor anti-explotión
104	Bomba para agua de cierre	$Q = 8 \text{ m}^3/\text{h}$; $H = 40 \text{ m}$	Al 304	2	1	Potencia: 4 kW; motor anti-explotión	
105	Bomba de vacío de la torre primaria	$Q = 6-9 \text{ m}^3/\text{min}$	Al 304	2	1	Potencia: 15 kW; motor anti-explotión	
106	Bomba de vacío de desorción	$Q = 1-3 \text{ m}^3/\text{min}$	Al 304	2	1	Potencia: 5,5 kW; motor anti-explotión	
107	Bomba de almacenamiento de etanol absoluto	$Q = 50 \text{ m}^3/\text{h}$; $H = 30 \text{ m}$	Al 304	2	1	Potencia: 7,5 kW; motor anti-explotión	
108	Bomba de redestilación de alcohol no calificado	$Q = 10 \text{ m}^3/\text{h}$; $H = 80 \text{ m}$	Al 304	2	1	Potencia: 5,5 kW; motor anti-explotión	

4.4.5.4 Equipamiento adicional

	Planta de bioetanol 99.9%(V) - 150.000 L/día			Al 304	Acero inoxidable 304	Observación	
	Nº	Ítem	Especificación	Material principal	Cantidad		
					Total		Repuesto
ADICIONALES	109	Tanque para almacenamiento de bioetanol comercial - API 650	Φ 11,5 m ; H = 5 m ; 500 m ³ Techo: domo geodésico	AC	3		
	110	Caldera + Scrubber + Turbina	Generación = 15 MWh	AC	1		Caldera bagacera (22,9 t de bagazo/h)
	111	Tren evaporador de vinaza	5 efectos	Al304	1		
	112	Torre de absorción de CO ₂			1		

Para almacenar el producto final se utilizan 3 tanques de 500 m³ cada uno.

Teniendo en cuenta el aprovechamiento del bagazo para la generación de energía, se requiere una caldera para tal fin.

Además, se utiliza una torre para el proceso de absorción del dióxido de carbono generado en el proceso de fermentación del jugo de caña de azúcar.

Finalmente, con el objetivo de realizar la concentración de la vinaza obtenida en la etapa de destilación se requiere un tren de evaporación.

4.4.5.4.1 Caldera

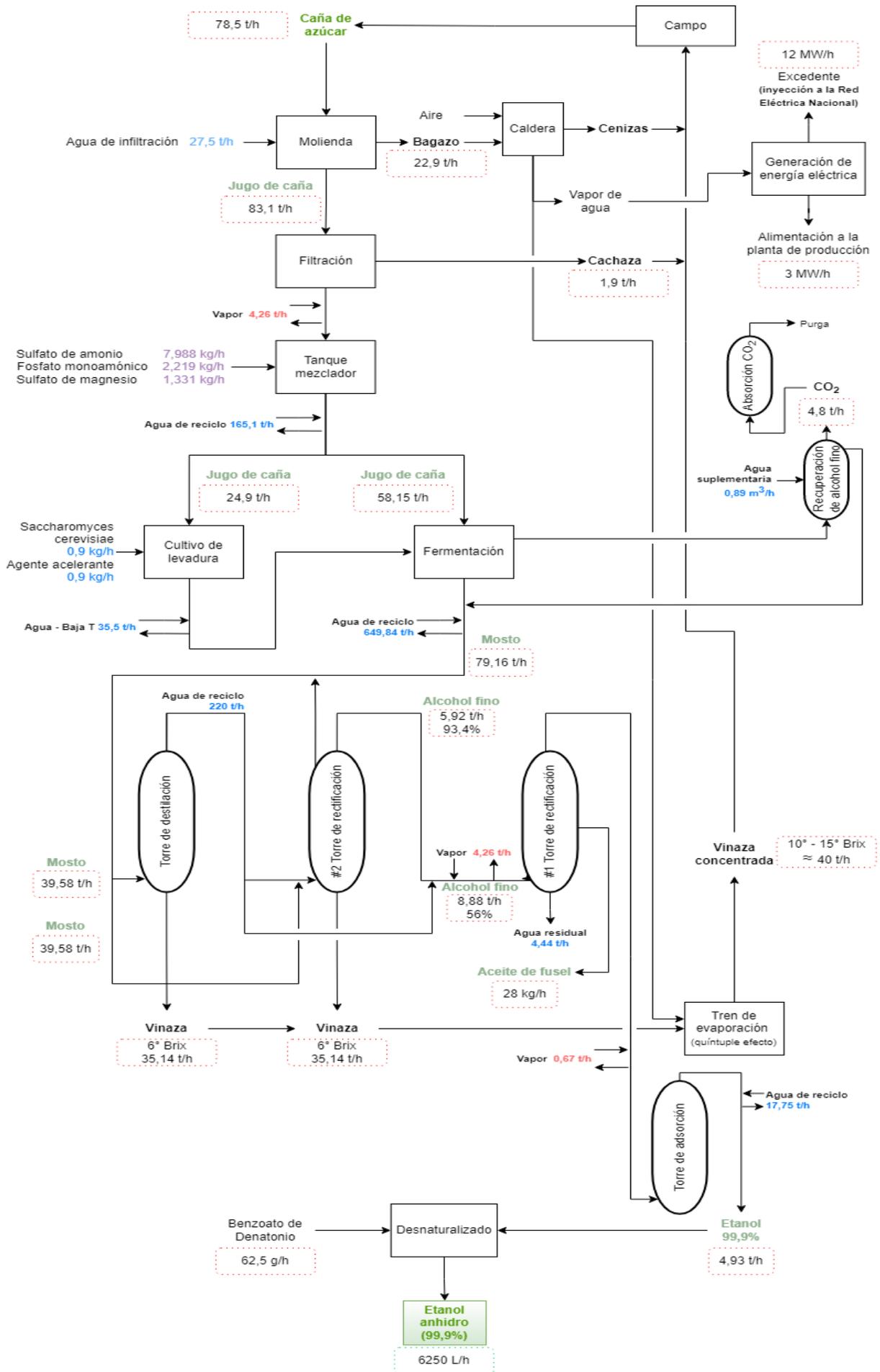
La caldera se instala en la planta de producción, con el fin de quemar el bagazo obtenido en la etapa de molienda, para generar vapor de agua destinado a la generación de la energía eléctrica necesaria para producir, además de un excedente que se inyecta en la Red Eléctrica Nacional para venta; y alimentar al tren de evaporación encargado de concentrar la vinaza. Tiene una capacidad de producción de 15 MWh de energía eléctrica.

El equipo tiene la capacidad de funcionar quemando únicamente bagazo, sin necesidad de aportar combustibles de origen fósil como gas natural, carbón, entre otros. Es así que se la denomina caldera bagacera.

Además de la caldera, se encuentran el scrubber y la turbina. El primero tiene el fin de lavar los gases de la combustión que ocurre en el hogar de la caldera. Por su parte, la turbina es la encargada de utilizar el vapor producido por la caldera, para producir energía eléctrica.

4.4.6 Balance de masa del proceso productivo

A continuación, se presenta un diagrama simplificado, de elaboración propia, correspondiente al balance de masa del proceso productivo.



En la siguiente tabla, se resumen los ingresos y egresos del sistema productivo de bioetanol comercial con sus respectivos flujos.

ENTRADAS	CANTIDADES
Caña de azúcar	78,49 t/h
Saccharomyces cerevisiae	0,888 kg/h
Agente acelerante de levadura	0,888 kg/h
Sulfato de amonio	7,988 kg/h
Fosfato diamónico	2,219 kg/h
Sulfato de magnesio	1,331 kg/h
Benzoato de denatonio	62,5 g/h
SALIDAS	CANTIDADES
Bagazo	22,89 t/h
Cachaza o torta de filtro	1,9 t/h
CO ₂	4,8 t/h
Vinaza concentrada	40 t/h
Bioetanol comercial	6250 L/h

Tabla 33 – Balance global del proceso productivo⁶³

4.4.7 Cálculo del personal

	CATEGORÍAS										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Sector de PRODUCCIÓN			Sector MANTENIMIENTO		Sector LABORATORIO	Sector ADMINISTRACIÓN			Sector COMERCIALIZACIÓN	
	Gerente de producción	Supervisor de producción	Operario no especializado	Responsable	Operario	Analista	Gerente general	Gerente de capital humano	Personal	Gerente comercial	Personal de ventas
Sueldo básico	101.322	84.716	66.974	77.533	62.187	64.623	115.171	101.322	74.774	101.322	67.489
Premio 5%	5.066	4.236	3.349	3.877	3.109	3.231	5.759	5.066	3.739	5.066	3.374
Sueldo bruto	106.388	88.952	70.322	81.410	65.297	67.855	120.929	106.388	78.513	106.388	70.864
Sueldo anual complementario	11.392	9.525	7.530	8.718	6.992	7.266	12.949	11.392	8.407	11.392	7.588
Vacaciones	10.594	8.858	7.003	8.107	6.502	6.757	12.043	10.594	7.819	10.594	7.057
Asignación familiar 9%	9.575	8.006	6.329	7.327	5.877	6.107	10.884	9.575	7.066	9.575	6.378
Jubilación 13%	16.689	13.954	11.031	12.770	10.243	10.644	18.970	16.689	12.316	16.689	11.116
Obra social 6,5%	8.344	6.977	5.516	6.385	5.121	5.322	9.485	8.344	6.158	8.344	5.558
Seguros 1,5%	1.926	1.610	1.273	1.474	1.182	1.228	2.189	1.926	1.421	1.926	1.283

Tabla 34 - Costos mensuales de sueldos según categoría⁶⁴

A continuación, se presenta una tabla de erogaciones por remuneraciones y cargas patronales proyectadas. Además, se detallan las respectivas cantidades de personal necesario para llevar a cabo el proyecto. En total, se requieren 50 personas.

⁶³ Fuente: elaboración propia.

⁶⁴ Fuente: elaboración propia a partir de datos suministrados por el Ministerio de Trabajo

Personal	Cant.	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Sector de PRODUCCIÓN						
Gerente de producción	1	3.191.056	4.691.715	6.752.275	9.609.791	13.869.514
Supervisor de producción	4	10.672.300	15.691.166	22.582.587	32.139.384	46.385.776
Operario no especializado	25	52.731.940	77.530.203	111.580.785	158.801.011	229.192.575
Subtotales PRODUCCIÓN		63.404.240	93.221.369	134.163.372	190.940.395	275.578.351
Sector MANTENIMIENTO						
Responsable	1	2.441.840	3.590.165	5.166.934	7.353.546	10.613.145
Operario	9	17.626.896	25.916.301	37.298.512	53.082.987	76.613.030
Subtotales MANTENIMIENTO		20.068.736	29.506.466	42.465.446	60.436.533	87.226.174
Sector LABORATORIO						
Responsable de calidad	1	2.035.265	2.992.389	4.306.620	6.129.152	8.846.015
Técnico/Analista	3	6.105.794	8.977.167	12.919.860	18.387.457	26.538.046
Subtotales LABORATORIO		6.105.794	8.977.167	12.919.860	18.387.457	26.538.046
Sector ADMINISTRACIÓN						
Gerente general	1	3.627.208	5.332.976	7.675.172	10.923.252	15.765.191
Gerente de capital humano	1	3.191.056	5.332.976	7.675.172	10.923.252	15.765.191
Personal	1	2.354.958	3.462.424	4.983.090	7.091.900	10.235.520
Subtotales ADMINISTRACIÓN		9.173.222	14.128.376	20.333.434	28.938.404	41.765.902
Sector COMERCIALIZACIÓN						
Gerente comercial	1	3.191.056	5.332.976	7.675.172	10.923.252	15.765.191
Personal de ventas	2	4.251.049	6.250.190	8.995.219	12.801.934	18.476.635
Subtotales COMERCIALIZACIÓN		4.251.049	6.250.190	8.995.219	12.801.934	18.476.635
Totales	50	103.003.041	152.083.569	218.877.331	311.504.723	449.585.108

Tabla 35 - Erogaciones por remuneraciones y cargas patronales proyectadas

4.4.7.1 Organigrama

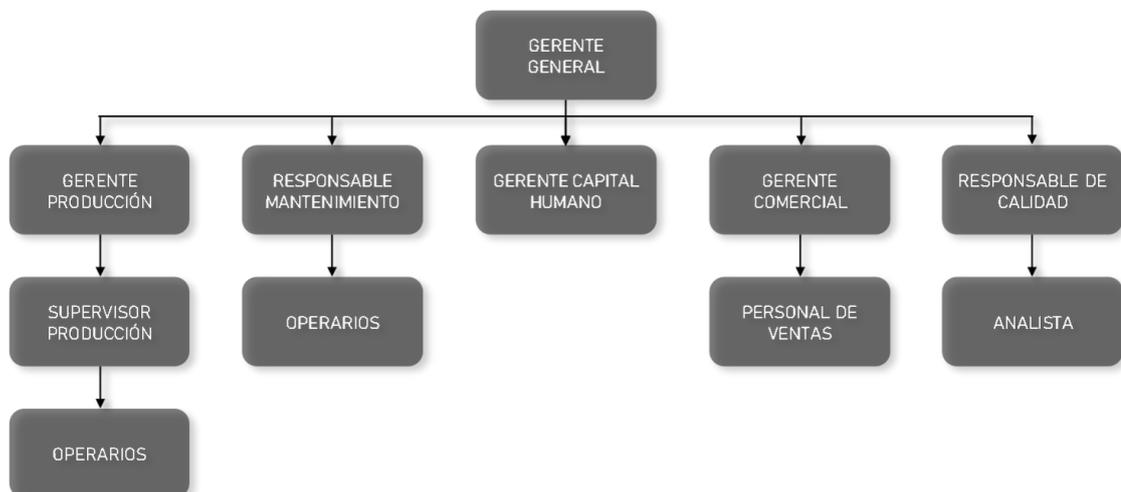


Ilustración 40 - Organigrama⁶⁵

⁶⁵ Fuente: elaboración propia.

4.4.8 Distribución de planta

Para determinar la distribución de planta o layout, se realiza una planificación en la que, luego de efectuar una asignación óptima del espacio físico requerido, se implementa la metodología SLP⁶⁶ con el fin de obtener una disposición óptima de la maquinaria, equipos auxiliares, y departamentos necesarios para llevar a cabo el proceso productivo.

Los objetivos preestablecidos para la definición del layout son la minimización de los costos del manejo de materiales, la utilización del mínimo espacio físico posible, la atención a los requerimientos de los colaboradores que intervienen en el proceso de producción, y el cumplimiento de las normas de seguridad e higiene correspondientes.

A continuación, se presenta un esquema del layout de la planta de producción. La misma ocupa unos 64.800 m², equivalentes a 6,48 hectáreas.

Cuenta con tres accesos, el primero de ellos destinado al ingreso y egreso de los colaboradores, los dos restantes se encuentran conectados por una vía principal que atraviesa la planta y permite el ingreso de la materia prima, la salida del producto final, además del transporte interno del subproducto bagazo, destinado como combustible para la generación de energía.

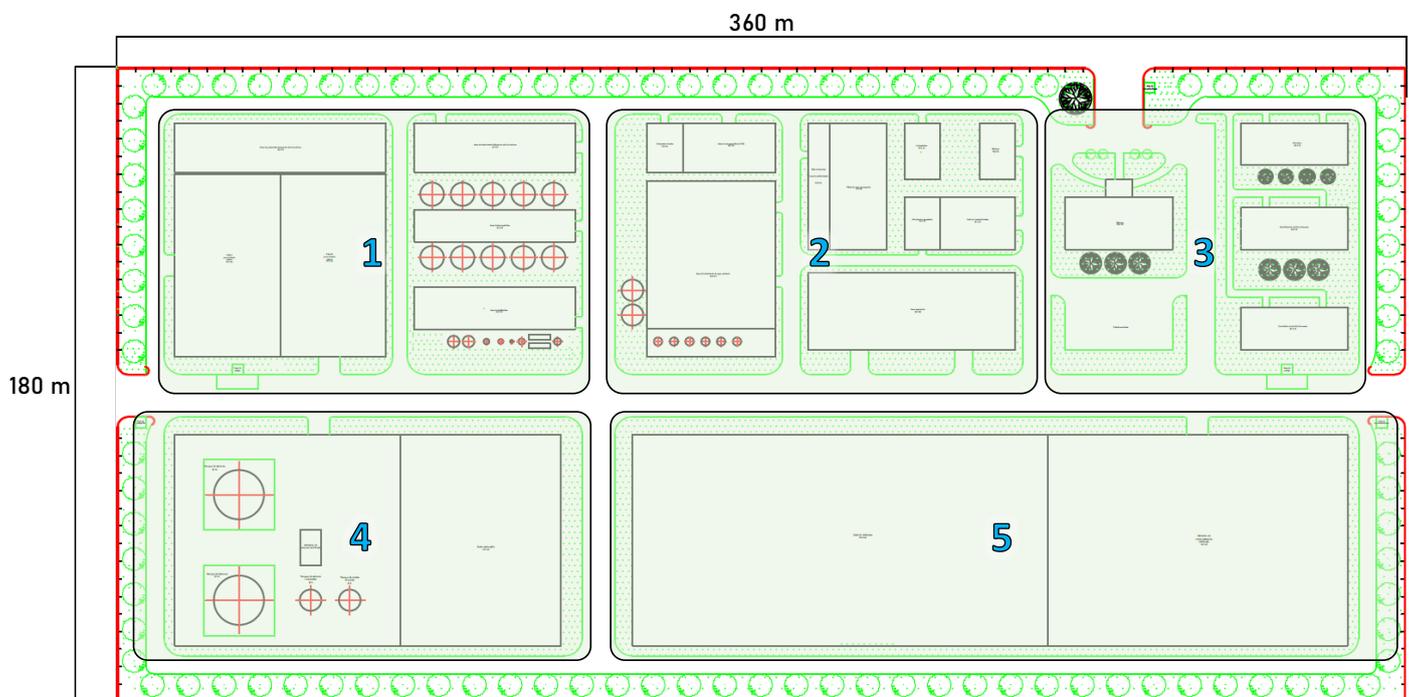


Ilustración 41 - Layout general de la planta de producción⁶⁷

⁶⁶ Systematic Layout Planning.

⁶⁷ Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse, por cuestiones relacionadas al tamaño y complejidad de la planta, se realiza una zonificación referenciada para exponer cada zona con sus respectivas denominaciones y medidas.

4.4.8.1 Zona 1

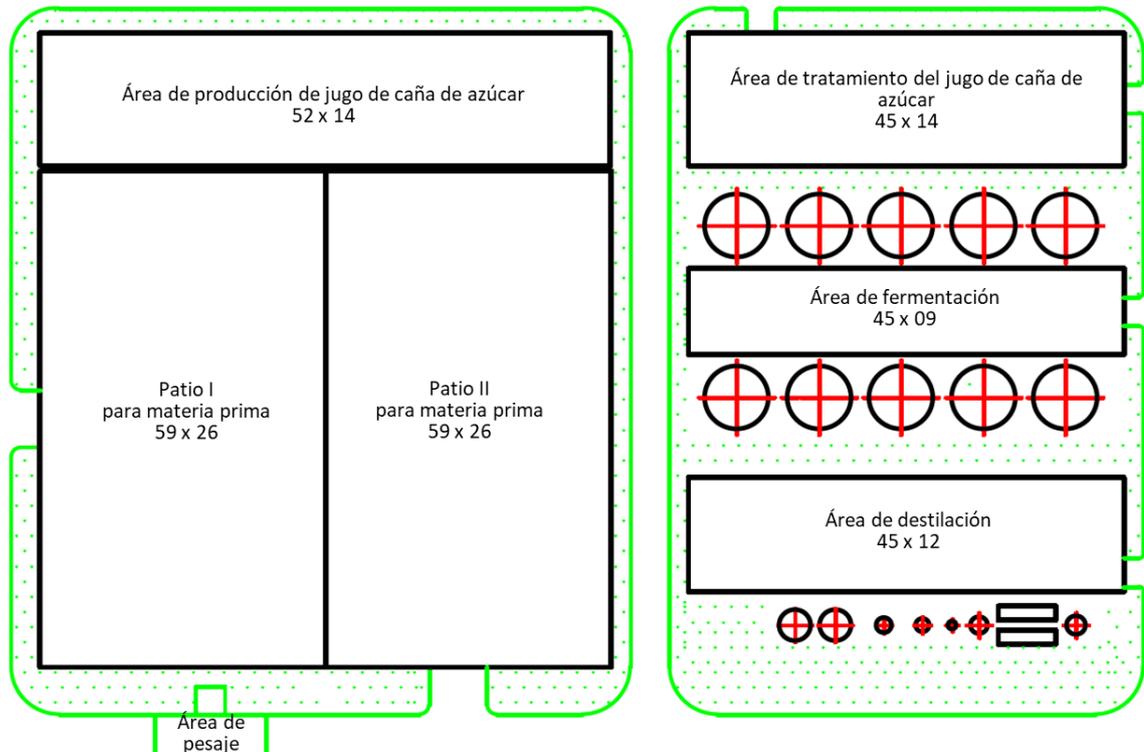


Ilustración 42 - Layout - Vista Zona 1

En el lado inferior de la imagen se ubica la vía principal de la planta. En la esquina inferior izquierda, se encuentra uno de los accesos, destinado al ingreso de los camiones con materia prima. Estos se pesan en el área para tal fin, donde se registra toda la información necesaria, para luego descargar la caña de azúcar en los patios correspondientes.

En el lado derecho de la Zona 1 puede observarse el área de fermentación. Allí se encuentran, entre otros, 2 tanques de cultivo de levadura, 2 tanques de fermentación y proliferación de levadura, y 6 tanques de fermentación continua.

El área de destilación cuenta, principalmente, con 1 torre de destilación primaria, 2 torres rectificadoras, y 2 torres de adsorción.

4.4.8.2 Zona 2

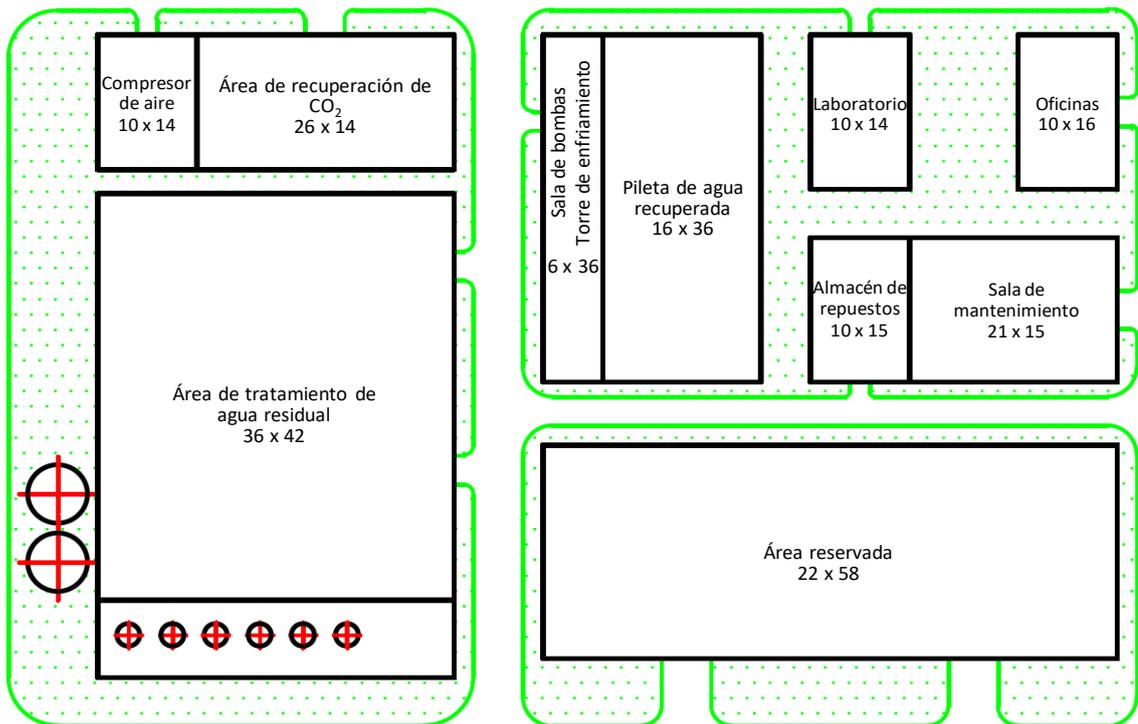


Ilustración 43 - Layout - Vista Zona 2

La zona 2 está destinada principalmente a la ubicación de equipamiento auxiliar, y al tratamiento de efluentes y agua de proceso. Allí se encuentran las áreas de recuperación de dióxido de carbono y de tratamiento de agua residual, una pileta de agua recuperada, la sala de bombas, la torre de enfriamiento, un almacén de repuestos, la sala de mantenimiento, un laboratorio para análisis de muestras de diferentes etapas del proceso, y un área de oficinas.

4.4.8.3 Zona 3

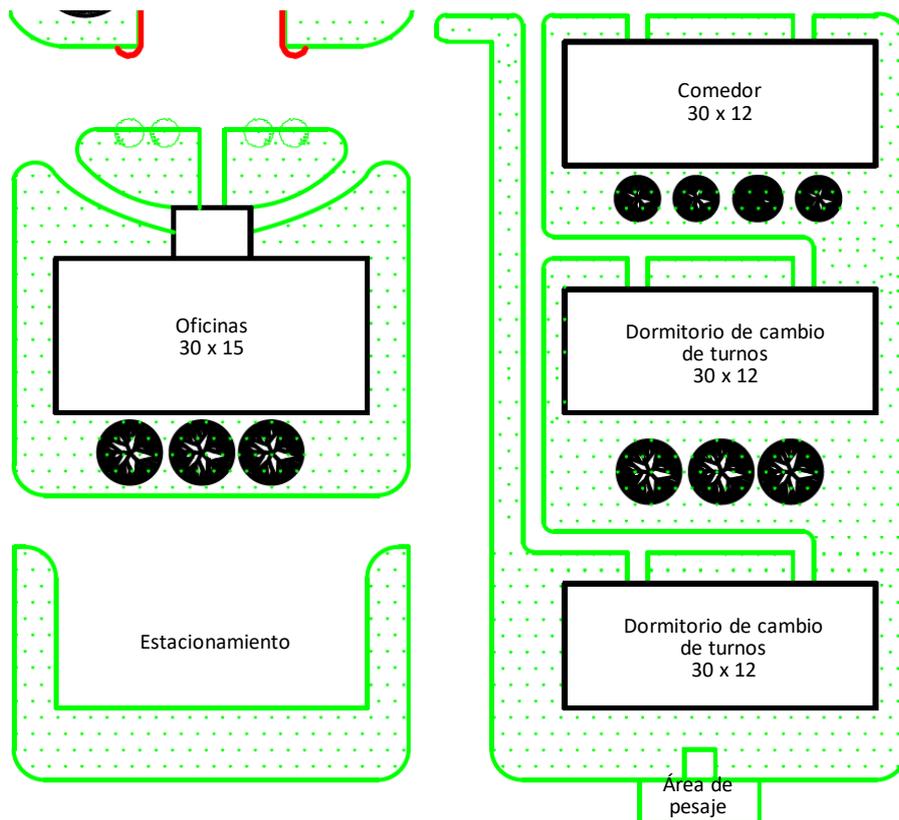


Ilustración 44 - Layout - Vista Zona 3

En la parte superior, puede visualizarse el acceso principal, designado para los colaboradores de la planta productiva. La zona cuenta con el área de oficinas, el estacionamiento, y, finalmente, un comedor y dos áreas de dormitorios de cambio de turnos destinados para cubrir las necesidades básicas de los mismos.

En el lado inferior derecho se encuentra el tercer acceso a planta por el que, al igual que el acceso de la zona 1, pueden ingresar o salir de planta los camiones proveedores de materia prima, además de los camiones que contienen el producto final. En esta zona, el área de pesaje se destina también para el control del bagazo que se deposita en las cercanías.

4.4.8.4 Zona 4

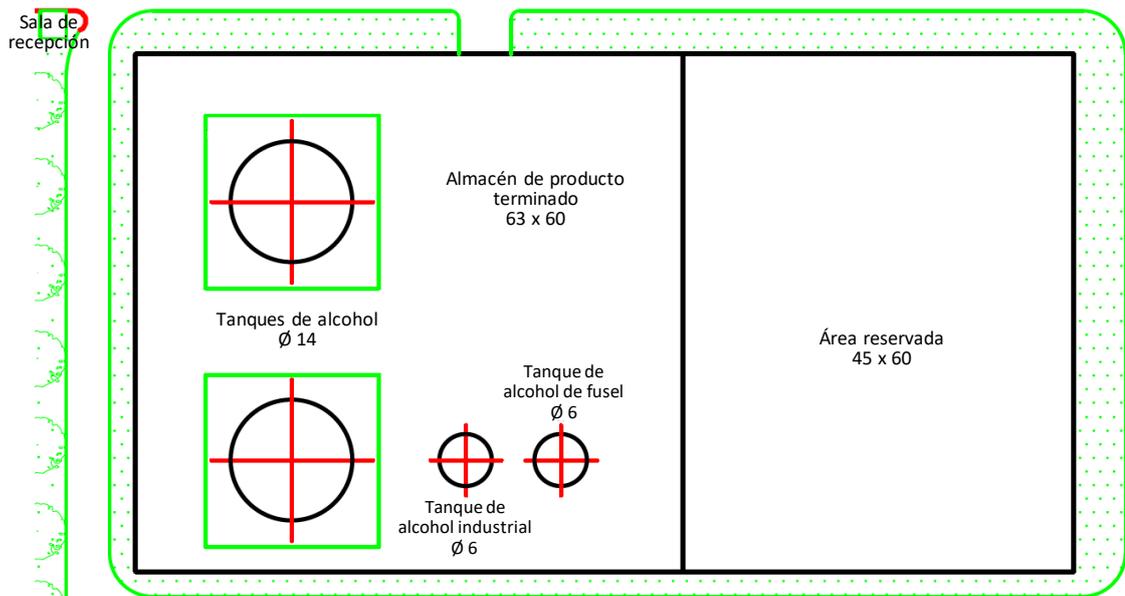


Ilustración 45 - Layout - Vista Zona 4

El sector izquierdo se destina principalmente al almacenamiento del producto final, mientras que en el área de la derecha se realiza el compostaje de la cachaza, las cenizas de bagazo provenientes de la de caldera, y la vinaza, para transformarlos en un fertilizante apto para el riego del cultivo de la materia prima.

4.4.8.5 Zona 5

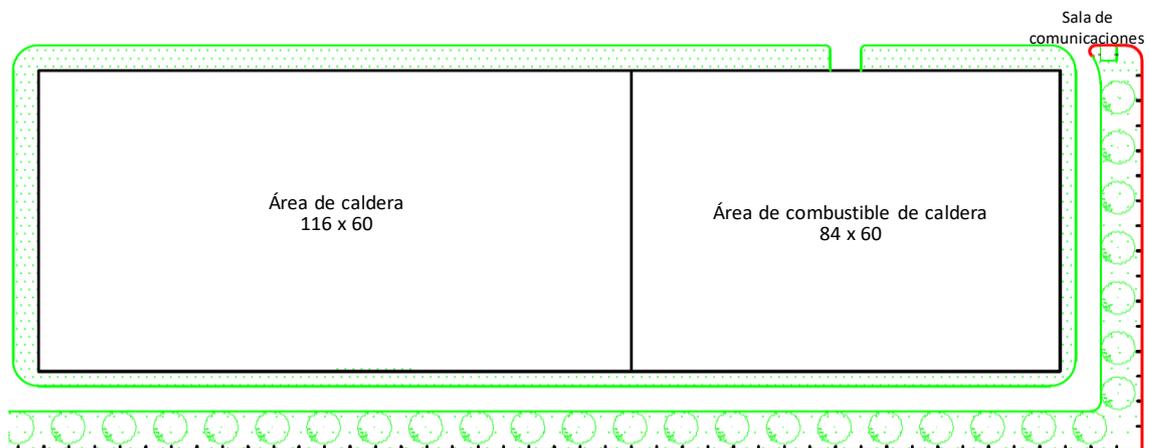


Ilustración 46 - Layout - Vista Zona 5

En esta zona se utiliza el bagazo como combustible en el área de caldera para producir vapor y, finalmente, generar energía eléctrica. Esta energía se utiliza para abastecer a la planta que cuenta con una potencia de operación de 2705,8 kW, y una potencia total instalada de 2964,7 kW. El excedente de energía puede venderse e inyectarse en la red eléctrica.

4.4.9 Tratamiento y disposición de subproductos

4.4.9.1 Bagazo

El primer subproducto que se obtiene en el proceso productivo es el bagazo. El mismo se obtiene una vez que a la caña de azúcar se le extrae el jugo. Está formado por pequeñas fibras del tallo de la caña.



Ilustración 47 - Bagazo de caña de azúcar⁶⁸

Este material posee utilidades varias, tales como abono orgánico; materia prima para fabricar envases, es decir, como alternativa al plástico; entre otros. Sin embargo, en el presente proyecto se lo utiliza como combustible de una caldera bagacera para producir energía eléctrica. La caldera tiene una capacidad de producción de 15 MWh de energía. La planta industrial en su totalidad, requiere menos de 3 MWh para funcionar, por lo que el aprovechamiento de este subproducto permite, no solo la autosuficiencia energética de la planta, si no que también la posibilidad de inyectar aproximadamente 12 MWh de energía eléctrica en la Red Eléctrica Nacional.

4.4.9.2 Cachaza

El jugo extraído de la caña de azúcar se envía a un filtro rotativo para clarificarlo. En este punto, se obtiene la cachaza o torta de filtro. Está compuesta principalmente de impurezas orgánicas y partículas de tierra.

⁶⁸ Fuente: imagen obtenida de [EO CREP - Francia](#)

Este subproducto se utiliza, en conjunto con las cenizas del área de caldera y la vinaza, como fertilizante orgánico.

A continuación, se presenta una imagen en la que puede visualizarse que su aspecto se asemeja al del barro.



Ilustración 48 - Cachaza⁶⁹

4.4.9.3 Dióxido de carbono

En la etapa de fermentación, mientras se produce alcohol, se libera dióxido de carbono. El mismo posee un alto grado de pureza, lo que lo vuelve apto para su consumo humano. Es así que se lo conoce como dióxido de carbono de grado alimenticio.

Es importante aclarar que en el proyecto no se contemplan ingresos por venta de este subproducto.

4.4.9.4 Vinaza

En la etapa de destilación, por el fondo de la columna destiladora, se obtiene la vinaza. Esta posee, principalmente, un alto contenido de materia orgánica, nitrógeno, azufre, fósforo, y potasio.

La vinaza, de color rojizo/marrón, se mezcla con la cachaza y las cenizas resultantes de la quema de bagazo, con el fin de realizar un compostaje y disponerlo finalmente en la tierra para cultivo, ya que posee un gran poder

⁶⁹ Fuente: La Gaceta

fertilizante. Previo a efectuar dicha mezcla, debe pasar por el tren evaporador de vinaza, con el fin de volverla apta para disponer en los suelos, según la legislación vigente.

Algunas destilerías optan por disponer la vinaza en piletas para su tratamiento, aguardando que se evapore su alto contenido de agua, para luego utilizarla como fertirriego. Sin embargo, esta opción no se vuelve viable dado que sería necesaria una cantidad enorme de superficie para tal fin, acorde con los volúmenes de vinaza obtenidos en el proceso productivo.

4.4.10 Servicios auxiliares

Se detallan los servicios auxiliares de la planta productiva y las respectivas empresas a cargo.

El servicio de agua potable y saneamiento se encuentra a cargo de la empresa SAT Sociedad de Aguas del Tucumán.

El suministro de gas natural es efectuado por GASNOR S.A. empresa de distribución presente en Tucumán, Salta, Santiago del Estero y Jujuy.

Finalmente, el servicio de energía eléctrica se encuentra a cargo de la Empresa de Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica de Tucumán, más conocida como EDET S.A. Es importante mencionar que la planta, por su particularidad, es capaz de generar 15 MWh de energía eléctrica, necesitando tan sólo 3 MWh para su funcionamiento. Es así que le permite adoptar la implementación de la generación distribuida, inyectando a la red eléctrica nacional el excedente energético, mientras se apoya a la migración hacia las energías limpias.

4.4.11 Almacenamiento y stock

4.4.11.1 Materia prima

No es posible almacenar la caña de azúcar. Luego de aproximadamente 20 horas desde su cosecha, pierde su concentración de sacarosa, quedando así inutilizable para el proceso productivo. Es así que la materia prima es dispuesta en el canchón de la planta, donde, luego del correspondiente pesaje, ingresa al proceso productivo por la mesa alimentadora.

4.4.11.2 Insumos

Los insumos se almacenan en sus respectivos depósitos. Con el fin de evitar cualquier tipo de interacción entre ellos, se le asigna a cada uno un depósito distinto.

Cada almacén cuenta con la ventilación y la temperatura adecuados para el insumo en cuestión, que se rotula y guarda de manera hermética para evitar que pierda sus propiedades, además de procurar por la seguridad de los colaboradores y las instalaciones.

4.4.11.3 Producto final

El bioetanol se almacena en tres tanques de 500 m³ cada uno. Es retirado de la planta por los mismos clientes, por lo que se encuentra debidamente coordinado su almacenamiento y despacho. Antes de ser liberado para despacho, se realizan los análisis correspondientes para asegurar que el producto cumple con todas las condiciones necesarias y efectivamente se encuentra apto para despacho.

Es importante mencionar, que el bioetanol es un producto higroscópico. Esto significa que tiene la capacidad de absorber la humedad del medio que lo rodea. Esta propiedad obliga a que el producto se gestione con gran cuidado, dado que la mínima presencia del agua en el bioetanol implicaría un inconveniente grave, y debería reprocesarse.

4.4.12 Evaluación de impacto ambiental

A continuación, se presenta la matriz de Leopold utilizada para evaluar el nivel de impacto ambiental del proyecto.

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL			ACCIONES IMPACTANTES														
MATRIZ DE LEOPOLD			FASE DE CONSTRUCCIÓN							FASE DE OPERACIÓN							
MEDIO AFECTADO		EFECTO	Movimiento de suelo	Residuos	Tráfico de vehículos	Acopio de materiales	Maquinaria pesada	Montaje de módulos habitacionales	Construcción	Proceso productivo	Tráfico de vehículos	Fallos operativos	Residuos sólidos	Derrame	Mantenimiento	IMPACTO TOTAL	
MEDIO NATURAL	SUELO	GEOLOGÍA	3											2		0,36	
		CALIDAD	3	1	1		1	1	1		1				3		0,86
	SUPERFICIAL	HIDROLOGÍA	1										3	1	1		0,43
	AIRE	EMISIÓN DE GASES	2		1		2		2	1	2						0,71
		MATERIAL PARTICULADO	3		1		1		3	1	1						0,71
	PAISAJE	CALIDAD	1	3		1		1	2	1				2	1		0,86
	FLORA	ESTRUCTURA	1	2													0,21
	FAUNA	HÁBITAT	1	1			2	1	1						1		0,5
MEDIO SOCIOECONÓMICO	POBLACIÓN	NIVEL DE EMPLEO														0	
		OFERTA DE MANO DE OBRA														0	
		CONGESTIÓN DEL TRÁFICO			2				1	1	1					0,36	
	ECONOMÍA	GENERACIÓN DE EMPLEO														0	

Tabla 36 - Matriz de Leopold - Evaluación de impacto ambiental⁷⁰

La evaluación se realiza bajo la siguiente escala de valores, en función al nivel de incidencia de cada acción en los respectivos medios.

SIN INCIDENCIA	0
BAJA INCIDENCIA	1
MODERADA INCIDENCIA	2
ALTA INCIDENCIA	3

Tabla 37 - Escala de valores para Matriz de Leopold

El resultado global obtenido es muy bueno, dado que las incidencias de las acciones en los diferentes medios no son graves. La ejecución del proyecto no involucra daños medioambientales ni sociales severos.

⁷⁰ Fuente: elaboración propia.

MARCO LEGAL

4.5 Tipo de sociedad

Se analizan las diferentes posibilidades para definir el tipo societario más conveniente para el proyecto de inversión en una planta productora de bioetanol anhidro, localizada en Banda del Río Salí, Departamento de Cruz Alta, provincia de Tucumán, República Argentina. En el país, las sociedades más utilizadas son la sociedad anónima (S.A.) y la sociedad de responsabilidad limitada (S.R.L.). Además, con menor frecuencia, se observa una nueva forma: la sociedad por acciones simplificada (S.A.S.). La diferencia más importante radica en la limitación de la responsabilidad de los socios debido a las operaciones comerciales.

Se determina, luego del análisis, que la forma societaria más conveniente para el proyecto es la sociedad anónima. Esta no tiene un límite de socios, permite el ingreso y/o egreso de integrantes a la sociedad de una manera ágil. El capital se divide en acciones y estas pueden venderse, transferirse, o incluso hasta heredarse. El mínimo que se debe aportar para lograr conformarla es de \$100.000, y es posible iniciar con el 25% de dicha suma, completando el resto durante los siguientes 2 años desde el comienzo.

La responsabilidad de los socios se limita a sus aportes.

Los principales roles que deben establecerse son: un directorio, un gobierno, y un/a presidente. El directorio debe estar conformado por personas elegidas por los accionistas, que se ocupen de la administración de la sociedad. Por su parte, el gobierno, se integra por los accionistas, quienes tienen la obligación de convocar una asamblea una vez al año. Finalmente, el/la presidente es la figura que representa a la sociedad.

4.5.1 Regulaciones de la actividad del proyecto

El proceso de producción de bioetanol anhidro se divide en dos grandes sectores. El primero es la obtención del alcohol hidratado, es decir, alcohol con aproximadamente un 95% de concentración. El segundo sector es la obtención del producto final: alcohol anhidro o deshidratado, con una concentración mayor o igual a 99,5 %, lo que lo vuelve apto para su mezcla con naftas.

Cada uno de estos sectores productivos se encuentra regulado por un ente diferente, por lo que es indispensable que cada uno posea una sociedad jurídica distinta.

En tal sentido, la destilería se encuentra regulada por el Instituto Nacional de Vitivinicultura, para lo cual se forma Bioenergía Cruz Alta S.A.

Por su parte, el sector de la deshidratadora se encuentra bajo la regulación de la Secretaría de Energía de la Nación, para lo cual se forma Bioetanol Cruz Alta S.A.

4.6 Marco normativo

A continuación, se expone una tabla que muestra el marco legal a nivel nacional, que regula las actividades de la planta productora de bioetanol.

<i>NORMATIVA NACIONAL - ARGENTINA</i>			
TIPO DE NORMA	N°	TÍTULO O DETALLE	ÁMBITO
LEY	27.640	MARCO REGULATORIO DE BIOCOMBUSTIBLES	NORMATIVA GENERAL
RESOLUCIÓN SAyDS	177/07	POLÍTICA AMBIENTAL	NORMATIVA GENERAL
RESOLUCIÓN SAyDS	1639/07	CATEGORIZACIÓN DE LAS INDUSTRIAS SEGÚN NIVEL DE COMPLEJIDAD AMBIENTAL	NORMATIVA GENERAL
LEY	25.675	LEY GENERAL DEL AMBIENTE	IMPACTO AMBIENTAL
LEY	26.815	LEY DE MANEJO DE FUEGO	SEGURIDAD E HIGIENE
LEY	19.587	LEY DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO	SEGURIDAD E HIGIENE
RESOLUCIÓN	84/12	MEDICIÓN DE LA ILUMINACIÓN EN EL AMBIENTE LABORAL	SEGURIDAD E HIGIENE
RESOLUCIÓN	85/12	MEDICIÓN DEL NIVEL DE RUIDO EN EL AMBIENTE LABORAL	SEGURIDAD E HIGIENE
LEY	24.557	LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS DEL TRABAJO	SEGURIDAD E HIGIENE
RESOLUCIONES SRT	463/09 529/09	TIPO ART CUMPLIMIENTO DE NORMAS DE SALUD, HIGIENE, Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO	SEGURIDAD E HIGIENE
RESOLUCIÓN SRT	103/05	SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA SEGURIDAD Y LA SALUD EN EL TRABAJO	SEGURIDAD E HIGIENE
DECRETO	1338/96	SERVICIOS DE MEDICINA Y DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO	SEGURIDAD E HIGIENE
LEY	24.051	ESTÁNDARES DE EMISIONES GASEOSAS Y RESIDUOS PELIGROSOS	EMISIONES A LA ATMÓSFERA
LEY	13.577	LEY PARA LA ADMINISTRACIÓN GENERAL DE OBRAS SANITARIAS DE LA NACIÓN	RECURSO HÍDRICO
LEY	26.221	PRESTACIÓN DEL SERVICIO DE PROVISIÓN DE AGUA POTABLE CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN HÍDRICA	RECURSO HÍDRICO
LEY	24.051	LEY MARCO DE RESIDUOS PELIGROSOS	RESIDUOS
LEY	25.612	GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS INDUSTRIALES	RESIDUOS
RESOLUCIÓN SDSyPA	1076/01	PROGRAMA NACIONAL DE BIOCOMBUSTIBLES	ENERGÍA
LEY	24.566	LEY NACIONAL DE ALCOHOLES	NORMATIVA GENERAL
RESOLUCIÓN	4/19	CLASIFICACIÓN DE LOS ALCOHOLES ETILICOS	NORMATIVA GENERAL
RESOLUCIÓN	2/13	DESNATURALIZACIÓN	NORMATIVA GENERAL
LEY	24.051	GESTIÓN DE RESIDUOS	RESIDUOS
RESOLUCIÓN	263/21	GENERACIÓN, TRANSPORTE, Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS	RESIDUOS

Tabla 38 - Marco legal a nivel nacional

A continuación, se presenta una tabla que muestra el marco legal a nivel provincial, que regula las actividades de la planta productora de bioetanol.

<i>NORMATIVA PROVINCIAL - TUCUMÁN</i>			
TIPO DE NORMA	N°	TÍTULO O DETALLE	ÁMBITO
LEY	6.253	NORMAS GENERALES Y METODOLOGÍA DE APLICACIÓN PARA LA DEFENSA, CONSERVACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL AMBIENTE	NORMATIVA GENERAL
DECRETO REGLAMENTARIO	2204/3 MP-91	PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EAI)	IMPACTO AMBIENTAL
RESOLUCIÓN	25/04	LISTADO DE ACCIONES U OBRAS SUJETAS AL PROCEDIMIENTO DE EAI	IMPACTO AMBIENTAL
RESOLUCIÓN	284/00	CERTIFICADO DE FACTIBILIDAD DE NO INUNDABILIDAD PARA EJECUCIÓN DE UN EMPRENDIMIENTO PRODUCTIVO	NORMATIVA GENERAL
LEY	7.247	CENTRO DE INFORMACIÓN AMBIENTAL PÚBLICA	NORMATIVA GENERAL
LEY	7.393	ADHESIÓN A LA LEY GENERAL DEL AMBIENTE (N°25.675)	NORMATIVA GENERAL
LEY	7.594	INSTITUTO DE DESARROLLO PRODUCTIVO DE TUCUMÁN (MARCA TUCUMÁN)	NORMATIVA GENERAL
RESOLUCIÓN	294/89	NORMAS DE CALIDAD DE AIRE VALORES GUÍA	EMISIONES A LA ATMÓSFERA
LEY	6.529	PROVISIÓN DE SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y RECOLECCIÓN DE EFLUENTES	RECURSO HÍDRICO
LEY	7.139	CÓDIGO DE AGUAS	RECURSO HÍDRICO
DECRETO REGLAMENTARIO	480/03	DEL DOMINIO DE LAS AGUAS	RECURSO HÍDRICO
RESOLUCIÓN SIPROSA	1265/03	DESCARGA DE LÍQUIDOS RESIDUALES Y NIVELES DE CALIDAD DE EFLUENTES INDUSTRIALES	RECURSO HÍDRICO
RESOLUCIÓN SEMA	30/09	TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE EFLUENTES GENERADOS POR DESTILERÍAS DE ALCOHOL	RECURSO HÍDRICO
LEY	6.292	RECURSOS NATURALES RENOVABLES	FLORA Y FAUNA
LEY	7.076	RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) DISPOSICIÓN FINAL	RESIDUOS
LEY	7.622	GENERACIÓN, MANIPULACIÓN, TRANSPORTE, TRANSFERENCIA, TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RSU	RESIDUOS
LEY	7.248	USO SEGURO DE FITOSANITARIOS	SUSTANCIAS QUÍMICAS
LEY	8.054	ADHESIÓN A LEYES N°26.334 Y N°26.093	ENERGÍA
LEY	9.151	LEY IMPOSITIVA (IIBB = 1,5% : FABRICACIÓN)	IMPOSITIVO

Tabla 39 - Marco legal a nivel provincial

ESTUDIO ECONÓMICO FINANCIERO

4.7 Proyección de la demanda

Como se detalla [anteriormente](#)⁷¹, la proyección de la demanda de bioetanol de caña de azúcar se obtiene mediante un modelo econométrico en el que los regresores y sus series de datos están directamente relacionados. Todas las cuestiones relevantes fueron detalladas en dicho punto del informe.

Adicionalmente, a continuación se presenta un gráfico comparativo de los datos históricos de demanda de bioetanol de caña de azúcar y la proyección realizada.

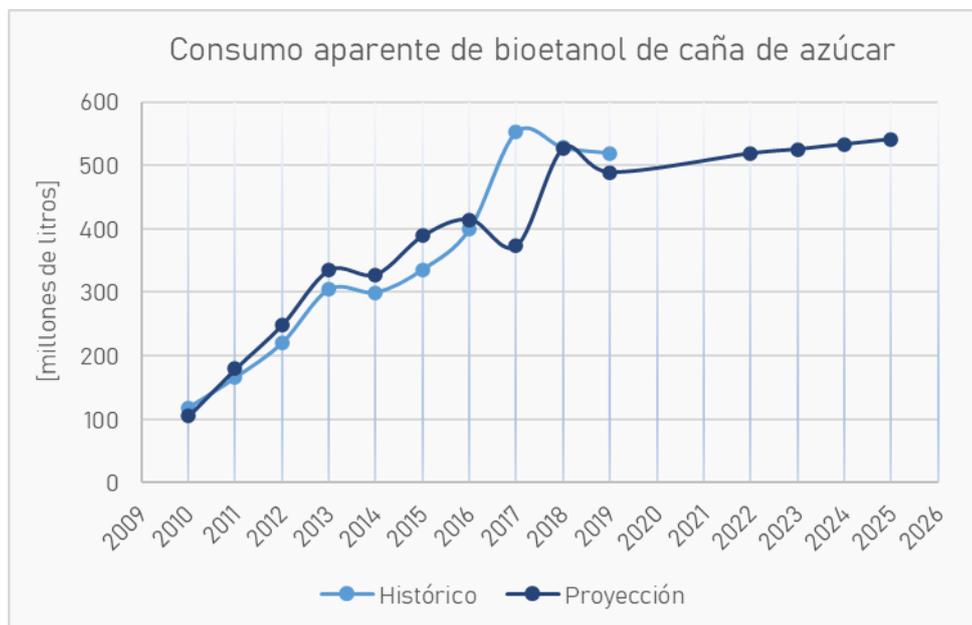


Ilustración 49 - Proyección de la demanda de bioetanol de caña de azúcar⁷²

Como puede observarse, existe un salto en el año 2017 entre los datos históricos y la proyección, donde esta última indica una demanda anual menor a 400 millones de litros de bioetanol carburante, y el dato histórico muestra una demanda mayor a 550 millones de litros. La explicación de lo sucedido radica en que en el año 2016 se promulga la Resolución 37/2016 asociada al Régimen de Regulación y Promoción para la Producción y Uso Sustentables de Biocombustibles en el territorio de la República Argentina, donde se eleva a 12% la obligación del porcentaje de mezcla de bioetanol con naftas.

⁷¹ Ver Capítulo 3.4 Análisis y proyección de la demanda.

⁷² Elaboración propia.

4.8 Cuadros de resultados proyectado

En el siguiente cuadro se exponen los resultados proyectados expresados en pesos argentinos, para los 5 años del proyecto. En el mismo, los ingresos se deben únicamente a la venta de bioetanol anhidro.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingreso por ventas	7.207.781.269	10.111.669.751	13.972.753.952	19.145.668.069	26.680.518.671
Costo de la mercadería vendida	(4.764.478.053)	(7.108.347.401)	(10.352.722.245)	(14.877.401.398)	(21.643.772.726)
Gastos de FABRICACIÓN	(29.797.468)	(43.810.331)	(63.051.442)	(89.734.382)	(129.510.852)
Gastos de COMERCIALIZACIÓN	(4.632.889)	(561.408)	(807.973)	(1.149.902)	(1.659.618)
Gastos de ADMINISTRACIÓN	(103.127.138)	(212.958.072)	(422.653.075)	(824.314.031)	(1.659.972.610)
Impuesto a los Ingresos Brutos	(180.194.532)	(252.791.744)	(349.318.849)	(478.641.702)	(667.012.967)
EBITDA	2.125.551.189	2.493.200.795	2.784.200.366	2.874.426.654	2.578.589.898
Depreciación y amortización de activos	(428.095.087)	(253.815.534)	(254.483.195)	(255.177.950)	(256.533.702)
EBIT	1.697.456.102	2.239.385.260	2.529.717.171	2.619.248.704	2.322.056.196
Gastos financieros	12.909.459	283.735.453	215.650.828	149.915.749	88.411.004
Resultado antes de impuestos	1.710.365.561	2.523.120.713	2.745.367.999	2.769.164.453	2.410.467.200
Impuesto a las Ganancias	(598.627.946)	(883.092.250)	(960.878.800)	(969.207.558)	(843.663.520)
Resultado después de impuestos	1.111.737.615	1.640.028.464	1.784.489.200	1.799.956.894	1.566.803.680

Tabla 40 - Cuadro de resultados proyectado

En el siguiente cuadro, los ingresos se deben tanto a la venta de bioetanol anhidro como a la venta de la energía eléctrica generada por la quema de bagazo.

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ingreso por ventas	8.966.574.283	11.870.462.765	15.731.546.966	20.904.461.083	28.439.311.685
Costo de la mercadería vendida	(4.764.478.053)	(7.108.347.401)	(10.352.722.245)	(14.877.401.398)	(21.643.772.726)
Gastos de FABRICACIÓN	(29.797.468)	(43.810.331)	(63.051.442)	(89.734.382)	(129.510.852)
Gastos de COMERCIALIZACIÓN	(4.632.889)	(561.408)	(807.973)	(1.149.902)	(1.659.618)
Gastos de ADMINISTRACIÓN	(103.127.138)	(212.958.072)	(422.653.075)	(824.314.031)	(1.659.972.610)
Impuesto a los Ingresos Brutos	(224.164.357)	(296.761.569)	(393.288.674)	(522.611.527)	(710.982.792)
EBITDA	3.840.374.378	4.208.023.983	4.499.023.555	4.589.249.843	4.293.413.087
Depreciación y amortización de activos	(428.095.087)	(253.815.534)	(254.483.195)	(255.177.950)	(256.533.702)
EBIT	3.412.279.291	3.954.208.449	4.244.540.360	4.334.071.893	4.036.879.385
Gastos financieros	12.909.459	283.735.453	215.650.828	149.915.749	88.411.004
Resultado antes de impuestos	3.425.188.750	4.237.943.902	4.460.191.188	4.483.987.641	4.125.290.388
Impuesto a las Ganancias	(1.198.816.062)	(1.483.280.366)	(1.561.066.916)	(1.569.395.674)	(1.443.851.636)
Resultado después de impuestos	2.226.372.687	2.754.663.536	2.899.124.272	2.914.591.967	2.681.438.752

Tabla 41 - Cuadro de resultados proyectado (incluye ingresos por venta de energía eléctrica)

4.9 Flujo de fondos proyectado

	Período 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
EBIT		1.697.456.102	2.239.385.260	2.529.717.171	2.619.248.704	2.322.056.196
Depreciaciones y Amortizaciones		428.095.087	428.095.087	428.095.087	428.095.087	428.095.087
Δ NOF		(147.874.712)	(78.112.081)	(109.446.938)	(154.407.816)	(232.586.408)
Impuesto a las Ganancias hipotético		(594.109.636)	(783.784.841)	(885.401.010)	(916.737.046)	(812.719.669)
Flujo de caja de las OPERACIONES		1.383.566.841	1.805.583.425	1.962.964.310	1.976.198.929	1.704.845.207
Recupero IVA Inversión		506.169.634	1.450.435	2.103.131	3.007.478	4.270.619
Inversión Activos Fijos & CAPEX	(4.319.718.583)	(4.666.781)	(6.906.836)	(10.014.912)	(14.321.324)	(20.336.279)
IVA Inversión	(907.140.903)	(980.024)	(1.450.435)	(2.103.131)	(3.007.478)	(4.270.619)
Flujo de caja de las INVERSIONES	(5.226.859.486)	500.522.829	(6.906.836)	(10.014.912)	(14.321.324)	(20.336.279)
Escudo Fiscal		4.518.311	99.307.409	75.477.790	52.470.512	30.943.851
Aporte Cap. Propio & Capitaliz. Utilidades	3.726.859.486		187.569.852	61.962.427	71.888.818	74.471.618
Ingresos Financieros	1.500.000.000					
Egresos Financieros						
Amortización de Capital			(375.000.000)	(375.000.000)	(375.000.000)	(375.000.000)
Intereses		(12.909.459)	(283.735.453)	(215.650.828)	(149.915.749)	(88.411.004)
Dividendos pagados			(3.364.638.826)	(848.721.626)	(1.720.469.747)	(1.680.800.147)
Flujo de caja del FINANCIAMIENTO	5.226.859.486	(8.391.148)	(3.736.497.019)	(1.301.932.237)	(2.121.026.166)	(2.038.795.681)
Caja Inicial			1.875.698.522	(62.121.907)	588.895.255	429.746.694
Flujo de caja NETO		1.875.698.522	(62.121.907)	588.895.255	429.746.694	75.459.940

Tabla 42 - Flujo de fondos proyectado

A continuación se presenta el flujo de fondos proyectado en donde el EBIT incluye ingreso por ventas de energía eléctrica.

	Período 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
EBIT		3.412.279.291	3.954.208.449	4.244.540.360	4.334.071.893	4.036.879.385
Depreciaciones y Amortizaciones		428.095.087	428.095.087	428.095.087	428.095.087	428.095.087
Δ NOF		(147.874.712)	(78.112.081)	(109.446.938)	(154.407.816)	(232.586.408)
Impuesto a las Ganancias hipotético		(1.194.297.752)	(1.383.972.957)	(1.485.589.126)	(1.516.925.162)	(1.412.907.785)
Flujo de caja de las OPERACIONES		2.498.201.914	2.920.218.498	3.077.599.383	3.090.834.001	2.819.480.279
Recupero IVA Inversión		506.169.634	1.450.435	2.103.131	3.007.478	4.270.619
Inversión Activos Fijos & CAPEX	(4.319.718.583)	(4.666.781)	(6.906.836)	(10.014.912)	(14.321.324)	(20.336.279)
IVA Inversión	(907.140.903)	(980.024)	(1.450.435)	(2.103.131)	(3.007.478)	(4.270.619)
Flujo de caja de las INVERSIONES	(5.226.859.486)	500.522.829	(6.906.836)	(10.014.912)	(14.321.324)	(20.336.279)
Escudo Fiscal		4.518.311	99.307.409	75.477.790	52.470.512	30.943.851
Aporte Cap. Propio & Capitaliz. Utilidades	3.726.859.486		299.033.359	117.694.181	127.620.572	130.203.372
Ingresos Financieros	1.500.000.000					
Egresos Financieros						
Amortización de Capital			(375.000.000)	(375.000.000)	(375.000.000)	(375.000.000)
Intereses		(12.909.459)	(283.735.453)	(215.650.828)	(149.915.749)	(88.411.004)
Dividendos pagados			(5.370.981.957)	(2.225.295.940)	(2.901.146.948)	(2.851.682.492)
Flujo de caja del FINANCIAMIENTO	5.226.859.486	(8.391.148)	(5.631.376.642)	(2.622.774.798)	(3.245.971.613)	(3.153.946.273)
Caja Inicial			2.990.333.594	272.268.615	717.078.288	547.619.352
Flujo de caja NETO		2.990.333.594	272.268.615	717.078.288	547.619.352	192.817.080

Tabla 43 - Flujo de fondos proyectado (incluye ingresos por venta de energía eléctrica)

4.10 Rentabilidad

4.10.1 Ingresos por venta de bioetanol anhidro

4.10.1.1 Rentabilidad del proyecto

	Período 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Free cash flow		4.518.311	99.307.409	75.477.790	52.470.512	30.943.851
Valor terminal del proyecto						75.459.940
Free cash flow con valor residual	(5.226.859.486)	1.888.607.981	1.897.983.999	2.028.427.188	2.014.348.117	1.790.912.718

$$TIR_{\text{PROYECTO}} = 24,53\%$$

Tabla 44 - Rentabilidad del proyecto

4.10.1.2 Rentabilidad del accionista

	Período 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Equity cash flow	(3.726.859.486)	1.875.698.522	1.239.248.545	1.437.776.360	1.489.432.368	1.252.041.775
Valor terminal del proyecto						75.459.940
Equity cash flow con valor residual	(3.726.859.486)	3.738.487.585	893.391.185	1.811.020.787	1.769.263.313	1.314.550.651

$$TIR_{\text{ACCIONISTA}} = 54,92\%$$

Tabla 45 - Rentabilidad del accionista

4.10.1.3 Ke y WACC

El costo de capital empresario (K_e) es equivalente a 30,24 %, mientras que el costo promedio ponderado de capital (WACC) es igual a 28,97 %.

Es así que, si bien la TIR del accionista (54,92%) es mayor al K_e y eso indica que el proyecto es rentable para el mismo, la TIR del proyecto (24,53%) es menor al WACC, por lo que el proyecto no es rentable.

4.10.2 Incluyendo ingresos por venta de energía eléctrica

4.10.2.1 Rentabilidad del proyecto

	Período 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Free cash flow		4.518.311	99.307.409	75.477.790	52.470.512	30.943.851
Valor terminal del proyecto						192.817.080
Free cash flow con valor residual	(5.226.859.486)	3.003.243.053	3.012.619.071	3.143.062.261	3.128.983.190	3.022.904.931

$$TIR_{\text{PROYECTO}} = 50,78\%$$

Tabla 46 - Rentabilidad del proyecto (incluyendo ingresos por venta de energía eléctrica)

4.10.2.2 Rentabilidad del accionista

	Período 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Equity cash flow	(3.726.859.486)	2.990.333.594	2.353.883.618	2.552.411.433	2.604.067.441	2.366.676.848
Valor terminal del proyecto						192.817.080
Equity cash flow con valor residual	(3.726.859.486)	5.967.757.730	2.342.416.779	3.053.838.893	3.001.771.045	2.663.900.004

$$TIR_{\text{ACCIONISTA}} = 117,41\%$$

Tabla 47 - Rentabilidad del accionista (incluyendo ingresos por venta de energía eléctrica)

4.10.2.3 Ke y WACC

El costo de capital empresario (K_e) es equivalente a 30,24 %, mientras que el costo promedio ponderado de capital (WACC) es igual a 28,97 %.

En este caso, la TIR del accionista es mayor al K_e , al igual que la TIR del proyecto es mayor al WACC. Por lo que el proyecto es rentable tanto en sí mismo como para el accionista.

4.11 Valor del proyecto

4.11.1 Ingresos por venta de bioetanol anhidro

Para calcular el valor actual neto del proyecto se utiliza el WACC de 28,97% como tasa de descuento. Teniendo en cuenta que los ingresos por venta se deben únicamente a la venta del bioetanol anhidro: VAN = -\$445.825.767. Lo que indica que el proyecto no es rentable.

4.11.2 Incluyendo ingresos por venta de energía eléctrica

Para calcular el valor actual neto del proyecto se utiliza el WACC de 28,97% como tasa de descuento. En este caso, los ingresos por venta están formados por la venta de bioetanol anhidro y de energía eléctrica. Esto arroja un valor de VAN = \$2.356.318.387. Lo que indica que el proyecto genera beneficios, es decir, es rentable.

4.12 Análisis del riesgo del proyecto

Con el fin de evaluar el nivel de riesgo del proyecto, se realiza una simulación MonteCarlo. Para ello, previamente se analiza la sensibilidad del proyecto, obteniendo que las variables críticas son los ingresos por ventas y los costos directos de producción.

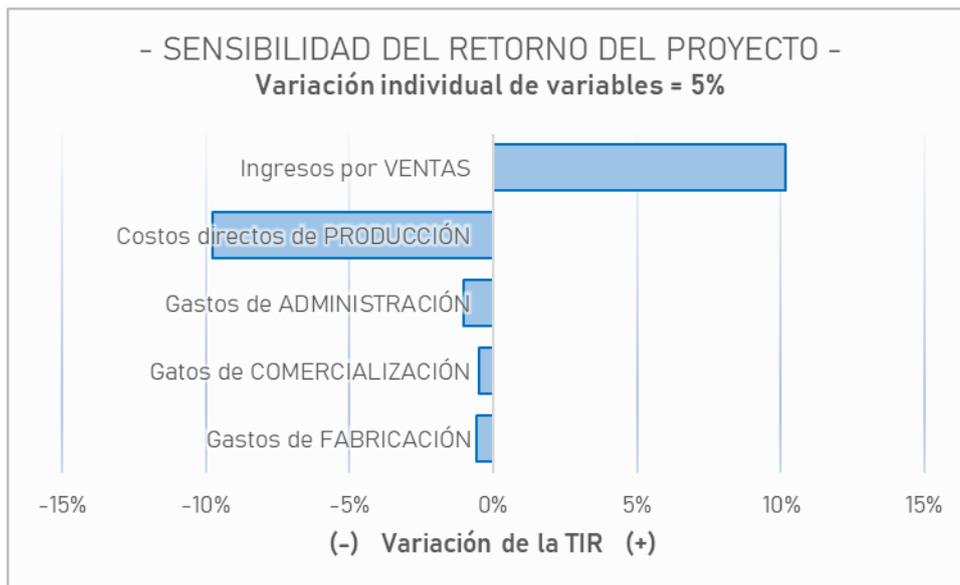


Ilustración 50 - Sensibilidad del retorno del proyecto

A continuación, se presentan los resultados de la simulación de 400.000 iteraciones y 95% de intervalo de confianza.

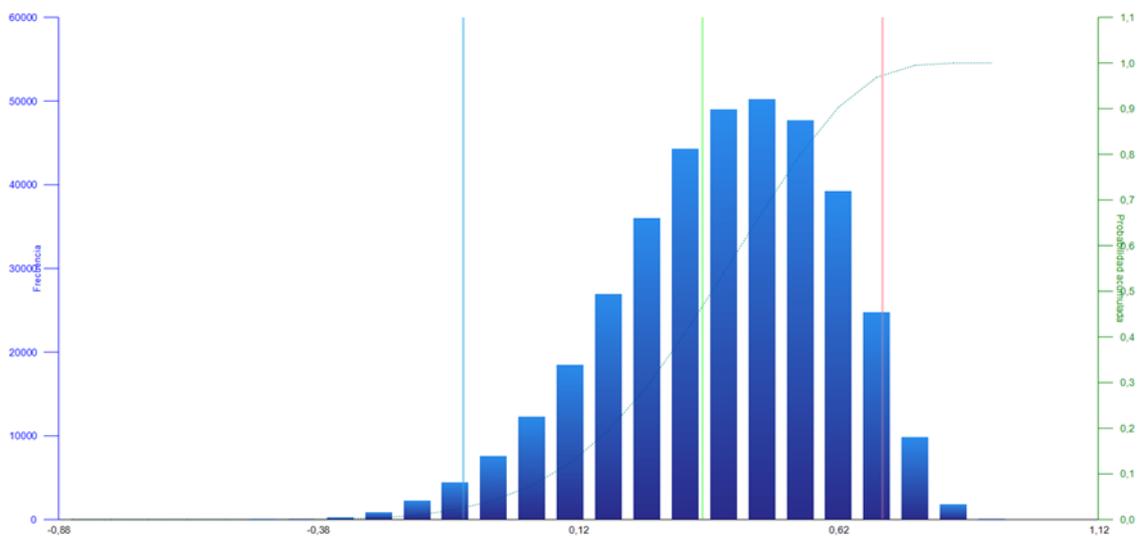


Ilustración 51 - Simulación MonteCarlo – Distribución de probabilidad de la TIR del proyecto

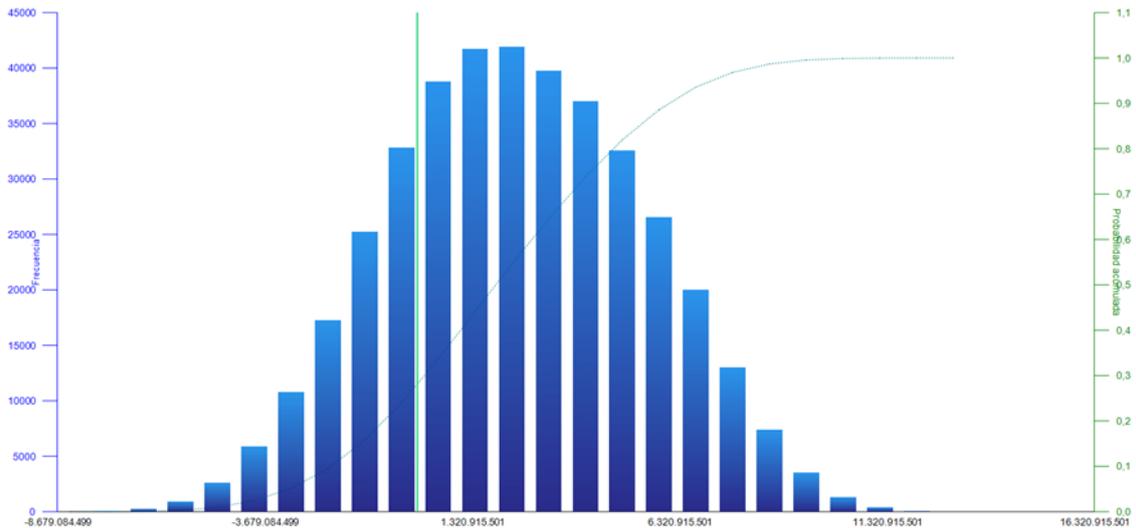


Ilustración 52 - Simulación MonteCarlo – Distribución de probabilidad del VAN del proyecto

El VAN, al 95% de confianza, posee una media de \$1.943.928.198, y una probabilidad del 72% de ser mayor o igual a cero, o dicho de otra forma, posee un 28% de probabilidades de ser negativo.

Por su parte, la TIR posee un 68% de probabilidades de ser mayor o igual al WACC. Es decir, el proyecto posee un 32% de riesgo de no ser rentable.

A continuación, se exponen sus valores críticos.

Mínimo	-93,00%
Límite Inf. (0,95)	-10,34%
Media	35,67%
Límite Sup. (0,95)	70,31%
Máximo	91,31%

4.13 Cuadro de inversión, IVA y depreciaciones

A continuación, se presenta el cuadro de inversión proyectado en el horizonte de planeamiento del proyecto.

	Período 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Activos fijos						
Terreno	12.512.775					
Obra civil e instalaciones	500.511.000					
Maquinaria y equipamiento nacional CAPEX (Año 1 al 5)	3.753.832.500	4.804.906	7.111.260	10.311.327	14.745.198	20.938.181
Activos nominales						
Estudios y consultoría	780.000					
Gastos preoperativos	174.740.906					
Total NETO DE IVA	4.442.377.181	4.804.906	7.111.260	10.311.327	14.745.198	20.938.181
Total IVA	932.899.208	1.009.030	1.493.365	2.165.379	3.096.492	4.397.018
Total de la inversión	5.375.276.389	5.813.936	8.604.625	12.476.706	17.841.690	25.335.200

Tabla 48 - Cuadro de inversiones proyectado

	Período 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Terreno	2.627.683					
Obra civil e instalaciones	105.107.310					
Maquinaria y equipamiento nacional CAPEX (Año 1 al 5)	788.304.825	1.009.030	1.493.365	2.165.379	3.096.492	4.397.018
Estudios y consultoría	163.800					
Gastos preoperativos	36.695.590					
Total IVA	932.899.208	1.009.030	1.493.365	2.165.379	3.096.492	4.397.018

Tabla 49 - Cálculo del IVA de la inversión

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Terreno					
Obra civil e instalaciones	10.010.220	10.010.220	10.010.220	10.010.220	10.010.220
Maquinaria y equipamiento nacional CAPEX (Año 1 al 5)	250.255.500	250.255.500	250.255.500	250.255.500	250.255.500
Estudios y consultoría	320.327	794.411	1.481.833	2.464.846	3.860.725
Gastos preoperativos	260.000	260.000	260.000		
Total	435.586.953	261.320.131	262.007.553	262.730.566	264.126.445

Tabla 50 - Cálculo de depreciaciones y amortizaciones

4.14 Financiamiento

A continuación, se expone un cuadro con las principales características del financiamiento. La entidad prestadora es el banco BICE, también conocido como Banco Argentino de Desarrollo.

Moneda	Pesos argentinos
Sistema de amortización	Alemán
Monto [\$]	1.500.000.000
Plazo [meses]	72
Período de gracia [meses]	24
Tasa nominal anual	20%
Tasa proporcional mensual	1,7%
Porcentaje de la inversión a financiar	35%
Comisión flat	1%

Tabla 51 - Características del crédito

	Período 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Amortización			375.000.000	375.000.000	375.000.000	375.000.000
Intereses	157.740.906		265.625.000	190.625.000	115.625.000	40.625.000
Comisión flat	15.000.000					
Total costo del servicio de la deuda	172.740.906		640.625.000	565.625.000	490.625.000	415.625.000

Tabla 52 - Marcha del crédito

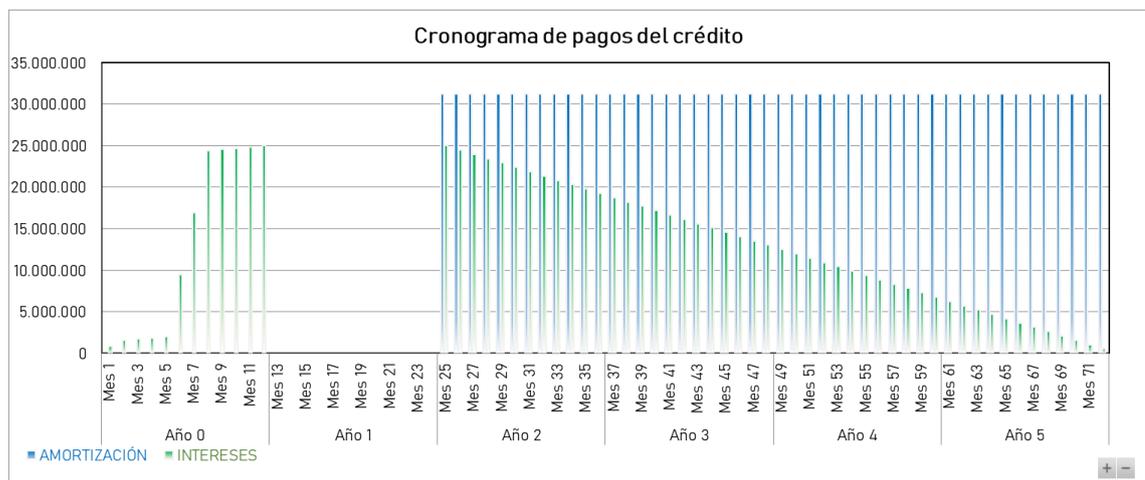


Tabla 53 - Cronograma de pagos del crédito

4.15 Datos de producción

INSUMOS	Consumo	Costo [\$]	Aplic. IVA	Alíc. IVA	Costo [\$ / h]	IVA [\$]	Costo [\$ / L]
Caña de azúcar	78,49 t/h	5.500	100%	21%	431,695	90655,95	69,07
Saccharomyces cerevisiae	0,89 kg/h	2.610	100%	21%	2.317,68	486,71	0,37
Sulfato de amonio	8,60 kg/h	464	100%	21%	3.991,69	838,25	0,64
Fosfato diamónico	2,39 kg/h	2.668	100%	21%	6.375,94	1338,95	1,02
Sulfato de magnesio	1,43 kg/h	1.035,3	100%	21%	1.484,04	311,65	0,24
Benzoato de denatonio	62,50 g/h	17,01	100%	21%	1.063,39	223,31	0,17
Agua de infiltración	27,47 t/h	20,29	100%	27%	557,47	150,52	0,09
Energía eléctrica	3500 kWh	8,80	100%	27%	30.808,57	8318,31	4,93
M.O.D	1		0%	0%	0,00	0,00	3,45

Tabla 54 - Consumos específicos, precios unitarios, y alícuotas impositivas

IVA nivel general =	21%
IVA electricidad/agua/gas =	27%
IVA bienes de uso =	21%
IIBB =	2,5%
Ganancias =	35%
Tasa Municipal (\$/año) =	\$ 768.000
Tributo Económico Municipal =	0,8%
Impuesto a los Combustibles líquidos (ICL) =	0%
Impuesto al Dióxido de Carbono (ICO2) =	0%

Tabla 55 - Alícuotas impositivas⁷³

	Sin Inflacionar Período 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Caña de azúcar	2.963.056.713	4.385.323.935	6.542.669.658	9.528.859.225	13.693.467.302	19.921.375.125
Saccharomyces cerevisiae	15.908.031	23.543.885	35.126.222	51.158.449	73.517.357	106.953.689
Sulfato de amonio	27.398.059	40.549.127	60.497.138	88.109.096	126.617.362	184.204.038
Fosfato diamónico	43.762.980	64.769.210	96.632.211	140.736.853	202.246.192	294.229.516
Sulfato de magnesio	10.186.102	15.075.431	22.491.740	32.757.366	47.074.042	68.483.726
Benzoato de denatonio	7.298.894	10.802.363	16.116.550	23.472.427	33.731.101	49.072.298
Agua de infiltración	3.826.315	5.662.946	8.448.814	12.305.001	17.682.927	25.725.276
Energía eléctrica	0	0	0	0	0	0
M.O.D	147.804.835	218.751.155	326.365.069	475.323.829	683.065.114	993.729.059
Total [\$]	3.219.241.928	4.764.478.053	7.108.347.401	10.352.722.245	14.877.401.398	21.643.772.726

Tabla 56 - Costos directos de producción, netos de IVA

4.16 Energía eléctrica

DETALLE DE EQUIPOS / ZONA PRODUCTIVA	POTENCIA NOMINAL [kW]	HORARIO			CONSUMO ENERGÉTICO [\$/kWh]			TOTAL [\$/día]
		RESTO	PICO	VALLE	RESTO	PICO	VALLE	
		6 a 18 h	18 a 23 h	23 a 18 h	\$ 16,9506	\$ 16,9587	\$ 16,9436	
		TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO [h/día]			TARIFA 4 - GRANDES DEMANDAS - P > 300 kW			
PLANTA DE PRODUCCION COMPLETA (equipos, bombas, PLC's, cintas transportadoras, etc.)	2879	12	5	7	577.556,4	240.763,5	336.768,8	1.155.088,7
Iluminación de PRODUCCIÓN	12,5	12	5	7	2.288,3	953,9	1.334,3	4.576,6
Iluminación de LABORATORIO	11,2	12	5	7	2.050,3	854,7	1.195,5	4.100,6
Equipamiento de LABORATORIO	5,6	12	5	7	1.025,2	427,4	597,8	2.050,3
Iluminación de BAÑOS Y COMEDOR	6,3	12	5	7	1.153,3	480,8	672,5	2.306,6
Iluminación de ÁREA DE MANTENIMIENTO	4,3	12	5	7	787,2	328,2	459,0	1.574,3
Iluminación EXTERIOR	3,7	12	5	7	677,3	282,4	395,0	1.354,7
Iluminación de OFICINAS	4,1	12	5	7	750,6	312,9	437,7	1.501,1
Equipamiento de OFICINAS	5,5	12	5	7	1.006,9	419,7	587,1	2.013,7
Equipamiento de calefacción	32,2	12	5	7	5.894,7	2.457,3	3.437,2	11.789,2
Equipamiento adicional	15	12	5	7	2.746,0	1.144,7	1.601,2	5.491,9
TOTAL DE DEMANDA DE POTENCIA	2979,4							1.191.847,7

Tabla 57 - Energía eléctrica⁷⁴

4.17 Capital de trabajo y necesidades operativas de fondo

⁷³ IIBB (Tucumán) = 2,5%; ICL e ICO₂: corresponde 0% según Artículo 22° - Ley 27.640; TEM: para la actividad corresponde 0,8% sobre el ingreso por ventas.

⁷⁴ Fuente: elaboración propia; valores obtenidos del cuadro tarifario Sep2022 de EDET S.A.

Capital de trabajo		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Activo corriente operativo						
Disponibilidades mínimas de caja y bancos	0,2 días de venta	4.303.153	6.036.818	8.341.943	11.430.250	15.928.668
Crédito - compradores mercado interno	10 días de costo prod.	142.223.225	212.189.475	309.036.485	444.101.534	646.082.768
Mora por crédito a compradores	20% % sobre el total	28.444.645	42.437.895	61.807.297	88.820.307	129.216.554
Stock de producto terminado	2 días de costo producción	28.444.645	42.437.895	61.807.297	88.820.307	129.216.554
Stock de materia prima nacional	0,7 días de consumo	9.163.363	13.671.250	19.911.049	28.613.215	41.626.754
Stock de insumos nacionales	30 días de consumo	13.857.315	20.674.376	30.110.524	43.270.393	62.950.143
Pasivo corriente operativo						
Crédito - proveedores de materia prima	1 días de consumo	13.090.519	19.530.357	28.444.356	40.876.022	59.466.791
Crédito - proveedores de insumos	2 días de consumo	923.821	1.378.292	2.007.368	2.884.693	4.196.676
Otras cuentas a pagar (TNA 0,2)*	3 días de venta	64.547.295	90.552.266	125.129.140	171.453.744	238.930.018
* Únicamente contempla el monto de los días de venta, sin intereses						
NOF		147.874.712	225.986.793	335.433.731	489.841.547	722.427.955
Δ NOF		147.874.712	78.112.081	109.446.938	154.407.816	232.586.408

Tabla 58 - Cuadro de capital de trabajo y necesidades operativas de fondo

4.18 Mano de obra

Personal	Cant.	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Sector de PRODUCCIÓN						
Gerente de producción	1	3.191.056	4.691.715	6.752.275	9.609.791	13.869.514
Supervisor de producción	4	10.672.300	15.691.166	22.582.587	32.139.384	46.385.776
Operario no especializado	25	52.731.940	77.530.203	111.580.785	158.801.011	229.192.575
Subtotales PRODUCCIÓN		63.404.240	93.221.369	134.163.372	190.940.395	275.578.351
Sector MANTENIMIENTO						
Responsable	1	2.441.840	3.590.165	5.166.934	7.353.546	10.613.145
Operario	9	17.626.896	25.916.301	37.298.512	53.082.987	76.613.030
Subtotales MANTENIMIENTO		20.068.736	29.506.466	42.465.446	60.436.533	87.226.174
Sector LABORATORIO						
Responsable de calidad	1	2.035.265	2.992.389	4.306.620	6.129.152	8.846.015
Técnico/Analista	3	6.105.794	8.977.167	12.919.860	18.387.457	26.538.046
Subtotales LABORATORIO		6.105.794	8.977.167	12.919.860	18.387.457	26.538.046
Sector ADMINISTRACIÓN						
Gerente general	1	3.627.208	5.332.976	7.675.172	10.923.252	15.765.191
Gerente de capital humano	1	3.191.056	5.332.976	7.675.172	10.923.252	15.765.191
Personal	1	2.354.958	3.462.424	4.983.090	7.091.900	10.235.520
Subtotales ADMINISTRACIÓN		9.173.222	14.128.376	20.333.434	28.938.404	41.765.902
Sector COMERCIALIZACIÓN						
Gerente comercial	1	3.191.056	5.332.976	7.675.172	10.923.252	15.765.191
Personal de ventas	2	4.251.049	6.250.190	8.995.219	12.801.934	18.476.635
Subtotales COMERCIALIZACIÓN		4.251.049	6.250.190	8.995.219	12.801.934	18.476.635
Totales	50	103.003.041	152.083.569	218.877.331	311.504.723	449.585.108

Tabla 59 - Erogaciones por remuneraciones y cargas patronales

4.19 Gastos de fabricación, comercialización y administración

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Gastos generales de FABRICACIÓN					
Insumos de laboratorio	710.400	1.044.480	1.503.206	2.139.353	3.087.662
Mantenimiento	532.800	783.360	1.127.405	1.604.515	2.315.746
Artículos de limpieza	266.400	391.680	563.702	802.257	1.157.873
Agua	177.600	261.120	375.802	534.838	771.915
Gas	444.000	652.800	939.504	1.337.096	1.929.789
Combustible	657.120	966.144	1.390.466	1.978.902	2.856.087
Fletes	444.000	652.800	939.504	1.337.096	1.929.789
Energía eléctrica	390.618	574.314	826.547	1.176.336	1.697.769
Personal	26.174.530	38.483.634	55.385.306	78.823.990	113.764.220
Subtotal FABRICACIÓN	29.797.468	43.810.331	63.051.442	89.734.382	129.510.852
Gastos generales de COMERCIALIZACIÓN					
Comunicaciones	88.800	130.560	187.901	267.419	385.958
Publicidad	266.400	391.680	563.702	802.257	1.157.873
Telefonía	26.640	39.168	56.370	80.226	115.787
Personal	4.251.049	6.250.190	8.995.219	12.801.934	18.476.635
Subtotal COMERCIALIZACIÓN	4.632.889	561.408	807.973	1.149.902	1.659.618
Gastos generales de ADMINISTRACIÓN					
Telefonía	26.640	39.168	56.370	80.226	115.787
Papelería y útiles	159.840	235.008	338.221	481.354	694.724
Artículos de limpieza	106.560	156.672	225.481	320.903	463.149
Gas	124.320	182.784	263.061	374.387	540.341
Seguros y ART	2.616.936	3.847.603	5.537.437	7.880.842	11.374.175
Personal	13.576.368	30.743.346	63.677.808	128.978.051	268.664.555
Energía eléctrica	39.704	58.376	84.014	119.568	172.569
Tasas municipales	86.476.770	177.695.115	352.470.683	686.078.700	1.377.947.310
Subtotal ADMINISTRACIÓN	103.127.138	212.958.072	422.653.075	824.314.031	1.659.972.610
Totales	137.557.495	257.329.811	486.512.491	915.198.316	1.791.143.080

Tabla 60 - Cuadro de gastos generales proyectado

4.20 Determinación de K_e y WACC

Con el fin obtener el costo de capital empresario y el costo promedio ponderado de capital, se emplea el modelo de valoración de activos financieros CAPM.

En ese sentido, en primer lugar se analiza la varianza del mercado argentino y la covarianza del presente proyecto en dicho mercado.

CÁLCULO DE VARIANZA						
Situación del mercado	Probabilidad de ocurrencia P(s)	Rm	P(s)Rm	Rm-Rm(m)	(Rm-Rm(m)) ²	P(s)(Rm-Rm(m)) ²
Altamente recesivo	3,00%	-68,96%	-2,07%	-87,63%	76,78%	2,30%
Moderadamente recesivo	39,00%	8,09%	3,15%	-10,57%	1,12%	0,44%
Actual	45,00%	24,20%	10,89%	5,53%	0,31%	0,14%
Moderada recuperación	9,00%	40,30%	3,63%	21,64%	4,68%	0,42%
Fuerte recuperación	4,00%	76,52%	3,06%	57,86%	33,48%	1,34%

18,66%

Rendimiento promedio esperado por Dividendos = 6,00%
 Rm TOTAL ESPERADO = 24,66%
 $\sigma^2_{(M)} = 0,0464$

CÁLCULO DE COVARIANZA DEL PROYECTO							
Situación del mercado	Probabilidad de ocurrencia P(s)	R (P)	P(s)R(P)	R(P) - P(s)R(P)	Rm - Rm(m)	P(s) = AxB	P(s)*C
Altamente recesivo	3,00%	-93,00%	-2,79%	-112,21%	-87,63%	98,32%	2,95%
Moderadamente recesivo	39,00%	-10,34%	-4,03%	-29,55%	-10,57%	3,12%	1,22%
Actual	45,00%	35,67%	16,05%	16,46%	5,53%	0,91%	0,41%
Moderada recuperación	9,00%	70,31%	6,33%	51,10%	21,64%	11,06%	1,00%
Fuerte recuperación	4,00%	91,31%	3,65%	72,10%	57,86%	41,72%	1,67%
			19,21%				

$\sigma_{(M, P)} = 0,0724$

Las rentabilidades esperadas para el proyecto de inversión en los diferentes escenarios proyectados, se obtienen a partir de la simulación MonteCarlo. Por su parte, las rentabilidades esperadas del mercado, son obtenidas a partir del análisis de cierres del Merval, desde el año 2003 al 2021.

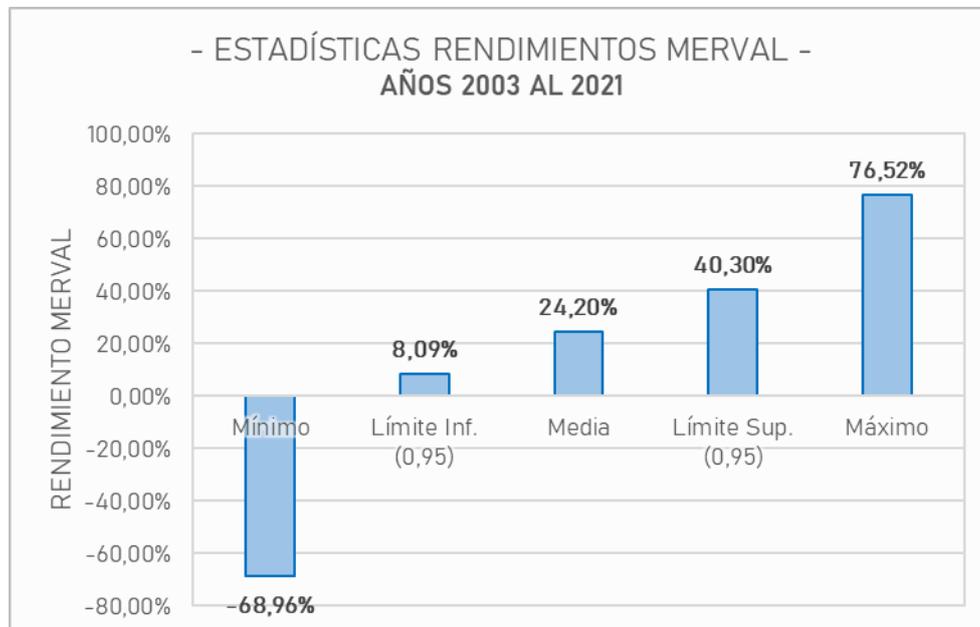


Ilustración 53 - Rendimientos Merval (2003-2021)

Por otro lado, el cálculo de la tasa libre de riesgo en Argentina, basado en bonos soberanos, en pesos argentinos, con ajuste CER, arroja un resultado de 16,45%.

	Monto	Porcentaje	
Aporte de terceros	1.500.000.000	27,91%	= D
Capital accionario	3.875.276.389	72,09%	= E
Total de la inversión	5.375.276.389		

Tabla 61 - Estructuración del capital

$$\beta_{U \text{ PROYECTO}} = 1,56$$

$$\beta_{L \text{ PROYECTO}} = 1,95$$

$$\beta_{\text{ACTIVO TOTAL PROYECTO}} = 1,67$$

Tabla 62 - Cálculo del riesgo sistemático

$$K_E = 30,17\%$$

Tabla 63 - Cálculo del costo de capital empresario

$$E_{(R_{i,x})} = Rf_L + \beta_{LL} [E(Rm_L) - Rf_L]$$

Ecuación 1 - Cálculo del costo de capital empresario

$$WACC = 25,38\%$$

Tabla 64 - Cálculo del costo promedio ponderado de capital

$$WACC = Ke \left(\frac{E}{D+E} \right) + Kd \left(\frac{D}{D+E} \right) \times (1-T)$$

Ecuación 2 - Cálculo del costo promedio ponderado de capital

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se puede afirmar que el proyecto es viable desde el punto de vista técnico, es decir, la capacidad de las instalaciones logra cubrir la cuota de mercado que se pretende abastecer.

Por su parte, el análisis económico-financiero considerando ingresos por vender bioetanol, arroja un valor actual neto negativo. Esto indica que el proyecto es económicamente inviable. Además, mediante la simulación MonteCarlo, se obtiene un 28% de probabilidades de que sea menor a cero. En cuanto a la tasa interna de retorno, si bien es positiva en el escenario base, presenta una probabilidad del 32% de no alcanzar la remuneración exigida para el nivel de riesgo que posee el proyecto.

Al considerar ingresos por venta de energía eléctrica (no contemplado en el alcance del proyecto), los indicadores de VAN y TIR mejoran considerablemente en el escenario base.

Sin embargo, el riesgo sistemático, no diversificable, o de mercado, es mayor a 1. Esto indica un riesgo alto, ya que una variación en el mercado provocaría una variación mayor en el proyecto. Y el mercado argentino no presenta un ambiente macroeconómico favorable para su desarrollo.

A partir de lo analizado, se concluye y recomienda no invertir en el proyecto.

ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Cuota de mercado: producción a partir de caña de azúcar (2019).....	14
Ilustración 2 - Logotipo Marca Tucumán.....	16
Ilustración 3 - Tanque de bioetanol con logotipo de Marca Tucumán.....	16
Ilustración 4 - PBI histórico vs. PBI proyectado.....	21
Ilustración 5 – PBI - Archivo de trabajo de la herramienta (Workfile).....	22
Ilustración 6 – PBI - Representación de la ecuación de proyección.....	22
Ilustración 7 – PBI - Salida de la estimación.....	22
Ilustración 8 – Producción de nafta histórica vs. proyectada.....	24
Ilustración 9 – NAFTA - Archivo de trabajo de la herramienta (Workfile).....	24
Ilustración 10 – NAFTA - Representación de la ecuación de proyección.....	24
Ilustración 11 – NAFTA - Salida de la estimación.....	25
Ilustración 12 – BIOETANOL - Representación de la ecuación de proyección.....	26
Ilustración 13 – BIOETANOL - Salida de la estimación.....	27
Ilustración 14 - Test de Wald - Significatividad conjunta.....	27
Ilustración 15 - Test de variable redundante - Ln(PBI).....	28
Ilustración 16 - Test de variable redundante - 1/PNafta.....	28
Ilustración 17 - Test de Ramsey - Validez de la especificación.....	28
Ilustración 18 - Contraste Cusum - Estabilidad estructural del modelo.....	29
Ilustración 19 - Jarque Bera - Normalidad de los residuos.....	29
Ilustración 20 - Breusch Godfrey – Autocorrelación.....	30
Ilustración 21 - Test de White - Heterocedasticidad.....	31
Ilustración 22 - Capacidad de producción óptima.....	32
Ilustración 23 - Market Share Bioetanol de maíz (empresas) – Año 2019.....	33
Ilustración 24 - Market Share Bioetanol de maíz (provincias) - Año 2019.....	34
Ilustración 25 - Market Share Bioetanol de caña (empresas) - Año 2019.....	35
Ilustración 26 - Market Share Bioetanol de caña (provincias) - Año 2019.....	37
Ilustración 27 - Caña de azúcar - Planta.....	43
Ilustración 28 - Fotografía de la variedad LCP 85 - 384.....	46
Ilustración 29 - Fotografía de la variedad TUC 95 - 10.....	48
Ilustración 30 - Principales productores de caña de azúcar en Argentina.....	49
Ilustración 31 - Aptitud agroclimática de la caña de azúcar en Argentina.....	51
Ilustración 32 - Sistema Argentino de Interconexión.....	54
Ilustración 33 - Distribución espacial de cultivos cañeros en la provincia de Tucumán.....	57
Ilustración 34 - Superficie cosechable de caña de azúcar en Tucumán por Departamento.....	60
Ilustración 35 - Mapa de transporte de la energía eléctrica de Tucumán.....	62
Ilustración 36 - Mapa de red vial de la Provincia de Tucumán.....	63
Ilustración 37 - Mapa del Departamento de Cruz Alta con división municipal.....	64
Ilustración 38 - Localización de la planta industrial.....	65

Ilustración 39 - Logo de la empresa Di Bacco - Encargada de la instalación de la planta ..	65
Ilustración 40 - Organigrama	78
Ilustración 41 - Layout general de la planta de producción	79
Ilustración 42 - Layout - Vista Zona 1	80
Ilustración 43 - Layout - Vista Zona 2	81
Ilustración 44 - Layout - Vista Zona 3	82
Ilustración 45 - Layout - Vista Zona 4	83
Ilustración 46 - Layout - Vista Zona 5	83
Ilustración 47 - Bagazo de caña de azúcar	84
Ilustración 48 - Cachaza	85
Ilustración 49 - Proyección de la demanda de bioetanol de caña de azúcar	93
Ilustración 50 - Sensibilidad del retorno del proyecto	98
Ilustración 51 - Simulación MonteCarlo – Distribución de probabilidad de la TIR del proyecto ...	98
Ilustración 52 - Simulación MonteCarlo – Distribución de probabilidad del VAN del proyecto	99
Ilustración 53 - Rendimientos Merval (2003-2021)	105

TABLAS

Tabla 1 - Producción mundial anual de bioetanol [en millones de litros]	6
Tabla 2 - Producción total de bioetanol en Argentina	13
Tabla 3 - Evolución de la producción de bioetanol de caña de azúcar	14
Tabla 4 - Propiedades del bioetanol	15
Tabla 5 - Proyección del PBI	21
Tabla 6 - Proyección de la producción de nafta	23
Tabla 7 - Datos de entrada al modelo econométrico	26
Tabla 8 – Proyección de la demanda y Tamaño del proyecto	32
Tabla 9 - Capacidad de producción óptima según la participación en el mercado	32
Tabla 10 - Producción por empresas – Bioetanol de maíz - Año 2019	34
Tabla 11 - Producción por empresas – Bioetanol de caña - Año 2019	36
Tabla 12 - Requerimiento de insumos del proceso productivo de bioetanol de caña de azúcar ...	39
Tabla 13 - Matriz de evaluación de proveedores de sulfato de amonio	39
Tabla 14 - Matriz de evaluación de proveedores de fosfato diamónico	40
Tabla 15 - Matriz de evaluación de proveedores de sulfato de magnesio	40
Tabla 16 - Matriz de evaluación de proveedores de levadura alcoholera	40
Tabla 17 - Matriz de evaluación de proveedores de benzoato de denatonio	40
Tabla 18 - Temperaturas óptimas para el cultivo de caña de azúcar	45
Tabla 19 - Ciclo del cultivo de caña de azúcar	45
Tabla 20 - Caracterización de la especie LCP 85 - 384	46

Tabla 21 - Fotografía de la variedad TUC 95 - 10.....	47
Tabla 22 - Matriz de ponderación - Macrolocalización	50
Tabla 23 - Indicadores del mercado laboral.	53
Tabla 24 - Índice de urgencia para la gestión del agua.....	55
Tabla 25 - Valores de IIBB por provincia	56
Tabla 26 - Superficie neta cosechable en Tucumán.	56
Tabla 27 - Matriz de ponderación - Microlocalización	58
Tabla 28 - Superficie cosechable de caña de azúcar según niveles de producción 2021	59
Tabla 29 - Información demográfica por Departamento.....	60
Tabla 30 - Requerimiento de capacidad	66
Tabla 31 - Utilización de la capacidad	67
Tabla 32 - Especificaciones de calidad del bioetanol.....	70
Tabla 33 – Balance global del proceso productivo.....	77
Tabla 34 - Costos mensuales de sueldos según categoría.....	77
Tabla 35 - Erogaciones por remuneraciones y cargas patronales proyectadas	78
Tabla 36 - Matriz de Leopold - Evaluación de impacto ambiental	88
Tabla 37 - Escala de valores para Matriz de Leopold	88
Tabla 38 - Marco legal a nivel nacional.....	91
Tabla 39 - Marco legal a nivel provincial.....	92
Tabla 40 - Cuadro de resultados proyectado	94
Tabla 41 - Cuadro de resultados proyectado (incluye ingresos por venta de energía eléctrica) ...	94
Tabla 42 - Flujo de fondos proyectado.....	95
Tabla 43 - Flujo de fondos proyectado (incluye ingresos por venta de energía eléctrica)	95
Tabla 44 - Rentabilidad del proyecto	96
Tabla 45 - Rentabilidad del accionista	96
Tabla 46 - Rentabilidad del proyecto (incluyendo ingresos por venta de energía eléctrica)	96
Tabla 47 - Rentabilidad del accionista (incluyendo ingresos por venta de energía eléctrica).....	97
Tabla 48 - Cuadro de inversiones proyectado	100
Tabla 49 - Cálculo del IVA de la inversión	100
Tabla 50 - Cálculo de depreciaciones y amortizaciones	100
Tabla 51 - Características del crédito	101
Tabla 52 - Marcha del crédito	101
Tabla 53 - Cronograma de pagos del crédito.....	101
Tabla 54 - Consumos específicos, precios unitarios, y alícuotas impositivas.....	101
Tabla 55 - Alícuotas impositivas	102
Tabla 56 - Costos directos de producción, netos de IVA.....	102
Tabla 57 - Energía eléctrica.....	102

Tabla 58 - Cuadro de capital de trabajo y necesidades operativas de fondo	103
Tabla 59 - Erogaciones por remuneraciones y cargas patronales	103
Tabla 60 - Cuadro de gastos generales proyectado	104
Tabla 61 - Estructuración del capital.....	105
Tabla 62 - Cálculo del riesgo sistemático	106
Tabla 63 - Cálculo del costo de capital empresario.....	106
Tabla 64 - Cálculo del costo promedio ponderado de capital.....	106

FUENTE DE INFORMACIÓN

Datos Energía - Secretaría de Energía – Ministerio de Economía.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – Cambio climático, Desarrollo Sostenible e Innovación.

Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres – Tucumán.

Revista Avance Agroindustrial – EEAOC – Tucumán.

Revista Industrial y Agrícola de Tucumán (RIAT) – EEAOC – Tucumán.

Acceso a la Información Pública - Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social.

Ministerio de Desarrollo Productivo – Gobierno de Tucumán.

Ingenio y Destilería La Florida – Compañía Azucarera Los Balcanes S.A. – Tucumán.

Ingenio y Destilería Santa Rosa – Tucumán.

Centro de Agricultores Cañeros de Tucumán (CACTU)

Instituto de Promoción del Azúcar y Alcohol de Tucumán (IPAAT)

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA Famaillá)

ENLACES MÁS RELEVANTES

<http://datos.minem.gob.ar/dataset/estadisticas-de-biodiesel-y-bioetanol>

<https://www.argentina.gob.ar/economia/energia>

<https://www.argentina.gob.ar/ambiente/cambio-climatico/informe-pais>

<https://www.eeaoc.gob.ar/>

<https://producciontucuman.gob.ar/>

<https://balcanes.com.ar/bioenergetica-la-florida/>

<http://azucarsantarosa.com.ar/contacto/>

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a nuestras familias, por el acompañamiento incondicional a lo largo de toda la carrera.

Muchas gracias a la Universidad Tecnológica Nacional, especialmente a la Facultad Regional La Plata, y en particular al Departamento de Ingeniería Industrial, por volverse nuestra casa y formarnos profesionalmente.

Finalmente, agradecemos a las personas que, desinteresadamente, brindaron asesoramiento e información técnica sumamente relevante para el desarrollo del presente proyecto:

Luis M. Spelzini - Gerente de equipo comercial técnico - Di Bacco y Cía S.A.

Catalina Rocchia Ferro - Gerente general - Cía Azucarera Los Balcanes S.A.

Virginia Alvarez - Analista - Bioenergética La Florida

Alessandra Jais - Balance Software - Sugarsoft Assessoria Empresarial LTDA

Javier Contreras - Gerente de ventas - Ingeniería y Destilería Santa Rosa

Ricardo Carreiro - Ingeniero Químico - Jefe Departamento Técnico Serquim

Enrique Feijóo - Investigador - Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres