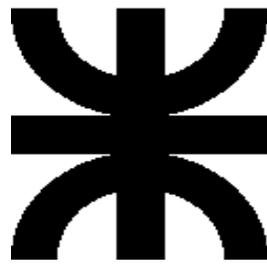


**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL SAN RAFAEL**



***PROYECTO FINAL***

**PLANTA PARA INCINERACIÓN DE  
RESIDUOS PATOLÓGICOS**

*Integrantes: Angeloff, Jonathan  
Latorre, Cristian  
Maugouber, Fernando*

**2013**

---

**INDICE**

<b>Introducción</b> .....	5
<b>INGENIERÍA DE PROYECTO</b> .....	7
<b>Identificación del problema</b> .....	8
Estudio del origen y principios básicos que generan la problemática.....	8
Aspectos legislativos (ANEXO 2).....	9
Estudio de recolección y la tecnología de tratamiento actual .....	10
Optimización de la Tecnología Actual.....	14
Propuesta.....	14
Embalaje.....	14
Despacho.....	15
Recolección.....	15
Tratamiento.....	16
Ubicación de la instalación.....	17
<b>Descripción del funcionamiento</b> .....	18
<b>Alcance del proyecto</b> .....	19
Cámara Frigorífica.....	20
Horno eléctrico de incineración.....	20
Instalación para tratamiento de gases.....	22
Tratamiento de cenizas y lodo de fondo .....	24
Estudio de impacto ambiental.....	24
Automatización.....	25
<b>INGENIERÍA DE DETALLE</b> .....	26
<b>Cámara Frigorífica</b> .....	27
Diseño y cálculo de la cámara frigorífica.....	28
Volumen de la cámara.....	29
Cálculo de las frigorías.....	30
Aportes caloríficos exteriores. Pérdidas.....	32
Cálculo de equipo frigorífico.....	37
Cálculo de estructura de techo.....	38
Cálculo de columnas.....	40

<b>Horno eléctrico de incineración de residuos patológicos.....</b>	<b>42</b>
Diseño y cálculo de horno eléctrico.....	43
Proceso de quemado de residuos. Etapas de funcionamiento.....	44
Cálculo del horno.....	46
Pérdidas en el techo y suelo del horno.....	52
Calor total necesario.....	53
Análisis de gases.....	54
Densidad y volumen de los gases.....	56
Poder calorífico. Método analítico.....	57
Poder calorífico. Formula de Doulong .....	57
Partes del horno. Diseño y cálculo.....	58
Tiraje. Selección de ventilador.....	58
Ventilador para inyección de aire de combustión.....	62
Estructura.....	68
Viga soporte de base.....	69
Viga soporte de base 2.....	71
Viga soporte de la puerta.....	73
Ruedas y carriles para apertura de puerta.....	76
Cadena cinemática para apertura del horno.....	79
Selección del motor.....	79
Selección del reductor de velocidad.....	80
Cálculo de cadena de transmisión.. ..	82
Selección de acoplamiento.....	85
Cálculo del eje.....	86
Cálculo de bujes.....	87
Cálculo de las resistencias de NICROM 80/20 .....	87
<b>Sistema de tratamiento de gases.....</b>	<b>89</b>
<b>Cámara de Post-Combustión.....</b>	<b>90</b>
Análisis de los gases.....	94
Poder calorífico. Método analítico.....	95
Pérdidas de calor.....	95
Cálculo del calor total .....	98



---

Potencia de la cámara.....	98
Selección de la resistencia.....	98
Cálculo del ventilador de inyección de aire.....	102
<b>Chimenea de emergencia.....</b>	<b>107</b>
Diseño de la chimenea.....	107
Cálculo del diámetro de la chimenea.....	108
Pérdida de flotabilidad.....	109
Pérdida por tiro.....	109
Estructura de chimenea.....	110
Pérdidas de calor.....	110
<b>Tratamiento de gases.....</b>	<b>112</b>
Contaminantes presentes.....	112
Procesos de tratamientos de efluentes gaseosos.....	113
Descripción del tren de lavado.....	114
<b>Cálculo y diseño del tren de lavado.....</b>	<b>115</b>
Enfriador – Adsorbedor.....	115
Cálculo del enfriador. Intercambiador de calor.....	116
Proposición de un equipo tentativo.....	116
Determinación de caudales w.....	116
Diferencia Media Logarítmica de Temperatura (DMLT).....	116
Corrección de la DMLT.....	117
Coeficiente global de transmisión del calor "U".....	117
Superficie de intercambio.....	117
Predimensionamiento del intercambiador.....	118
Cálculo del número total de tubos por paso.....	118
Selección del diámetro de carcasa.....	119
Diagramas Baffles y barras separadoras.....	119
Dimensionamiento del equipo.....	120
Cálculo del coeficiente pelicular del lado tubos.....	121
Cálculo del coeficiente pelicular del lado carcasa.....	122
Verificación por viscosidad de los coeficientes peliculares.....	123
Resistencia térmica de la pared del tubo.....	124

---

---

Determinación de las resistencias de ensuciamiento.....	124
Cálculo del coeficiente Global de Transformación de Calor.....	125
Verificación del área de intercambio calórico.....	125
Cálculo de la pérdida de carga del lado tubos.....	126
Cálculo de la pérdida de carga del lado carcasa.....	127
Vibración en los tubos.....	127
Frecuencia natural de vibración.....	127
Scrubber o lavador.....	129
Cálculo de los calores en el lavador.....	131
Diámetro del lavador o scrubber.....	131
Altura y área del lavador.....	132
Cálculo de bomba que impulsa el NaOH.....	134
Selección de la bomba.....	136
Selección del eliminador de rocío.....	137
<b>Tratamiento de cenizas.....</b>	<b>138</b>
Proceso.....	140
<b>Evaluación de impacto ambiental.....</b>	<b>141</b>
<b>Automatización.....</b>	<b>155</b>
Descripción del funcionamiento.....	137
Automatización. MICROWIN 32.....	160
Control de temperatura.....	171
<b>EVALUACIÓN DE PROYECTO.....</b>	<b>174</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>182</b>
Anexo 1. Generación de residuos.....	183
Anexo2. Normativa vigente.....	190
<b>PLANOS.....</b>	<b>226</b>



---

## INTRODUCCIÓN

Un problema muy común de la sociedad en general es la generación y tratamiento de residuos, tanto Sólidos Urbanos (RSU), como Patológicos. Los cuales, debido a la falta de tratamiento o mal manejo de estos, pueden ser perjudiciales para la salud de las personas, haciendo un especial hincapié en los residuos patológicos.

El departamento de San Rafael no se encuentra exento de esto, ya que es uno de los principales generadores de este tipo de residuos de la Provincia de Mendoza y no cuenta con la tecnología necesaria para el tratamiento.

El hospital Teodoro J. Schestackow es uno de los principales generadores de residuos patológicos del Sur Mendocino, dando una producción promedio de 2220 kg de residuos por mes.

La recolección y su posterior tratamiento, tanto en el departamento de San Rafael, como en Malargüe y General Alvear, se encuentran terciarizados. La empresa encargada de la recolección de de residuos es **SUSTENTA**, la cual realiza una recolección diaria por los centros de generación y los traslada a Las Heras, donde se realiza el tratamiento de estos.

La empresa encargada de realizar el tratamiento de residuos patológicos es **UTE (Unión Transitoria de Empresas) TYSA-LAMCEF (controlada por el holding Pescarmona)**.

El nosocomio gasta un presupuesto de \$ 50.000 por mes (dato aportado por el director del hospital Dr. Armando Dauverne), lo cual es un dato interesante, ya que este dinero puede ser destinado a la elaboración de una instalación para el tratamiento de los mismos en el departamento de San Rafael. Lo que disminuiría así el gran riesgo ambiental que se produce al trasladar todos estos contaminantes.

A continuación se realizará una investigación de la cantidad de residuo generada en el municipio y se diseñará una instalación que se encargue de almacenar e incinerar dichos

---

contaminantes. Esta se encargará de procesar los residuos de San Rafael con lo que se eliminará un gran riesgo de contaminación.

La ingeniera Laura Najjar (ANEXO 1) fue la encargada, años atrás, de realizar un relevamiento de la situación de nuestro municipio con respecto a la producción y disposición de los mismos. Tomaremos como punto de partida en el estudio de la cantidad de residuos generados el informe realizado por ella.





# ***INGENIERÍA DE PROYECTO***



---

**INGENIERÍA DE PROYECTO****1) IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.**

Decidimos en forma grupal el desarrollo de un proyecto que solucione la actual situación con respecto al tratamiento de residuos patológicos. De tal manera que el municipio de San Rafael sea el encargado del tratamiento de sus propios residuos y evitar de esta manera el traslado de estos contaminantes y sus potenciales peligros a la salud de las personas y daños al medio ambiente.

Nuestra propuesta se basa en el desarrollo de una planta para tratamiento de residuos patológicos.

En alusión a esta consigna se apuntará a la disminución de residuos peligrosos, logrando con esto un mayor cuidado del medio ambiente, tema que actualmente cobra primordial importancia a nivel mundial.

**1) Estudio del origen y principios básicos que generan la problemática**

Actualmente en San Rafael, no existe ningún generador de residuos patológicos, que pueda eliminar sus desechos en forma adecuada.

El Hospital T. J. Schestackow, es el único generador, que si bien, satisface la necesidad de eliminar sus desechos patológicos mediante el uso de un incinerador, sin embargo, las características del mismo no evitan la contaminación del medio ambiente por la emisión de gases tóxicos, como por ejemplo: el CO<sub>2</sub> , cenizas y olores desagradables .

El resto de los generadores manipulan sus residuos en forma directa, depositándolos inadecuadamente.

Dichos generadores, acumulan sus residuos dentro de su propio establecimiento, en bolsas comunes, las cuales no cumplen con el micronaje establecido para estos desechos, tampoco se posee una distinción del tipo de residuos con bolsas de distintos colores, lo que sería inútil para un tratamiento específico de cada tipo de residuos, ya que la Municipalidad,



---

no realiza una clasificación previa de los residuos, pero podría ser útil para que aquella persona que necesite manipular las bolsas, dentro del establecimiento, o la que los recolecta, (recolector de basura), para que tenga especial cuidado guiado por un color determinado.

Los residuos patológicos son recolectados, junto con el domiciliario, por personal responsable en esta tarea y depositados en la sección trasera del contenedor en el camión recolector; cuando esta sección se llena, la masa es compactada. Este proceso se realiza en cualquier lugar durante el recorrido; surgiendo así los siguientes problemas:

La compactación produce un contacto directo entre los dos tipos de residuos, produciéndose la contaminación total de la masa residual.

Los líquidos o fluidos que surgen de esta contaminación pasan a través de la base del contenedor, el cual no es impermeable, cayendo en la vía pública, dando lugar a focos infecciosos.

No existe un planteo serio de la problemática y tampoco, concientización por parte de los generadores, quienes no realizan una clasificación adecuada de los desechos cortantes y/o punzantes, (agujas, bisturí, frascos de vidrios, etc.), colocándolos dentro de recipientes que los contengan adecuadamente.

También es de destacar la falta de preocupación por parte de los dirigentes políticos y legisladores.

La falta de acciones con la finalidad de mitigar la problemática que surge a partir de la generación de los residuos patológicos, está provocando que la contaminación avance sin un margen o límite de control, acarreado hacia un futuro no muy lejano graves consecuencias.

## **2) Aspectos legislativos (ANEXO 2)**

Según la resolución 394/94 referidas a las Normas Técnicas Nacionales sobre el Manejo de Residuos Biopatológicos de Unidades de Atención de la Salud.

Aprobada el 19 de Diciembre de 1994 en la Provincia de Buenos Aires, con Marco de



---

Aplicación y Fiscalización en las Unidades Prestadoras de Servicios para la Atención de la Salud, compuesto por el Sector Oficial, Seguridad Social y Entes Privados, ya sean, individuales, colectivos o privados, y los inscriptos en el Registro Nacional de Hospitales Públicos de Autogestión, y en el Registro de Habilitaciones de la Dirección Nacional de Regulación y Control de la Secretaria de Salud del Ministerio de Salud y Acción Social.

Los vehículos afectados al servicio de transporte deberán poseer las siguientes características:

Caja de carga completamente cerrada, compuerta de cierre hermético y aislada del conductor, con la ventilación adecuada u otro sistema que impida la concentración de gases y/o emanaciones.

Interior de caja lizo, fácil de higienizar, resistente a la corrosión y con elementos de retención que impida el derrame de líquidos.

Altura de carga y descarga de los residuos, que facilite las operaciones de una persona de pie.

Los elementos de protección personal de los operarios afectados al manejo de los residuos, limpieza de los vehículos y local, consiste en botas , guantes y la ropa de trabajo adecuada , que serán entregadas diariamente, en condiciones higiénicas, así como locales adecuados para su higiene y cambio de ropa a finalizar la jornada de labor.

### **3) Estudio del sistema de recolección y la tecnología de tratamiento actual.**

El sistema de recolección, con el que se cuenta en la ciudad, son vehículos desarrollados únicamente para recolección y transporte de residuos domiciliarios.

Las características de estos vehículos son las siguientes: constan de dos secciones aisladas de la cabina del conductor, una donde se depositan los residuos y otra donde se compactan por medio de mecanismos hidráulicas, estas dos secciones generalmente llevan las compuertas abiertas.

---

La indumentaria actual no reúne los requisitos mínimos y necesarios que especifica la legislación al respecto, que son indispensables para un buen desempeño de la actividad. La indumentaria no es entregada diariamente, sino periódicamente, puede observarse que el personal no utiliza parte de la indumentaria y algunos directamente nada de ella.

La tecnología utilizada en el tratamiento de estos residuos patológicos es precaria ,a pesar que la ley establece el tratamiento de los residuos patológicos deben realizarse por cualquier de los siguientes métodos :

- Incineración
- Enterramiento por Relleno de Seguridad.
- Esterilización por Autoclave

El tratamiento de incineración podrá realizarse en la unidad generadora que se produjo, ó en otra con capacidad de acopio y tratamiento, o una unidad de tratamientos habilitada para brindar este servicio. El tipo y la característica del horno incinerador utilizado serán tales que resulten adecuada a la cantidad y tipo de residuos a tratar, de modo que los gases y humos, producidos por la combustión no produzcan problemas atmosféricos que contaminen el medio ambiente.

La capacidad del horno debe ser la suficiente como para la incineración de los residuos de una jornada.

El tratamiento por relleno sanitario de seguridad ,se realizará ,de acuerdo a las siguientes condiciones :

Vida útil mayor a 5 años.

El terreno seleccionado debe estar ubicado en una zona no inundable, y una distancia a mas de 200 metros de cualquier de cualquier sistema de riego.

- Cota de terreno a 1 metro por encima del nivel histórico de inundación.
- Distancia mínima entre fondo de celda y napa freáticas de 5 metros.
- Deberán ser tapados diariamente con una cobertura de 20 centímetros de

---

espesor.

- Cobertura final de tierra y de 50 centímetros de espesor.

Fondo de celda de arcilla compacta de 60 centímetros de espesor o membrana plástica de 200 micrones en todo el fondo de la celda.

Zona delimitada con cercado perimetral del área de enterramiento.

Deberán poseer sistema de vigilancia que garantice la ausencia total de actividades de cirujeo u de otras actividades no autorizadas.

El principal problema de los basurales es la contaminación de las aguas subterráneas debido a la filtración, también arruina la estética del lugar; la gente de bajos recursos utiliza estos basurales para buscar elementos de utilidad sin conocer el peligro al que están expuestos, por ejemplo intoxicaciones, enfermedades (cólera, tétano, infecciones, etc.).

Estos no son los únicos problemas que acarrear los basurales porque también cuando arrastra productos tóxicos a corrientes superficiales de aguas (basural del Río Diamante), estas pueden llegar a centros urbanos o turísticos.

La Municipalidad de San Rafael, conjuntamente con el C.R.A.S.(Centro Regional de Aguas subterráneas), han realizado un estudio analizando al permeabilidad del terreno en los distintos lugares y así poder elegir la mejor zona y el menor riesgo de infiltración de aguas contaminantes.

De acuerdo a un análisis de antecedentes podemos ver que en la zona donde se hallaba el basural (margen izquierdo del Río Diamante), no era apta para este depósito ya que el terreno no reunía las condiciones de seguridad. Es conveniente aclarar que particulares, y empresas grandes o organizaciones siguen depositando sus residuos en el margen izquierdo del Río Diamante.

El inconveniente principal es que las condiciones de enterramiento aplicadas actualmente no reúnen estrictamente las especificaciones de "relleno sanitario" ya que no puede asegurarse que las filtraciones puedan llegar a contaminar las napas (lluvias por



ejemplo). Se debería contar de una impermeabilización especial, por lo menos para residuos patológicos los cuales se mezclan con la basura común, que se encuentre aislada para que no exista la posibilidad de contaminación de las napas.

Este terreno es de dos hectáreas, con una capacidad de almacenamiento de diez años; está cercado por un alambrado y cuidado por serenos, que controlan el ingreso de camiones recolectores y no permiten el ingreso de cirujas.

El acceso al lugar es de siete camiones diarios, sumando un total de 42.000 Kg. de basura por día, entre los cuales se encuentran mezclados residuos patológicos.

A estos residuos se le realiza un tratamiento de compactación y fumigación para el control de insectos y roedores, fumigado también los alrededores y puestos aledaños. El veneno utilizado para tal fin es la K-Othrina y Proteginol, estos poseen un bajo poder de toxicidad para los animales de sangre caliente.

Este tratamiento sería correcto y seguro si en los residuos sólo encontráramos los de tipo domiciliario, pero junto con estos se encuentran los patológicos, lo que hace que el sistema actual no sea seguro, por el alto grado de toxicidad de estos.-

#### **4) Optimización de la Tecnología Actual**

La optimización comienza desde el almacenaje dentro del propio generador, concientizando para que clasifiquen los residuos patológicos y los despachen en bolsas de color rojo, evitando que se mezclen con los domiciliarios, y generen una mayor masa de residuos contaminantes. Destinar un camión refaccionado o adaptado para la recolección de residuos patológicos, según lo que establece la resolución 349 / 94 .

La remodelación del vehículo de recolección será:

Hermetizar todas las compuertas para evitar la emanación de gases y reparar las filtraciones de líquidos.



---

Contar con un vehículo auxiliar para evitar la interrupción del servicio.

Obligar el uso de la indumentaria adecuada: guantes, botas, mamelucos, barbijo, etc.

Sistema de Recolección y Disposición Final.

Disposición final, contar con locales adecuados para la higiene, no solo de los vehículos, sino también del personal afectado y su indumentaria.

El recorrido será el mismo que el que se presentará en el proyecto.

Alternativas para la eliminación:

Destinar un único recolector sanitario para este tipo de residuos, como lo establece la ley.

Incineración o disposición en un relleno sanitario.

**a) Propuesta**

Conforme a lo estudiado respecto al sistema actual y sus falencias, surge la siguiente propuesta con la finalidad de mejorar el sistema de gestión vigente, la cual tendrá que cumplir con las siguientes características en cada una de las etapas:

**b) Embalaje**

Cada generador será el encargado de disponer los residuos en bolsas de un color previamente determinado y reconocible por toda la población.

Los residuos cortantes o punzantes tales como vidrios, agujas etc., deberán ser colocados en recipientes de espesores tales que no puedan ser atravesados por aquellos. Luego estos recipientes serán dispuestos en las bolsas antes citadas, las características de estas bolsas, deberán ser las siguientes:

Impermeables



---

Espesor mínimo de 69 micrones

Resistente al peso que deben almacenar

Permitir el fácil cerrado hermético y transporte

Cada generador deberá contar con recipientes metálicos con tapa, adecuado a este tipo de residuos que va a contener, y su capacidad será tal que contenga los residuos de tres días trabajando a su máxima capacidad.

**c) Despacho**

El encargado de cada generador, tendrá conocimientos, no sólo del horario de recolección, sino también del recorrido del mismo.

El conocimiento del horario por parte del generador será de fundamental importancia para que el encargado entregue las bolsas al recolector, para evitar que estas pasen demasiado tiempo en la calle y puedan tener contacto con animales, niños, y cirujas.

La importancia del conocimiento del recorrido será indispensable para el caso de que el encargado no se encontrara en el horario de recolección, en tal caso este podrá ubicar al recolector en otra parte del recorrido, y evitar de esta manera la acumulación de los residuos en el generador.

En el caso de hospitales y clínicas deberán constar con contenedores especiales, para este tipo de residuos, el personal que los manipule tendrá la obligación de usar una vestimenta adecuada.

**d) Recolección**

Previamente se establecerá un recorrido con horarios prefijados para una mejor organización entre el sistema de recolección y los generadores.

Será determinada una frecuencia de recolección, no menor a dos visitas semanales, algunos generadores serán visitados con mayor frecuencia, por la gran cantidad de desechos

---

generados diariamente, como por ejemplo el hospital público.

El recolector deberá usar una indumentaria adecuada a dicho trabajo, fundamentalmente para el cuidado de la integridad física del operario.

Las características esenciales de la indumentaria serán :

- Guantes
- Barbijo
- Botas

Mameluco de material especial, para evitar posibles contactos con otras partes del cuerpo.

La recolección de este tipo de residuos se llevará cabo por medio de un camión recolector, cuyo único fin será ésta clase de residuos.

También se deberá constar con una unidad auxiliar, para evitar la interrupción del servicio.

El camión deberá poseer las características mencionadas en la resolución 349/94, que ya han sido especificadas anteriormente.

#### **e) Tratamiento**

Una vez recolectados, los residuos deberán ser llevados al lugar donde se encuentre el horno eléctrico. El horno debe reunir con las características especificadas.

El lugar donde se instalará este horno debe funcionar en una zona alejada del radio urbano, con el fin de atenuar la poca contaminación que este provoque.

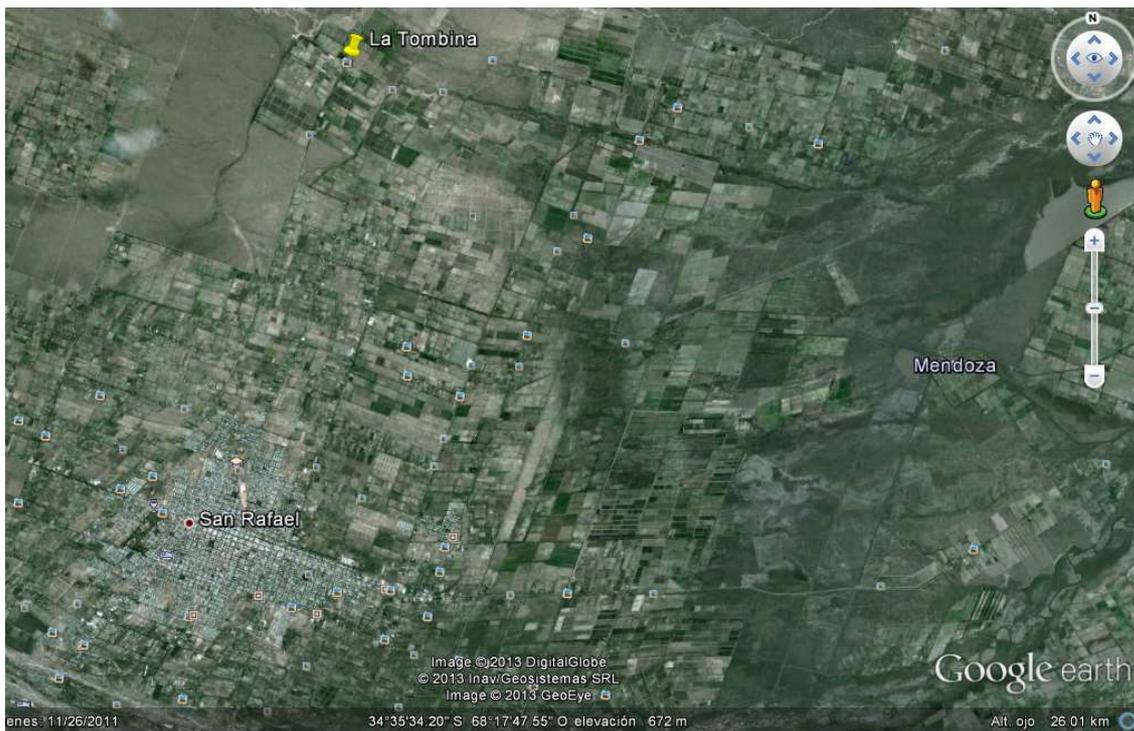
Sería conveniente que éste se instale aproximadamente a 10 Km. del radio urbano y en cercanías de rellenos sanitarios con el fin de depositar las cenizas que este produce (residuo no contaminante, ni peligroso). El horno deberá estar montado en una planta, la cual debe poseer mecanismos que faciliten la descarga y el transporte de los residuos hacia el

horno.

Tanto estos mecanismos como la totalidad de la planta deberán ser de fácil limpieza y desinfección. Ésta planta deberá poseer un lugar adecuado para la limpieza del camión, como así también para la higiene de los operarios que trabajan en la recolección y en la planta.

#### **f) Ubicación de la instalación**

Hemos propuesto ubicar el horno en cercanía del parque de saneamiento La Tombina, ya que es un lugar destinado para el manejo de residuos.



---

## **2) DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO.**

La Planta para tratamiento de residuos contará con un horno de incineración, el cual será del tipo eléctrico. Se realiza la selección de este tipo de horno, ya que de esta manera se disminuye la generación de gases, evitando los producidos por la combustión de combustible.

A demás contará con una cámara frigorífica debido a que los residuos serán almacenados para evitar la descomposición de materia orgánica.

El sistema contará con equipos para tratamiento de gases y cenizas para evitar daños a la salud de personas y al medio ambiente.

Los sistemas se basan en un control del tipo de lazo cerrado el cuál contará con sensores de temperatura, los cuales envían información a una unidad de control sobre las condiciones reinantes en la atmósfera que debemos controlar. Así el controlador decide qué camino tomar para restablecer las condiciones deseadas en el interior del horno y de la cámara de acuerdo al programa de control preestablecido.

Los residuos ingresarán a la planta ya paletizados. De esta manera se colocarán en el interior de la cámara para luego ser trasladado al horno mediante un autoelevador.

## **3) ALCANCE DEL PROYECTO.**

El proyecto será destinado para el tratamiento e incineración de residuos patológicos generados por el departamento de San Rafael.

Como punto de partida para la ejecución del proyecto se realizó un relevamiento de la generación de residuos del hospital Teodoro J. Schestackow, el cual es el principal generador. De esta manera se pudo obtener un valor promedio de producción de residuos por mes que este genera.

El hospital genera una cantidad de 2220 kg por mes de residuos peligrosos.





---

Basándonos en este valor y en el estudio realizado por la Ing. Laura Najjar podemos realizar una aproximación a un valor promedio producido por la totalidad de generadores del municipio.

Teniendo en cuenta estos datos (tabla pág. 8), el valor promedio total obtenido de residuos del departamento es de 25.315 kg.

Para llevar a cabo el objetivo se realizará una planta para tratamiento, la cual contará con las siguientes instalaciones:

1. Cámara frigorífica para almacenamiento
2. Horno Eléctrico de incineración.
3. Instalación para tratamiento de gases.
4. Tratamiento de cenizas.
5. Estudio de impacto ambiental. Soluciones.
6. Automatización:
  - Control de Temperatura del horno y cámara Frigorífica.
  - Control de Aire de ingreso.
  - Control de salida de gases.

### **1- Cámara Frigorífica.**

Debido a que los residuos a tratar son considerados peligrosos para la salud y al medio ambiente, y dado a que todos estos no se que queman conjuntamente, es decir, se realiza por tandas, los residuos sobrantes deben ser almacenados.

Como medio de almacenamiento se realizará el diseño y cálculo de una cámara frigorífica. Los residuos deben ser almacenados en frío para evitar la generación de olores y la formación de bacterias.

---

La cámara será calculada y diseñada para almacenar 48 pales, el cual es la cantidad generada por semana. Esta está prevista ante una posible falla del horno, lo cual producirá un mayor número de pales a almacenar.

En condiciones normales de trabajo del horno la cámara almacenará 16 pales.

Las dimensiones de esta será de 9 m de ancho por 11.5 m de largo y 2.5 m de altura.

Esta trabajará a una temperatura 0°C, valor que se obtendrá por medio de tres equipos frigoríficos, que en condiciones normales funcionará uno solo y en caso de sobrecarga entrarán en servicio los demás equipos.

## **2- Horno eléctrico de incineración**

Ante las distintas opciones que se manejaban, se optó por construir un horno del tipo eléctrico. Como punto a favor de este, es que no es necesaria la utilización de un elemento combustible, lo que da como resultado una disminución de gases a tratar.

Este será diseñado para quemar dos turnos por día. El mismo tendrá una capacidad de 4 pales de 27 cajas cada uno.

El horno trabajará 6 días a la semana en 2 turnos de 8 hs.

El mismo estará construido con:

- Resistencias de alambre de NICROM 80/20:

Nicrom es, básicamente, un nombre dado a los cables de la resistencia de níquel-cromo. Es una aleación no magnética, que consiste de Níquel del 80 por ciento y Cromo del 20 por ciento, y es ampliamente utilizado en los elementos de calefacción debido a su resistencia relativamente alta.

---

El níquel es un metal brillante en general, de color blanco plateado y cromo, un metal gris acerado y duro. Nicrom, la aleación, es de color gris plateado en color, resistente a la corrosión y tiene un alto punto de fusión.

Las Resistencias de alambre de Nicrom se colocaran en paredes y suelo con el fin de lograr una correcta distribución de la temperatura en el interior de la cámara.

- Cámara:

Esta tendrá unas dimensiones tales, que sea capaz de albergar 4 pales de 27 cajas.

Las paredes, techo y suelo serán construidas de placas aislantes de Fibra Cerámica Refractaria. Para disminuir al máximo las pérdidas de calor producidas, estas serán de un espesor de 5 pulg. (12.7 cm).

Dentro de la cámara se tendrá una temperatura de 1200°C. Se utilizará este valor, ya que nos permite una correcta desintegración de los elementos a incinerar.

Una temperatura inferior a esta es perjudicial, ya que permite la formación de Dioxinas y Furanos, los cuales son muy contaminantes y se forman debido a la presencia de Cloro.

De igual manera, una temperatura superior nos da como resultado la formación de NOx (Óxidos de Nitrógeno), los cuales son perjudiciales para la salud. Son altamente contaminantes.

- Estructura:

El exterior del horno estará recubierto con chapas de acero.

La estructura estará empotrada al suelo para evitar movimientos y vibraciones.

La apertura del horno se hará por medio de una puerta, la cual estará unida al suelo. Ambos se deslizarán por medio de ruedas y riel, realizando de esta manera la apertura del horno.

---

Se adoptó esta disposición, con suelo corredizo para lograr una fácil carga del mismo.

- Ingreso de Aire y Salida de gases:

Los gases generados debido a la incineración son enviados al sistema de tratamiento de gases. Estos salen por un orificio en la parte superior del horno, la cual se conecta por medio de tubos con dicho sistema.

Para lograr una efectiva combustión, el proceso de incineración se hará con un exceso de aire, el cual será calentado antes de su ingreso a la cámara.

El ingreso de aire y la salida de gases serán controlados por sistemas automatizados para lograr un eficiente funcionamiento del horno. A su vez, para aumentar el rendimiento del mismo se hará un control automatizado de la temperatura en la cámara del mismo.

- Salida de cenizas:

El tratamiento de cenizas es un proceso sumamente importante, ya que al igual que los gases, son altamente contaminantes. Por lo tanto, después de salir del horno, estas serán enviadas para su tratamiento.

El suelo del horno, construido con módulos de fibra cerámica refractaria, será ranurado. Estas ranuras se realizarán para que las cenizas caigan por estas hacia un cenicero colocado en la parte inferior del horno.

Las cenizas serán retiradas de este y enviadas a su posterior tratamiento.

### **3- Instalación para tratamiento de gases.**

Los gases producidos en la incineración son altamente contaminantes, por lo tanto se debe realizar un correcto tratamiento de estos antes de ser enviado a la atmósfera.





---

Estos, luego de pasar por un Calentador de aire, son enviados a los sistemas donde se harán los distintos acondicionamientos para que estos tengan una óptima condición.

La Instalación de tratamiento de gases está compuesta por:

- Cámara de Post - Combustión.

Cumple la función de romper los enlaces químicos de DIOXINAS y FURANOS formados durante la incineración. Se aplica una temperatura aproximada de 1100°C.

Otra función importante es la de oxidación de CO a CO<sub>2</sub>. Por lo tanto estará provista de un sistema de inyección de aire.

La misma será construida de forma cilíndrica. Su interior estará recubierto ladrillos refractarios.

En el interior se colocarán resistencias de NICROM 80/20, las cuales son las encargadas de elevar la temperatura.

- Chimenea de Emergencia.

Sirve para disminuir la presión de los gases en caso de que se presente una saturación o aumento de presión por falla del horno o sus elementos constituyentes.

- Enfriador de gases.

Se encarga de bajar la temperatura de los gases desde 500°C a 70°C. Esto se realizará por medio de un intercambiador de calor de casco y tubo.

Este intercambiador posee 4 pasos de tubos, por donde circulará el líquido refrigerante, el cual será agua poso.

- Lavador de gases.

En esta etapa los gases que salen del enfriador ingresan a este donde serán atacados por una lluvia finamente pulverizada de una solución acuosa de NaOH (Hidróxido de Sodio).

---

El NaOH es una sustancia que elimina el SO<sub>2</sub> casi en su totalidad. Además es un gran combatiente del HCl (Cloruro de Hidrógeno) y del HF (Fluoruro de Hidrógeno).

Una vez realizado el proceso, se realizará una purga de fondo del lavador y se obtendrán los lodos que luego serán adecuadamente tratados.

- Filtro de Mangas.

Es un sistema formado por una serie de bolsas en forma de mangas que se encargan de atrapar cenizas volátiles y material particulado, permitiendo así que el gas limpio fluya por el exterior de las mangas y puedan ser liberados a la atmosfera por medio de la chimenea principal.

- Chimenea Principal.

Los gases, una vez acondicionados, son enviados a la atmosfera. Estos salen del sistema por medio de una chimenea.

#### **4- Tratamiento de Cenizas y lodos de fondo**

Las cenizas de fondo y lodos serán adecuadamente tratadas para lograr una estabilización y solidificación de estos para disminuir su grado de contaminación.

Para esto se utilizará un agente estabilizante que forma sales de baja solubilidad.

#### **5- Estudio de Impacto ambiental**

Se realizará un Estudio de Impacto Ambiental para obtener una idea de cómo afecta dicha planta al medio ambiente.



---

Se obtendrán así los puntos más críticos, los que son más afectados por la instalación de dicha planta. Y en base a estos se estudiarán e implementarán distintas soluciones para remediar los impactos producidos.

### **6- Automatización**

Para un eficiente funcionamiento, el sistema contará con un control automático de temperatura del horno, control de temperatura de la cámara frigorífica, salida de gases, inyección y salida de aire.





# ***INGENIERÍA DE DETALLE***





# **1- CÁMARA FRIGORÍFICA**



---

**1- DISEÑO Y CÁLCULO DE CÁMARA FRIGORÍFICA.**

---

El siguiente cálculo corresponde al plano de cámara N°1.

Datos de las cajas

$$h_{\text{caja}} := 70\text{cm} \quad b_{\text{caja}} := 40\text{cm} \quad a_{\text{caja}} := 40\text{cm}$$

$$V_{\text{caja}} := h_{\text{caja}} \cdot b_{\text{caja}} \cdot a_{\text{caja}} = 0.112 \cdot \text{m}^3$$

Para el diseño y cálculo de la cámara tendremos en cuenta un promedio de 25500kg de residuos patológicos, tomamos como promedio 5 kg por caja lo que nos da un total de

$$N_{\text{cc}} := \frac{25500}{5} = 5100 \quad \text{Cajas mensuales}$$

$$N_{\text{semanales}} := \frac{N_{\text{cc}}}{4} = 1275 \quad \text{Cajas semanales}$$

Para el almacenamiento traslado hemos dispuesto de apilar las mismas en palets normalizados de medida 120 cm x 120 cm, hemos dispuesto de apilarlas en 3 x 3 de base y 3 de altura. Lo que nos da un total por palet :

$$A_{\text{palet}} := 1.2\text{m}$$

$$L_{\text{palet}} := 1.2\text{m}$$

$$N_{\text{cajasxpalet}} := 3 \cdot 3 \cdot 3 = 27$$

Lo que nos dará un total de palets de:

$$N_{\text{palet}} := \frac{N_{\text{cc}}}{N_{\text{cajasxpalet}}} = 188.889 \quad \text{Tomaremos 190 palets como promedio}$$

Palets por semana

$$N_{\text{semanal}} := \frac{190}{4} = 47.5$$

$$N_{\text{diario}} := \frac{N_{\text{semanal}}}{6} = 7.917 \quad \text{Tomaremos 8 palets por día}$$



---

Nos da un total de 48 palets por semana:

$$N_{\text{palet.final}} := 48$$

$$N_{\text{cajas.camara}} := N_{\text{palet.final}} \cdot N_{\text{cajasxpalet}} = 1296$$

## 2- Volumen de la cámara

Se diseñara la cámara para albergar la cantidad de palets por semana por una razón de seguridad y priorizando que en el futuro el horno tenga alguna rotura de esta forma se podrán albergar la cantidad total de una semana y así contar con ese plazo para reparar el mismo o buscar una posible solución.

### BASE

La disposición de los palets sera de 6 de anchos por 8 de largos se estipulara una distancia de 15 cm entre palets para facilitar el trabajo del elevador los que nos da las siguientes medidas

$$A_{\text{camara}} := 6 \cdot A_{\text{palet}} + 15\text{cm} \cdot 7 = 8.25\text{m}$$

$$L_{\text{camara}} := 8 \cdot L_{\text{palet}} + 10\text{cm} \cdot 9 = 10.5\text{m}$$

### ALTURA

Para la altura de la cámara tendremos en cuenta la altura de cajas contenidas en el palet, altura del palet y una altura de trabajo que será necesaria para que el elevador pueda trabajas

$$H_{\text{palet}} := 14\text{cm}$$

$$H_{\text{cajas.palet}} := h_{\text{caja}} \cdot 3 = 2.1\text{m}$$

$$H_{\text{trabajo}} := 30\text{cm} \quad \text{Proponemos un total de 30 centímetros para trabajo del elevador}$$

$$H_{\text{camara}} := H_{\text{palet}} + H_{\text{cajas.palet}} + H_{\text{trabajo}} = 2.54\text{m}$$



VOLUMEN CAMARA

$$V_{\text{camara}} := A_{\text{camara}} \cdot L_{\text{camara}} \cdot H_{\text{camara}} = 220.028 \text{m}^3$$

VOLUMEN DE AIRE

$$V_{\text{caja}} = 0.112 \text{m}^3$$

$$V_{\text{cajas.total}} := V_{\text{caja}} \cdot N_{\text{cajas.camara}} = 145.152 \text{m}^3$$

$$V_{\text{aire}} := (V_{\text{camara}} - V_{\text{cajas.total}}) = 74.875 \text{m}^3$$

### **3- CALCULO DE LAS FRIGORIAS PARA REFRIGERAR LAS CAJAS**

La masa de cajas llenas a refrigerar es:

$$G_{\text{residuos}} := 5 \text{kgf}$$

$$m_{\text{cajas}} := \frac{G_{\text{residuos}}}{g} = 5 \text{kg}$$

Cada caja en, promedio, contiene 2.5kg de plásticos, 1.25 kg de materia orgánica, metales 0.5 kg y vidrios 0.25 kg.

$$m_{\text{plast}} := 2.5 \text{kg} \quad m_{\text{mat.org}} := 1.25 \text{kg} \quad m_{\text{met}} := 0.5 \text{kg} \quad m_{\text{vidrios}} := 0.25 \text{kg}$$

$$m_{\text{yeso}} := 0.5 \text{kg}$$

Se debe considerar que toda materia orgánica está compuesta, aproximadamente, por un 60% de agua. La masa de agua total es:

$$m_{\text{agua}} := 0.6 m_{\text{mat.org}} = 0.75 \text{kg}$$

$$m_{\text{masa.org}} := 0.4 m_{\text{mat.org}} = 0.5 \text{kg}$$

Verificamos el total de la masa por caja

$$m_{\text{caja}} := m_{\text{plast}} + m_{\text{yeso}} + m_{\text{met}} + m_{\text{vidrios}} + m_{\text{agua}} + m_{\text{masa.org}} = 5 \text{kg}$$



CALORES ESPECIFICOS

$$c_{p.agua} := 1 \cdot \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot \Delta^{\circ}\text{C}}$$

Calor especifico del agua

$$C_{p.aire} := 1012 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Calor especifico del aire

$$C_{p.yeso} := 1000 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Calor especifico del Yeso

$$C_{p.C} := 1300 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Calor especifico del Carbono

$$C_{p.vidrio} := 0.84 \frac{\text{J}}{\text{gm} \cdot \text{K}}$$

Calor Especifico del vidrio

$$C_{p.AISI304} := 477 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Calor Especifico de agujas de jeringa. AISI 304

$$C_{p.poliprop} := 1800 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

Calor Especifico de jeringas. Polipropileno

La cámara frigorífica trabajará entre las temperaturas de 30° y 0°C.

Las frigorías por hora necesarias para enfriar las cajas será:

$$Q_{cf} := m_{plast} \cdot C_{p.poliprop} \cdot [(30 + 274) \cdot \text{K} - (0 + 274) \text{K}] \dots = 66.198 \text{kcal}$$

$$+ m_{met} \cdot C_{p.AISI304} \cdot [(30 + 274) \cdot \text{K} - (0 + 274) \text{K}] + m_{masa.organica} \cdot C_{p.C} \cdot [(30 + 274) \cdot \text{K} - (0 + 274) \text{K}] \dots$$

$$+ m_{vidrios} \cdot C_{p.vidrio} \cdot [(30 + 274) \cdot \text{K} - (0 + 274) \text{K}] + m_{yeso} \cdot C_{p.yeso} \cdot [(30 + 274) \cdot \text{K} - (0 + 274) \text{K}] \dots$$

$$+ m_{agua} \cdot c_{p.agua} \cdot [(30 + 274) \cdot \text{K} - (0 + 274) \text{K}]$$

Las frigorías totales para el número de cajas serán:

$$Q_I := Q_{cf} \cdot N_{cajas.camara} \cdot \frac{1}{\text{hr}} = 85792.674 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$



#### 4- APORTES CALORIFICOS EXTERIORES. PERDIDAS

Se adopta una cámara de tipo modular, este tipo de construcciones es a base de paneles tipo "sándwich" de poliuretano expandido con espesores que varían de 60 mm a 160 mm, los revestimientos exterior e interior son de chapa de aluminio tratada contra la oxidación o de acero inoxidable. El ensamblaje de los paneles se efectúa por medio de diversos dispositivos mecánicos que aseguran la estanqueidad. La cámara modular se encontrará dentro de un galpón alejado del horno para evitar los aportes de calor del mismo. Se dispondrá de dos puertas de 2.5 metros cada una para facilitar el paso del auto elevador, además contendrá una cortina de PVC para evitar pérdidas de frío.

Para el cálculo de los espesores de los aislantes utilizados, se limita el flujo máximo de calor ( $q = U \cdot \Delta t$ ) a un valor de  $q_{max}$  (siendo:  $\Delta t =$  salto térmico entre ambos lados de la superficie;  $U$  coeficiente global de transferencias de calor).

$$U := \frac{1}{\frac{1}{h_{ext}} + \Sigma + \dots}$$

$$q_{max} := 8 \frac{\text{kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{hr}}$$

$$h_{int} := 7.14 \frac{\text{kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}} \quad \text{Coeficiente de convección aire superficie interior.}$$

$$h_{ext} := 20 \frac{\text{kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}} \quad \text{Coeficiente de convección aire superficie exterior.}$$

##### Paredes y techo:

Serán de panel Sándwich poliuretano frigorífico PUR.

Las temperaturas exteriores de las paredes se estiman como promedio de las paredes que conforman la cámara.

$$t_{exteriorpared} := 35^\circ\text{C} \quad t_{interiorpared} := 0^\circ\text{C} \quad K_{PUR} := 0.02 \frac{\text{kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m} \cdot \text{K}}$$

$$e_{pared} := \left( \frac{1}{\frac{q_{max}}{t_{exteriorpared} - t_{interiorpared}} - \frac{1}{h_{int}} - \frac{1}{h_{ext}}} \right) \cdot K_{PUR} = 83.699 \text{ mm}$$



### Techo

La temperatura exterior del techo se estima considerando 40°C no se considera un aumento significativo ya que la cámara se encontrara dentro de un galpón.

$$t_{\text{exterior techo}} := 40^{\circ}\text{C} \quad t_{\text{interior techo}} := 0^{\circ}\text{C}$$

$$h_{\text{int. techo}} := 5.26 \frac{\text{kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}} \quad \text{Coeficiente de convección aire superficie interior.}$$

$$h_{\text{ext. techo}} := 8.33 \frac{\text{kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}} \quad \text{Coeficiente de convección aire superficie exterior.}$$

$$e_{\text{techo}} := \left( \frac{1}{\frac{q_{\text{max}}}{t_{\text{exterior techo}} - t_{\text{interior techo}}} - \frac{1}{h_{\text{int. techo}} - \frac{1}{h_{\text{ext. techo}}}} \right) \cdot K_{\text{PUR}} = 93.797 \text{mm}$$

### Suelo

El mismo será constituido por una losa de hormigón se estima la temperatura exterior del suelo igual a 15 °C:

$$K_{\text{hormigon}} := 1.4 \frac{\text{kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m} \cdot \text{K}} \quad t_{\text{exterior suelo}} := 15^{\circ}\text{C} \quad t_{\text{interior suelo}} := 0^{\circ}\text{C}$$

$$e_{\text{suelo1}} := 0.12 \text{r} \quad K_{\text{suelo1}} := 0.8 \frac{\text{kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m} \cdot \text{K}}$$

$$e_{\text{suelo2}} := 0.15 \text{r} \quad K_{\text{suelo2}} := 1.4 \frac{\text{kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m} \cdot \text{K}}$$

$$e_{\text{suelo3}} := 0.12 \text{r} \quad K_{\text{suelo3}} := 0.6 \frac{\text{kcal}}{\text{hr} \cdot \text{m} \cdot \text{K}}$$

$$e_{\text{suelo}} := \left( \frac{1}{\frac{q_{\text{max}}}{t_{\text{exterior suelo}} - t_{\text{interior suelo}}} - \frac{1}{h_{\text{int}} - \frac{e_{\text{suelo1}}}{K_{\text{suelo1}} - \frac{e_{\text{suelo2}}}{K_{\text{suelo2}} - \frac{e_{\text{suelo3}}}{K_{\text{suelo3}}}}} \right) \cdot K_{\text{PUR}} = 25.556 \text{mm}$$



$$e_{\text{suelototal}} := e_{\text{suelo}} + e_{\text{suelo1}} + e_{\text{suelo2}} + e_{\text{suelo3}} = 0.416\text{m}$$

### Calor de pérdidas

$$Q_p = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4} + Q_{p5}$$

Q.p1 = Aportes de calor por las puertas, paredes suelo y techo.

Q.p2 =Enfriamiento y secado del aire de renovación.

Q.p3 =Aportes de calor de la circulación y trabajo del personal dentro de la cámara.

Q.p4 =Iluminación ventiladores de evaporadores, bombas.

Q.p5 =Otros calores

### Cálculo de Qp1

Paredes:

Paredes cortas:

$$Q_{p1\text{paredescortas}} := 2 \cdot A_{\text{camara}} \cdot H_{\text{camara}} \cdot \frac{t_{\text{exteriorpared}} - t_{\text{interiorpared}}}{\frac{1}{h_{\text{ext}}} + \frac{1}{h_{\text{int}}} + \frac{e_{\text{pared}}}{K_{\text{PUR}}}} = 335.28 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

Paredes largas:

$$Q_{p1\text{paredeslargas}} := 2 \cdot L_{\text{camara}} \cdot H_{\text{camara}} \cdot \frac{t_{\text{exteriorpared}} - t_{\text{interiorpared}}}{\frac{1}{h_{\text{ext}}} + \frac{1}{h_{\text{int}}} + \frac{e_{\text{pared}}}{K_{\text{PUR}}}} = 426.72 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

Techo:

$$Q_{p1\text{techo}} := L_{\text{camara}} \cdot A_{\text{camara}} \cdot \frac{t_{\text{exteriortecho}} - t_{\text{interiortecho}}}{\frac{1}{h_{\text{ext.techo}}} + \frac{1}{h_{\text{int.techo}}} + \frac{e_{\text{pared}}}{K_{\text{PUR}}}} = 770.838 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$



Suelo

$$Q_{p1suelo} := L_{camara} \cdot A_{camara} \cdot \frac{t_{exteriorsuelo} - t_{interiorsuelo}}{\frac{1}{h_{int}} + \frac{e_{suelo}}{K_{PUR}} + \frac{e_{suelo1}}{K_{suelo1}} + \frac{e_{suelo2}}{K_{suelo2}} + \frac{e_{suelo3}}{K_{suelo3}}} = 693 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

Sumando el total de las perdidas tendremos:

$$Q_{p1} := Q_{p1paredescortas} + Q_{p1paredeslargas} + Q_{p1techo} + Q_{p1suelo} = 2225.838 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

Calculo de Qp2

Según el volumen de la cámara y a la temperatura dentro de ella, consideramos el número de renovaciones por días igual a 3.

$$n_{renovacion} := 3 \cdot \frac{1}{\text{day}}$$

Característica del aire a las diferentes temperaturas son:

Entalpia y volumen especifico del aire exterior a 30 °C con 40 % de humedad relativa:

$$i_{aireexterior} := 13.5 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \qquad V_{eaireexterior} := 0.896 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

Entalpia y volumen especifico del aire exterior a 0 °C con 90 % de humedad relativa:

$$i_{aireinterior} := 2.24 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \qquad V_{eaireinterior} := 0.778 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

Volumen de aire dentro de la cámara:

$$V_{aire} = 74.875 \text{m}^3$$

Consideramos el promedio de los volúmenes especificos del aire:

$$V_{epromedio} := \frac{V_{eaireexterior} + V_{eaireinterior}}{2} = 0.837 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$



El Q.p2 resulta:

$$Q_{p2} := (i_{\text{aire exterior}} - i_{\text{aire interior}}) \cdot n_{\text{renovacion}} \cdot \frac{V_{\text{aire}}}{V_{\text{epromedio}}} = 125.911 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

### Cálculo de Q.p3

Se determina el aporte de calor por la circulación y el trabajo del personal en la cámara se determina de la siguiente manera:

Siendo:

- N.personas: N° de personas dentro de la cámara. Se considera un trabajador que maneja el autoelevador y otra persona que inspecciona.
- t.persona: tiempo de permanencia en horas por día.
- q.persona: suma del calor latente y sensible por persona. Se considera trabajo liviano.

$$N_{\text{personas}} := 2 \quad q_{\text{personas}} := 80 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} + 60 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}} = 162.82 \text{W} \quad t_{\text{persona}} := 1 \frac{\text{hr}}{\text{day}}$$

$$Q_{p3} := N_{\text{personas}} \cdot q_{\text{personas}} \cdot t_{\text{persona}} = 11.667 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

### Cálculo de Q.p4

Considero aproximadamente que la iluminación aporta alrededor de 5 W/m<sup>2</sup>, lográndose 150 lux en el plano del suelo. se toma como funcionamiento el tiempo de permanencia del personal dentro de la cámara, que es de 1 hora por día. Por lo tanto la potencia de iluminación es:

$$Q_{p4} := 5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} A_{\text{camara}} L_{\text{camara}} \cdot t_{\text{persona}} = 15.518 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

### Cálculo de Q.p5

Teniendo en cuenta:

Carga térmica introducida en el vacío, vía descarche de los evaporadores.

Carga térmica debida a la condensación procedente del exterior o del mismo producto

Carga térmica debida a los motores de los ventiladores para circulación y renovación de aire.

Se considera que es equivalente al 10 % de todos los calores arriba calculados



$$Q_{p5} := 0.1(Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4}) = 237.893 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

**Cálculo de los aportes caloríficos exteriores:**

$$Q_{ptotal} := Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4} + Q_{p5} = 2616.827 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

**Carga térmica total a evacuar de la cámara:**

$$Q_{total} := Q_1 + Q_{ptotal} = 88409.501 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

**5- CÁLCULO DEL EQUIPO FRIGORIFICO**

Para realizar el cálculo debemos considerar una distribución parcial del equipo para adaptar la demanda de frío del sistema. Así se consigue en cada instante el régimen de potencia más cercano al máximo rendimiento. Para ello, consideramos más conveniente adoptar tres equipos para cubrir la demanda ya que la cámara en condiciones normales trabajara en condiciones de poco almacenamiento.

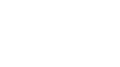
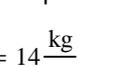
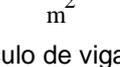
Frigorías por hora de cada equipo:

$$Q_{equipo} := \frac{Q_{total}}{3} = 29469.834 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

Se seleccionara tres equipos intarcón de 43kw



Otros productos Intarcón cuenta con un catálogo de producto industrial en el que están disponibles los siguientes equipos.

	Serie	Volumen aproximado de cámara frigorífica	Potencia frigorífica nominal (kW)			Características constructivas				
			ALTA temperatura Tc: +12 °C	MEDIA temperatura Tc: +10 a -5°C	BAJA temperatura Tc: -15 a -25°C	Tipo de construcción	Tipo de compresor	Tipo de evaporador	Tipo de condensador y control	
EQUIPOS COMPACTOS Y SEMICOMPACTOS	 MSF-QF	25 - 250 m³	5,0 - 17 kW	3,4 - 12 kW		Semicompacto silencioso	Hermético	Cúbico	Axial modulante	
	 BSF-QF	25 - 200 m³			2,5 - 8,6 kW	Semicompacto silencioso	Hermético	Cúbico	Axial modulante	
	 ASF-DF	25 - 200 m³	5,6 - 15 kW			Semicompacto silencioso	Hermético	Doble flujo	Axial modulante	
	 MSF-DF	25 - 200 m³		3,6 - 10 kW		Semicompacto silencioso	Hermético	Doble flujo	Axial modulante	
	 MCH	50 - 1000 m³	7,0 - 60 kW	4,5 - 43 kW		Compacto	Hermético y Scroll	Cúbico	Axial modulante	
	 BCH	50 - 1000 m³			3,5 - 26 kW	Compacto	Hermético y Scroll	Cúbico	Axial modulante	
	 MSV	50 - 1000 m³	11 - 65 kW	8 - 45 kW		Semicompacto	Hermético y Scroll	Cúbico	Centrífuga modulante	
	 BSV	50 - 1000 m³			7 - 25 kW	Semicompacto	Hermético y Scroll	Cúbico	Centrífuga modulante	
	 MSE	300 - 4000 m³	20 - 140 kW	14 - 100 kW		Semicompacto silencioso	Hermético y Scroll	Cúbico 1x y 2x	Axial modulante	
	 BSE	200 - 2500 m³			8 - 50 kW	Semicompacto silencioso	Hermético y Scroll	Cúbico 1x y 2x	Axial modulante	
		Serie	Volumen aproximado de cámara frigorífica	ALTA temperatura Tc: +12 °C	MEDIA temperatura Tc: +10 a -5°C	BAJA temperatura Tc: -15 a -25°C	Tipo de construcción	Tipo de Desescarche	Tipo de ventilador y alcance	Regulación

## 6- CALCULO ESTRUCTURA TECHO (PLANO DE CÁMARA N°2).

Peso específico del las placas:

$$P_e := 14 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Cálculo de vigas transversales: las mismas estarán hechas con caños Schedule

$$l_{vt} := 4.5\text{m}$$

Peso a soportar:

$$P_{vt} := 1.8\text{m} \cdot 4.5\text{m} \cdot P_e = 118.44\text{kg}$$

$$w_{vt} := \frac{P_{vt}}{4.5\text{m}} = 26.32 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Momento flector máximo es:

$$M_{f_{vt}} := \frac{(w_{vt} \cdot l_{vt}^2)}{8} = 66.622\text{m} \cdot \text{kg}$$



Se adoptara un caño Schedule de 2 1/2 " cuyo datos característicos son:

Diámetro exterior:

$$De_{vt} := 73.03\text{mm} \quad e_{vt} := 5.16\text{mm}$$

Diámetro interior:

$$Di_{vt} := De_{vt} - e_{vt} = 0.068\text{m}$$

Verificamos nuestro caño al esfuerzo máximo de flexión:

$$\sigma_{adm} := 1200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{admSch} := \frac{(10 \cdot Mf_{vt} \cdot De_{vt})}{De_{vt}^4 - Di_{vt}^4} = 673.267 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{adm} > \sigma_{admSch} = 1 \quad \text{El esfuerzo de nuestra viga es menor que el admisible del material por lo que verifica.}$$

Calculo vigas longitudinales: al igual que las anteriores estarán hechas de caños Schedule.

Largo viga:

$$l_{vl} := 3.76\text{m}$$

Peso total a soportar:

$$p_{vl} := \frac{(P_e \cdot l_{vl} \cdot 4.5\text{m})}{2} = 118.44\text{kg}$$

Se adoptara un caño Schedule de 2 1/2 " cuyo datos característicos son:

Diámetro exterior:

$$De_{vl} := 73.03\text{mm} \quad e_{vl} := 7.01\text{mm}$$

Diámetro interior:

$$Di_{vl} := De_{vl} - e_{vl} = 0.066\text{m}$$

Verificamos nuestro caño al esfuerzo máximo de flexión:

$$\sigma_{adm} > \sigma_{admSchl} = 1$$



El esfuerzo de nuestra viga es menor que el admisible del material por lo que verifica.

## **7- CALCULO COLUMNAS:**

$$h_c := 2.55\text{m}$$

Se seleccionara un caño Schedule el cual verificara a compresión y pandeo

Esfuerzo máximo a soportar:

Distancia entre vigas transversales

$$d_{vt} := 1.88\text{m}$$

$$P_{\max} := 2 \cdot d_{vt} \cdot P_e \cdot 4.5\text{m} = 236.88\text{kg}$$

Se adoptara un caño Schedule de 1 1/2 " cuyo datos característicos son:

Diámetro exterior:

$$De_c := 48.26\text{mm} \quad e_c := 1.65\text{mm}$$

Diámetro interior:

$$Di_c := De_c - e_c = 0.047\text{m}$$

Verificación a compresión

Área material:

$$A_v := \pi \cdot \frac{(De_c)^2}{4} - \pi \cdot \frac{(Di_c)^2}{4} = 122.943\text{mm}^2$$

$$\sigma_{\text{com}} := \frac{P_{\max}}{A_v} = 192.675 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Verificación a pandeo

Tomamos la viga como empotrada en los dos extremos

$$l_o := h_c \cdot 0.5 = 1.275\text{m}$$

Índice de esbeltez

$$I := \frac{\pi}{64} \cdot (De_c^4 - Di_c^4) = 3.459 \times 10^4 \cdot \text{mm}^4$$





---

$$\lambda := l_o \cdot \sqrt{\frac{A_v}{I}} = 76.013$$

Como es menor que 100, valor que se da para los aceros se usara para la verificación la ecuación de Rankine.

$$F_c := \frac{\sigma_{adm} \cdot A_v}{1 + \frac{l_o^2 \cdot A_v}{\lambda^2 \cdot I}} = 737.656 \text{ kg}$$

Verifica ya que el esfuerzo sometido es mucho menor.



***2- HORNO  
ELÉCTRICO DE  
INCINERACIÓN DE  
RESIDUOS  
PATOLÓGICOS***



---

## **1) DISEÑO Y CÁLCULO DE HORNO ELÉCTRICO.**

La temperatura en el interior del horno es de 1200°C. Este valor se obtendrá por medio de resistencias de NICROM 80/20.

Para obtener un valor uniforme de temperatura, las resistencias estarán dispuestas en las paredes, tanto laterales como fondo.

Detrás de estas, en las paredes, se realizarán orificios donde ingresará el aire necesario para una correcta combustión de los residuos.

A su vez, este aire actuará como soplador de cenizas, evitando que estas se asienten sobre las resistencias impidiendo de esta manera la producción de pérdidas de calor.

La cámara del horno estará fabricada con paredes, suelo y techo de PLACAS ASILANTES DE FIBRA DE CERÁMICA REFRACTARIA de 5 pulgadas (12.7 cm) de espesor.

En las paredes se realizarán, sobre estas placas aislantes, ranuras donde irán colocadas resistencias y los orificios de ingreso de aire. A su vez, en el suelo, se harán ranuras por donde las cenizas caerán hacia el cenicero.

En la parte del cenicero, se colocarán tubos de que succionarán las cenizas hacia este. Estos las atraerán realizando una depresión dentro del horno. Se succionará el aire por medio de compresores, atrayendo de esta manera las cenizas al cenicero. En los tubos se colocará un tamiz que evitará el ingreso de cenizas hacia estos.

Las cenizas caerán sobre una bandeja, la cual se retirará y se enviará a su adecuado tratamiento.

Se comenzará el cálculo del horno con la obtención del calor necesario para la combustión, teniendo en cuenta los distintos elementos a quemar y las pérdidas que se producen. Se calculará también el aire que es necesario aportar para una correcta combustión.

---

**a) Proceso de quemado de residuos. Etapas de funcionamiento.**

Para la descripción del proceso que lleva a cabo el horno para la combustión, dividiremos este en 3 etapas, siendo:

**1ª ETAPA: Arranque del horno**

La temperatura inicial dentro de este es la ambiente, la cual consideraremos como 20°C. Por lo tanto, se considerará un tiempo de 30 minutos para que el horno llegue a la temperatura máxima, la cual es 1200°C.

Al arrancar el horno, las resistencias se calentarán gradualmente debido al paso de una corriente eléctrica y así, también se irá elevando la temperatura en el interior.

Esta es la etapa de arranque y calentamiento del horno.

**2ª ETAPA: Combustión de los residuos**

A medida que se eleva la temperatura del horno, los residuos también lo harán.

En esta etapa, ya alcanzada la temperatura deseada, se mantendrá el funcionamiento de las resistencias a su máximo rendimiento durante un tiempo de 2 horas. Esto se hará para que los residuos combustionen totalmente y puedan quemarse por sí solos.

Una vez alcanzada la combustión de los residuos, por medio de una automatización en base a termocuplas, se mantendrá el horno a 1.200°C. Si la temperatura aumenta en algún punto del horno, estas detectan este incremento y apagan las resistencias adecuadas. Posteriormente, si la temperatura disminuye, las resistencias apagadas vuelven a encender.

Se considerará que la combustión dura un tiempo de 5 horas.



---

3° ETAPA: Finalización del proceso

A medida que la combustión finalice y la temperatura disminuya las resistencias irán aumentando su rendimiento para mantener la temperatura a 1200°C el tiempo restante para completar las 8 horas y así poder finalizar la combustión completa.



**b) Cálculo del horno (PLANO 1 - 01)**

Datos de las cajas

Se deberán quemar 25500 kg por mes. Como dato obtenido, el promedio de pesos por caja es de 5kg, por lo tanto tendremos un total de 5100 cajas a quemar por mes.

La cantidad de cajas por pale es de 27. La cantidad de pales es:

$$N^{\circ}_{\text{pales}} := \frac{5100}{27} = 188.889 \quad N^{\circ}_{\text{pales.real}} := 190$$

Por lo tanto se quemarán 190 pales por mes. Teniendo en cuenta la gran cantidad de material a quemar, debemos optar por un horno de grandes dimensiones o trabajar 6 días a la semana. Debido a que un horno de grandes dimensiones nos resulta antieconómico, elegiremos trabajar 6 días a la semana. La cantidad de pales por semana es:

$$N^{\circ}_{\text{pales.sem.}} := \frac{N^{\circ}_{\text{pales.real}}}{4} = 47.5 \quad \sqrt{N^{\circ}_{\text{pales.sem.}}} := 48$$

Se quemarán 48 pales por semana. El horno trabajará 6 días por semana, en dos turnos de 8 hs., quemando así 4 pales por turno.

Las dimensiones de las cajas son:

$$h_{\text{caja}} := 70\text{cm} \quad b_{\text{caja}} := 40\text{cm} \quad a_{\text{caja}} := 40\text{cm}$$

$$V_{\text{caja}} := h_{\text{caja}} \cdot b_{\text{caja}} \cdot a_{\text{caja}} = 0.112\text{m}^3$$

Datos del horno.

Consideramos colocar 108 cajas dentro del horno por tanda, las mismas tienen una masa de 5kg. Las cajas estarán paletizadas de forma tal que de que el aire y calor circulen por entre medio de estas. El paletizado tendrá una dimensión de 3.3 m de altura por 2.85 m, por ancho de 2.85 m. Los pales estarán separados entre sí por 15 cm.

$$h := 3.3\text{m} \quad b := 2.85\text{m} \quad a := 2.85\text{m}$$

$$V_{\text{horno}} := h \cdot b \cdot a = 26.804\text{m}^3$$

$$\sqrt{N_{\text{cajas}}} := 108$$

El volumen que ocupan las cajas dentro del horno es:

$$V_{\text{cajas}} := V_{\text{horno}} - N_{\text{cajas}} \cdot V_{\text{caja}} = 14708250\text{cm}^3$$

$$\sqrt{V_{\text{cajas}}} = 14708250\text{cm}^3$$



Los elementos a quemar con mayor Calor Específico son:

$$C_{p.\text{vidrio}} := 0.84 \frac{\text{J}}{\text{gm}\cdot\text{K}} \quad \text{Calor Específico del vidrio}$$

$$C_{p.\text{AISI304}} := 477 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \quad \text{Calor Específico de agujas de jeringa. AISI 304}$$

$$C_{p.\text{poliprop}} := 1800 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \quad \text{Calor Específico de jeringas. Polipropileno}$$

Otros elementos utilizados son las sondas vesicales, sondas nasogásticas, guantes, etc., las cuales son fabricadas de Latex Siliconado, Silicona pura, Polivinilo o Poliuretano, cuyos calores específicos son:

$$C_{p.\text{poliv}} := 840 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \quad \text{Calor específico de Polivinilo} \quad C_{p.\text{poliv}} = 0.84 \frac{\text{J}}{\text{gm}\cdot\text{K}}$$

$$C_{p.\text{silicona}} := 1000 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \quad \text{Calor específico de la Silicona} \quad C_{p.\text{silicona}} = 1 \cdot \frac{\text{J}}{\text{gm}\cdot\text{K}}$$

$$C_{p.\text{poliur}} := 1800 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \quad \text{Calor específico del Poliuretano} \quad C_{p.\text{poliur}} = 1.8 \frac{\text{J}}{\text{gm}\cdot\text{K}}$$

También se deben tener en cuenta los huesos, los cuales están compuestos de 25% de agua, 45% de minerales como Fosfato y Carbonato de Calcio, y 30% de materia orgánica, principalmente colágeno y otras proteínas. Los componentes inorgánicos alcanzan aproximadamente 2/3 (65%) del peso óseo (y tan solo 35% es orgánico).

$$C_{p.\text{Ca}} := 650 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \quad \text{Calor específico del Calcio}$$

$$C_{p.\text{C}} := 1300 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \quad \text{Calor específico del Carbono}$$

$$C_{p.\text{P}} := 739.86 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \quad \text{Calor específico del Fósforo}$$

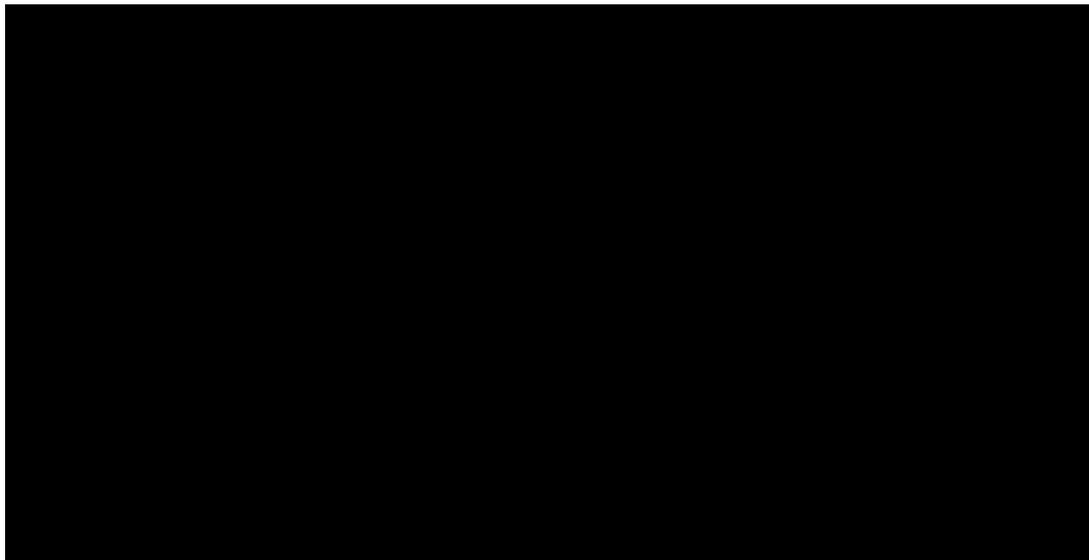
$$C_{p.\text{Mg}} := 1024 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \quad \text{Calor específico del Magnesio}$$

$$C_{p.\text{S}} := 0.710 \frac{\text{J}}{\text{gm}\cdot\text{K}} \quad \text{Calor específico del Azufre}$$



En cada caja tenemos un valor promedio de 1.25 kg materia orgánica.

En la materia orgánica se deben tener en cuenta los aminoácidos, estos son compuestos orgánicos formados principalmente por C, H, N, O y S. Y algunos son cadenas Fenólicas, que al ser quemados producen olores. Existen cientos de cadenas R por lo que se conocen cientos de aminoácidos diferentes, pero sólo 20 forman parte de las proteínas.



Los principales aminoácidos se encuentran en esta tabla con sus composiciones en valor promedio.

La materia está compuesta por el 30% de proteínas y de 70% agua.

La cantidad de aminoácidos en 1.25 kg es:

$$m_{\text{aminoac}} := \frac{30 \cdot 1.25 \text{ kg}}{100} = 0.375 \text{ kg} \qquad m_{\text{agua}} := 1.25 \text{ kg} - m_{\text{aminoac}} = 0.875 \text{ kg}$$

En la tabla se observa los porcentajes de cada elemento en los aminoácidos.

La cantidad de C es:

$$m_{\text{C.aminoac}} := \frac{45.591 m_{\text{aminoac}}}{100} = 0.171 \text{ kg}$$

La cantidad de H es:

$$m_{\text{H.aminoac}} := \frac{7.2684 m_{\text{aminoac}}}{100} = 0.027 \text{ kg}$$

La cantidad de N es:

$$m_{\text{N.aminoac}} := \frac{14.741 m_{\text{aminoac}}}{100} = 0.055 \text{ kg}$$



La cantidad de O es:

$$m_{O.aminoac} := \frac{30.004 m_{aminoac}}{100} = 0.113 \text{kg}$$

La cantidad de S es:

$$m_{S.aminoac} := \frac{2.44 m_{aminoac}}{100} = 0.009 \text{kg}$$

Otro material son los yesos, cuyo calor específico es:

$$C_{p.yeso} := 1000 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad \text{Calor específico del Yeso}$$

También se debe tener en cuenta el aire, el cual estará presente dentro del horno, el cual está compuesto por 78,084% de N, 20.946% de O, 0.9340% Ar.

$$C_{p.aire} := 1012 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad \text{Calor específico del aire}$$

$$C_{p.N} := 1040 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad \text{Calor específico del Nitrógeno}$$

$$C_{p.O} := 918 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \quad \text{Calor específico del Oxígeno}$$

El calor específico para la materia orgánica lo sacaremos como promedio de los calores específicos de los elementos que los componen. Este es:

$$C_{p.mat.org} := \frac{C_{p.O} + C_{p.N} + C_{p.C} + C_{p.S}}{4} = 992 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

El volumen del aire promedio dentro del horno lleno es:

$$V_{aire} := V_{horno} - V_{cajas} = 12.096 \text{m}^3$$

La masa de aire a calentar es:

$$\delta_{aire} := 1.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Para el cálculo consideramos un exceso de aire de 5. La masa total de aire es:



$$\overline{e_{\text{aire}}} := 5 \quad \text{Exceso de aire}$$

$$m_{\text{aire}} := e_{\text{aire}} \cdot \delta_{\text{aire}} \cdot V_{\text{aire}} = 72.576 \text{kg}$$

$$\overline{m_{\text{aire}}} = 72.576 \text{kg}$$

La masa de cajas llenas a quemar es:

$$\overline{G_{\text{residuos}}} := 5 \text{kgf}$$

$$m_{\text{cajas}} := \frac{G_{\text{residuos}}}{g} = 5 \text{kg}$$

$$m_{\text{total}} := N_{\text{cajas}} \cdot m_{\text{cajas}} = 540 \text{kg}$$

$$\overline{m_{\text{total}}} = 540 \text{kg}$$

Cada caja en, promedio, contiene 2.5kg de plásticos, 1.25 kg de materia orgánica, metales 0.5 kg y vidrios 0.25 kg.

$$m_{\text{plast}} := 2.5 \text{kg} \quad m_{\text{mat.org}} := 1.25 \text{kg} \quad m_{\text{met}} := 0.5 \text{kg} \quad m_{\text{vidrios}} := 0.25 \text{kg}$$

$$m_{\text{yeso}} := 0.5 \text{kg}$$

Se debe considerar que toda materia está compuesta, aproximadamente, por un 60% de agua. La masa de agua total es:

$$m_{\text{agua}} := 0.6 m_{\text{cajas}} = 3 \text{kg} \quad c_{p,\text{agua}} := 1 \cdot \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot \Delta^{\circ}\text{C}}$$

Consideraremos una temperatura interior del horno máxima de 1200°C y que los residuos combustionan durante 5 hs. El calor necesario para quemar una caja es:

$$Q_{h,n} := \frac{1}{5 \text{hr}} \left[ m_{\text{aire}} \cdot C_{p,\text{aire}} \cdot [(1200 + 274) \cdot \text{K} - (20 + 274) \text{K}] + 0.4 m_{\text{plast}} \cdot C_{p,\text{poliprop}} \cdot [(1200 + 274) \cdot \text{K} - (20 + 274) \text{K}] \dots \right. \\ \left. + 0.4 m_{\text{met}} \cdot C_{p,\text{AISI304}} \cdot [(1200 + 274) \cdot \text{K} - (20 + 274) \text{K}] + 0.4 m_{\text{mat.org}} \cdot C_{p,\text{mat.org}} \cdot [(1200 + 274) \cdot \text{K} - (20 + 274) \text{K}] \dots \right. \\ \left. + 0.4 m_{\text{vidrios}} \cdot C_{p,\text{vidrio}} \cdot [(1200 + 274) \cdot \text{K} - (20 + 274) \text{K}] + 0.4 m_{\text{yeso}} \cdot C_{p,\text{yeso}} \cdot [(1200 + 274) \cdot \text{K} - (20 + 274) \text{K}] \right] = 4290.834 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

$$\overline{Q_{h,n}} = 4290.834 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$



A este calor debemos sumarle CALOR SENSIBLE del agua, para elevar la temperatura de 20 °C a 1200°C; y también se debe sumar el CALOR LATENTE DE EVAPORACIÓN, dado que se produce el cambio de estado de agua a vapor, y el CALOR necesario para elevar la temperatura del vapor a los 1200°C.

El calor necesario para llevar la temperatura del agua a los 100°C es:

$$Q_{s.agua} := m_{agua} \cdot c_{p.agua} \cdot [(100 + 274) \cdot K - (20 + 274)K] \cdot \frac{1}{hr} = 240 \frac{kcal}{hr}$$

Siendo:

$$r_{agua} := 539 \frac{kcal}{kg} \quad \text{El calor de vaporización del agua.}$$

El calor latente de vaporización es:

$$Q_{l.v} := m_{agua} \cdot r_{agua} \cdot \frac{1}{hr} = 1617 \frac{kcal}{hr}$$

El calor total es:

$$Q_h := Q_{h.n} + Q_{s.agua} + Q_{l.v} = 6147.834 \frac{kcal}{hr}$$

El calor necesario para las 108 cajas (considerado el horno lleno) es:

$$Q_{hc} := Q_h \cdot N_{cajas} = 663966.119 \frac{kcal}{hr}$$

$$Q_{hc} = 663966.119 \frac{kcal}{hr}$$

Se deben tener en cuenta, para el cálculo de calor total necesario, las perdidas en las paredes. Las mismas estarán construidas de módulos en fibra cerámica Refractaria. Cuyos datos son:

$$\delta_{pc} := 3010 \frac{kg}{m^3} \quad \text{Densidad}$$

$$k_{pc} := 0.14 \frac{W}{m \cdot K} \quad \text{Conductividad térmica}$$

Tomando viscosidad dinámica del aire como:

$$\mu_{aire} := 0.000018 \frac{kg}{m \cdot s}$$



$$C_{p,\text{aire}} = 1.012 \times 10^3 \frac{\text{m}^2}{\text{K} \cdot \text{s}^2}$$

$$c_{p,\text{aire}.1200} := 1234 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \Delta^\circ\text{C}}$$

$$k_{\text{aire}.1200} := 0.09599 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \Delta^\circ\text{C}}$$

$$k_{\text{aire}.20} := 0.02514 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \Delta^\circ\text{C}}$$

La transferencia de calor del aire es:

$$h_{\text{aire}.20} := \frac{k_{\text{aire}.20}}{h} = 7.618 \times 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \Delta^\circ\text{C}}$$

$$h_{\text{aire}.1200} := \frac{k_{\text{aire}.1200}}{h} = 0.029 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \Delta^\circ\text{C}}$$

Las paredes laterales tienen las siguientes dimensiones:

$$h = 3.3\text{m} \quad b = 2.85\text{m} \quad e_p := 12.7\text{cm}$$

El área de la pared es:

$$A_{p,\text{lat}} := h \cdot b = 9.405\text{m}^2$$

Las resistencias térmicas de las paredes laterales son:

$$R_{p,\text{lat}} := \frac{e_p}{k_{pc} \cdot A_{p,\text{lat}}} = 0.096 \frac{\Delta^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$R_{i,\text{lat}.1200} := \frac{1}{h_{\text{aire}.1200} A_{p,\text{lat}}} = 3.655 \frac{\Delta^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$R_{i,\text{lat}.20} := \frac{1}{h_{\text{aire}.20} A_{p,\text{lat}}} = 13.957 \frac{\Delta^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{total},p,\text{lat}} := 2 \cdot (R_{p,\text{lat}} + R_{i,\text{lat}.20} + R_{i,\text{lat}.1200}) = 35.417 \frac{\Delta^\circ\text{C}}{\text{W}}$$

Las pérdidas en las paredes laterales son:

$$Q_{p,\text{lat}} := \frac{[(1200 + 274) \cdot \text{K} - (20 + 274) \text{K}]}{R_{\text{total},p,\text{lat}}} = 28.647 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

### c) Pérdidas en el techo y suelo del horno

Estos tienen las siguientes dimensiones:

$$a = 2.85\text{m} \quad b = 2.85\text{m} \quad e_p = 0.127\text{m}$$



El área de la pared es:

$$A_{p.tech} := a \cdot b = 8.123m^2$$

Las resistencias térmicas de las paredes laterales son:

$$R_{p.tech} := \frac{e_p}{k_{pc} \cdot A_{p.tech}} = 0.112 \frac{\Delta^\circ C}{W}$$

$$R_{i.tech.1200} := \frac{1}{h_{aire.1200} A_{p.tech}} = 4.233 \frac{\Delta^\circ C}{W}$$

$$R_{i.tech.20} := \frac{1}{h_{aire.20} A_{p.tech}} = 16.161 \frac{\Delta^\circ C}{W}$$

$$R_{total.p.tech} := 2 \cdot (R_{p.tech} + R_{i.tech.20} + R_{i.tech.1200}) = 41.01 \frac{\Delta^\circ C}{W}$$

Las pérdidas en las paredes laterales son:

$$Q_{p.tech} := \frac{[(1200 + 274) \cdot K - (20 + 274)K]}{R_{total.p.tech}} = 24.741 \frac{kcal}{hr}$$

#### **d) Calor total necesario**

Este es el calor necesario para elevar a temperatura de 20°C a 1200°C, teniendo en cuenta las pérdidas del horno.

$$Q_{total} := Q_{hc} + Q_{p.lat} + Q_{p.tech} = 664019.508 \frac{kcal}{hr}$$

$$Q_{total} = 664019.508 \frac{kcal}{hr}$$





## 2) ANÁLISIS DE GASES

Al producir el quemado de residuos, se produce una disminución de masa del 70%, es decir, que un 30% de masa de residuo se transforma en cenizas y el 70% en gases. La masa de estos, producidos por caja, son:

$$m_{\text{gases}} := 0.7 m_{\text{cajas}} \cdot \frac{1}{\text{kg}} = 3.5 \quad (\text{por caja}) \quad m_{\text{cenizas}} := 0.3 m_{\text{cajas}} = 1.5\text{kg}$$

Los elementos predominantes son el C, H, N, O, S y Ca. Las masas de estos son:

En plásticos, que consideramos el Polipropileno como material predominante, tenemos que en una molécula de este hay 36.03345 gr/mol de C y 6.0472 gr/mol de H. Por tanto en 2.5 kg de masa por caja de plásticos hay:

$$m_{\text{C1}} := \frac{36.03345 \frac{\text{gm}}{\text{mol}} \cdot 2.5\text{kg}}{1 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} = 0.09\text{kg}$$

$$m_{\text{H1}} := \frac{6.0472 \frac{\text{gm}}{\text{mol}} \cdot 2.5\text{kg}}{1 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{mol}}} = 0.015\text{kg}$$

La masa de elementos en materia orgánica, antes calculadas, son:

$$\begin{aligned} m_{\text{C.aminoac}} &= 0.171\text{kg} & m_{\text{H.aminoac}} &= 0.027\text{kg} & m_{\text{N.aminoac}} &= 0.055\text{kg} \\ m_{\text{O.aminoac}} &= 0.113\text{kg} & m_{\text{S.aminoac}} &= 9.15 \times 10^{-3} \text{kg} \end{aligned}$$

También consideramos que hay 0.5 kg de yeso, el cual esta compuesto por:

$$m_{\text{Ca}} := 222.47\text{gm} \quad m_{\text{O2}} := 266.425\text{gm} \quad m_{\text{H2}} := 11.10\text{gm}$$

La masa total de los compuestos en una caja es:

$$m_{\text{C}} := (m_{\text{C1}} + m_{\text{C.aminoac}}) \cdot \frac{1}{\text{kg}} = 0.261$$

$$m_{\text{H}} := (m_{\text{H1}} + m_{\text{H2}} + m_{\text{H.aminoac}}) \cdot \frac{1}{\text{kg}} = 0.053$$

$$m_{\text{N}} := m_{\text{N.aminoac}} \cdot \frac{1}{\text{kg}} = 0.055$$

$$m_{\text{O}} := (m_{\text{O.aminoac}} + m_{\text{O2}}) \cdot \frac{1}{\text{kg}} = 0.379$$

$$m_{\text{S}} := m_{\text{S.aminoac}} \cdot \frac{1}{\text{kg}} = 9.15 \times 10^{-3}$$

$$m_{\text{Ca}} = 0.222\text{kg}$$





Reacción Qca.	PCS Kcal/Kg	PCI Kcal/Kg	Aire por Kg de Combustible	
			Kg	m <sup>3</sup>
C a CO <sub>2</sub>	7751	7751	11,53	9,40
H <sub>2</sub> a H <sub>2</sub> O	33605	28392	34,34	27,99
S a SO <sub>2</sub>	2191	2191	4,29	3,50

Para combustionar el Carbón, se necesitan:

$$V_{\text{aire.C}} := m_C \cdot N_{\text{cajas}} \cdot 9,4 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} = 265.018 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \quad \text{m}^3 \text{ por Kg de residuo}$$

Para combustionar el hidrógeno, se necesitan:

$$V_{\text{aire.H}} := m_H \cdot N_{\text{cajas}} \cdot 27,99 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} = 161.649 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \quad \text{m}^3 \text{ por Kg de residuo}$$

Para combustionar el Azufre, se necesitan:

$$V_{\text{aire.S}} := m_S \cdot N_{\text{cajas}} \cdot 3,5 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} = 3.459 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \quad \text{m}^3 \text{ por Kg de residuo}$$

El volumen total del aire será:

$$V_{\text{aire.comb}} := \frac{(V_{\text{aire.C}} + V_{\text{aire.H}} + V_{\text{aire.S}})}{(m_C + m_H + m_S) \cdot N_{\text{cajas}}} = 12.304 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \quad \text{m}^3 \text{ por Kg de residuo}$$

$$V_{\text{aire.comb}} = 12.304 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \quad \text{m}^3 \text{ por Kg de residuo}$$

La masa total de aire necesario para combustionar estos elementos es:

$$m_{\text{O.total}} := V_{\text{aire.comb}} \cdot \delta_{\text{aire}} = 14.765 \quad \text{kg de aire / kg de residuos}$$

$$m_{\text{O.total}} = 14.765 \quad \text{kg de aire / kg de residuos}$$

Esta masa se considera como el AIRE TEÓRICO. Este es la cantidad exacta de aire necesario para que todo el carbono se convierta en Anhídrido Carbónico y todo el Hidrógeno en agua.

Al quemar, se desea obtener una atmósfera oxidante, es decir, con exceso de aire. Esto es porque, se hace más difícil la formación de óxido de carbono y evitar la descomposición de Hidrocarburos.

Para el cálculo adoptaremos un COEFICIENTE DE EXCESO DE AIRE de 5.





$$\boxed{e_{\text{aire}} = 5}$$

Por tanto, el peso de aire real es:

$$m_{\text{O.real}} := e_{\text{aire}} \cdot m_{\text{O.total}} = 73.827 \quad \text{kg de aire / kg de residuos}$$

Teniendo en cuenta este valor, deberemos inyectar aire para lograr una correcta combustión. La cantidad de aire a inyectar es:

$$m_{\text{aire.e\%}} := \frac{(m_{\text{O.real}} - m_{\text{O.total}}) \cdot 100}{m_{\text{O.real}}} = 80$$

Se deberá inyectar un 80% más del aire necesario.

El volumen total de aire, considerando el exceso de aire es:

$$V_{\text{aire.total}} := \frac{m_{\text{O.real}}}{\delta_{\text{aire}}} = 61.522 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$\boxed{V_{\text{aire.total}} = 61.522 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}}$$

### a) Densidad y volumen de los gases

Siendo la densidad promedio de gases de combustión de  $0.753 \text{kg/m}^3$ , el volumen de los gases es:

$$\delta_{\text{gases}} := 0.753 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$V_{\text{gases}} := \frac{m_{\text{gases}} \cdot N_{\text{cajas}}}{\delta_{\text{gases}}} = 501.992 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

La cantidad total de gases, considerando el oxígeno libre, es:

$$V_{\text{gases.total}} := V_{\text{gases}} + V_{\text{aire.total}} = 563.514 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$\boxed{V_{\text{gases.total}} = 563.514 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}}$$



**b) Poder calorífico. Método analítico**

PODER CALORÍFICO DEL CARBONO

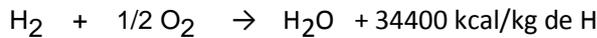
El Carbono si se combina con suficiente Oxígeno, produce Anhídrido Carbónico con desprendimiento de calor.



$$PC_C := 8140 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \cdot m_C = 2124.946 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

PODER CALORÍFICO DEL HIDRÓGENO

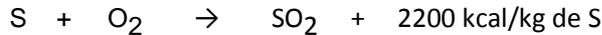
El Hidrógeno se combina con el Oxígeno en forma total, dando como resultado agua con desprendimiento de calor.



$$PC_H := 34400 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \cdot m_H = 1839.523 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

PODER CALORÍFICO DEL AZUFRE

El Azufre se combina con el Oxígeno formando Anhídrido Sulfuroso, según la siguiente reacción:



$$PC_S := 2200 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \cdot m_S = 20.13 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

**c) Poder calorífico. Fórmula de Dulong**

El poder calorífico superior se calcula como:

$$PCS := 8140 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \cdot m_C + 34400 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \cdot \left( m_H - \frac{m_O}{8} \right) + 2200 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \cdot m_S = 2355.157 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$\boxed{PCS = 2355.157 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}}$$

El poder calorífico inferior es:

$$PCI := 8140 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \cdot m_C + 29000 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \cdot \left( m_H - \frac{m_O}{8} \right) + 2200 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \cdot m_S = 2322.179 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

$$\boxed{PCI = 2322.179 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}}$$



### 3) PARTES. DISEÑO Y CALCULOS

#### a) Tiraje. Selección de ventilador.

En el final de la instalación, luego del sistema de limpieza de gases se colocará un ventilador que producirá la circulación de estos y los atraerá hacia la salida.

El tiraje se realizará por medio de un ventilador centrífugo. Se calculará la potencia necesaria para realizarlo y se seleccionará un ventilador y un motor necesario para realizar la tarea pretendida.

La salida de gases se debe realizar a una velocidad de 5 a 15 m/s. Para el cálculo adoptaremos una velocidad de 10 m/s. Se utiliza esta velocidad para evitar el asentamiento de partículas sobre la tubería.

El tiempo para calcular el caudal de gases será de 5 hs, las cuales consideramos como el tiempo en que se incineran los residuos.

$$\boxed{v_{s.gases} := 10 \frac{m}{s}}$$

Para evitar el asentamiento de gases en las tuberías, consideramos que estos estarán en estas por 2 segundos. El caudal volumétrico de gases es:

$$q_{vol.gases} := \frac{V_{gases.total} \cdot m_{gases} \cdot N_{cajas} \cdot kg}{5hr} = 11.834 \frac{m^3}{s}$$

$$\boxed{q_{vol.gases} = 11.834 \frac{m^3}{s}}$$

La densidad de los gases es:

$$\delta_{gases} = 0.753 \frac{kg}{m^3}$$

El caudal másico de gases es:

$$q_{mas.gases} := q_{vol.gases} \cdot \delta_{gases} = 8.911 \frac{kg}{s}$$

$$\boxed{q_{mas.gases} = 8.911 \frac{kg}{s}}$$

La **PRESIÓN DINÁMICA** es la necesaria para producir el movimiento de gases a la velocidad requerida. Esta produce un consumo de energía. Se calcula como:

$$p_{gases} := \frac{v_{s.gases}^2}{2} \cdot \delta_{gases} = 37.65Pa$$

$$\boxed{p_{gases} = 37.65Pa}$$



$$p_{\text{gases}} := \frac{v_{\text{s.gases}}^2}{2} \cdot \delta_{\text{gases}} = 37.65 \text{ Pa}$$

$$\overline{p_{\text{gases}}} = 37.65 \text{ Pa}$$

Se realizará una estimación de **pérdidas de carga**, la cual se calculará en función del Número de Reynolds.

$$v_{\text{aire}} := 1.5 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \quad \text{Viscosidad Cinemática}$$

### Pérdidas de tubos

El Número de Reynolds para la tubería de diámetro de 30 cm es:

$$\overline{D_{\text{tub.gases}}} := 30 \text{ cm} \quad \text{Diámetro de tuberías}$$

$$Re_{\text{gases}} := \frac{v_{\text{s.gases}} \cdot D_{\text{tub.gases}}}{v_{\text{aire}}} = 2 \times 10^5$$

El Radio Hidráulico para una tubería de sección circular de 30 cm es:

$$R_{h.30} := \frac{D_{\text{tub.gases}}}{4} = 7.5 \text{ cm}$$

Se tienen dos longitudes diferentes de tubos de 30 cm de diámetro, por lo tanto se sumarán las longitudes y se calculará la pérdida..

El coeficiente de pérdida de cargas primarias, según la ecuación de Poiseuille, es:

$$\lambda_{\text{gases.30}} := \frac{64}{Re_{\text{gases}}} = 3.2 \times 10^{-4}$$

En el sistema existen 5 tramos horizontales de 300 mm, las cuales tienen una longitud de 2 m, 1 m, 2 m, 2 m y 2 m. También hay 3 tramos verticales de 6 m, 4 m y 3 m. La longitud total es:

$$L_{30g} := 4 \cdot 2000 \text{ mm} + 1000 \text{ mm} + 6000 \text{ mm} + 4000 \text{ mm} + 3000 \text{ mm} = 22 \text{ m}$$

Según la ecuación de Darcy - Weisbach, la pérdidas de cargas primarias en esta tubería serán:



$$H_{p30g} := \lambda_{\text{gases}.30} \cdot \frac{L_{30g}}{4 \cdot R_{h.30}} \cdot \frac{v_{s.\text{gases}}^2}{2 \cdot g} = 0.12\text{m}$$

En las tuberías se tienen once codos. Se deberán tener en cuenta sus respectivas caídas de presión.

$$N_{\text{codos}} := 11$$

El coeficiente de pérdidas secundarias es:

$$\zeta_c := 0.8$$

$$H_{s.30g} := N_{\text{codos}} \cdot \zeta_c \cdot \frac{v_{s.\text{gases}}^2}{2g} = 44.868\text{m}$$

Las pérdidas de carga total en estas tuberías serán:

$$H_{20} := H_{p30g} + H_{s.30g} = 44.987\text{m}$$

Estas pérdidas se expresadas en unidades de presión, son:

$$\Delta p_{30g} := H_{20} \cdot \delta_{\text{aire}} \cdot g = 529.408\text{Pa}$$

$$\overline{\Delta p_{30g}} = 529.408\text{Pa}$$

La **Presión Total** del ventilador será:

$$P_{\text{tot.vent.gases}} := p_{\text{gases}} + \Delta p_{30g} = 567.058\text{Pa}$$

$$\overline{P_{\text{tot.vent.gases}}} = 567.058\text{Pa}$$

La **Potencia** necesaria para mover los gases es:

$$\overline{\eta_{\text{vent.cent}}} := 0.9 \quad \text{Rendimiento del ventilador centrífugo}$$

$$N_{\text{vent}} := \frac{q_{\text{vol.gases}} \cdot P_{\text{tot.vent.gases}}}{\eta_{\text{vent.cent}}} = 9.999\text{hp}$$

$$\overline{N_{\text{vent}}} = 7.456\text{kW}$$



De catálogo **SODECA** se seleccionará un ventilador centrífugo de media presión y simple aspiración, cuyo código de pedido es:

## TSAT - 22/11 - 12,5



TSAT = Ventilador centrífugo de simple aspiración a transmisión, equipado con motor eléctrico, conjunto de poleas, correas, protectores y turbina con álabes hacia adelante.

22/11 = Tamaño de la turbina.

12,5 = Potencia del motor (CV)

Los datos técnicos de este ventilador son:

### Características técnicas

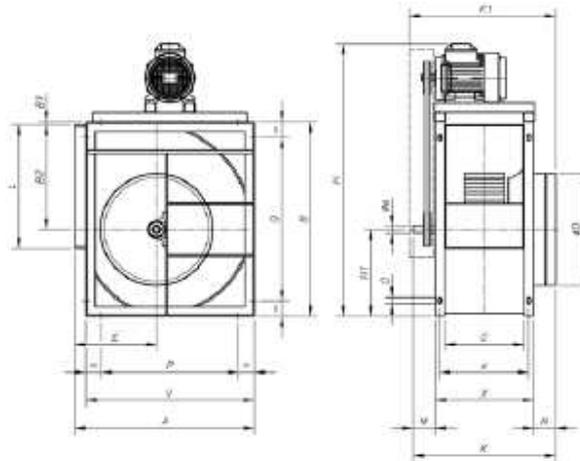
Modelo	Velocidad (r/min)	Intensidad máxima admisible (A)			Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel presión sonora dB(A)	Peso aprox. (Kg)
		230V	400V	690V				
TSAT C/JTSA 12/6-0,75	1000	2,4	1,4		0,55	2600	69	73
TSAT C/JTSA 12/6-1	1100	3,3	1,9		0,75	3100	71	74
TSAT C/JTSA 12/6-1,5	1250	4,5	2,6		1,1	3500	74	77
TSAT C/JTSA 12/6-2	1300	6,0	3,5		1,5	4250	77	80
TSAT C/JTSA 12/6-3	1500	8,3	4,8		2,2	4800	79	85
TSAT C/JTSA 15/7-1	800	3,3	1,9		0,75	4000	67	92
TSAT C/JTSA 15/7-1,5	850	4,5	2,6		1,1	4800	69	95
TSAT C/JTSA 15/7-2	920	6,0	3,5		1,5	5400	72	98
TSAT C/JTSA 15/7-3	1000	8,3	4,8		2,2	6400	75	103
TSAT C/JTSA 15/7-4	1050	11,2	6,5		3	7400	77	108
TSAT C/JTSA 18/9-1,5	750	4,5	2,6		1,1	5800	68	111
TSAT C/JTSA 18/9-2	790	6,0	3,5		1,5	6800	70	114
TSAT C/JTSA 18/9-3	800	8,3	4,8		2,2	8200	74	119
TSAT C/JTSA 18/9-4	850	11,2	6,5		3	9000	76	122
TSAT C/JTSA 18/9-5,5	920	14,9	8,6		4	10500	78	125
TSAT C/JTSA 20/10-2	650	6,0	3,5		1,5	8100	65	203
TSAT C/JTSA 20/10-3	690	8,3	4,8		2,2	10100	68	208
TSAT C/JTSA 20/10-4	750	11,2	6,5		3	11500	70	211
TSAT C/JTSA 20/10-5,5	790	14,9	8,6		4	13100	73	214
TSAT C/JTSA 20/10-7,5	850		11,1	6,4	5,5	15000	75	227
TSAT C/JTSA 22/11-3	580	8,3	4,8		2,2	11200	67	219
TSAT C/JTSA 22/11-4	610	11,2	6,5		3	13000	70	222
TSAT C/JTSA 22/11-5,5	650	14,9	8,6		4	15000	72	225
TSAT C/JTSA 22/11-7,5	690		11,1	6,4	5,5	17000	74	238
TSAT C/JTSA 22/11-10	750		14,8	8,5	7,5	19000	76	246
TSAT C/JTSA 22/11-12,5	790		17,8	10,3	9,2	21000	78	257

Las dimensiones de este, incluido el motor, el cual viene con el ventilador, son:



Dimensiones mm

TSAT



Modelo	A	B	B1	B2	C	eD	E	ee	H	H1	K	K1	L	M	N	O	P	Q	V	X	x
TSAT-20/10-2	843	963	35	523	330	575	375	35	1255	440	620	670	603	100	110	9x17	646	811	798	410	370
TSAT-20/10-3	843	963	35	523	330	575	375	35	1275	440	620	670	603	100	110	9x17	646	811	798	410	370
TSAT-20/10-4	843	963	35	523	330	575	375	35	1275	440	620	670	603	100	110	9x17	646	811	798	410	370
TSAT-20/10-5/5	843	963	35	523	330	575	375	35	1300	440	620	670	603	100	110	9x17	646	811	798	410	370
TSAT-20/10-7/5	843	963	35	523	330	575	375	35	1340	440	620	670	603	100	110	9x17	646	811	798	410	370
TSAT-22/11-3	913	1046	35	569	358	615	400	35	1355	477	648	700	693	100	110	9x17	716	894	868	438	398
TSAT-22/11-4	913	1046	35	569	358	615	400	35	1355	477	648	700	693	100	110	9x17	716	894	868	438	398
TSAT-22/11-5/5	913	1046	35	569	358	615	400	35	1280	477	648	700	693	100	110	9x17	716	894	868	438	398
TSAT-22/11-7/5	913	1046	35	569	358	615	400	35	1420	477	648	700	693	100	110	9x17	716	894	868	438	398
TSAT-22/11-10	913	1046	35	569	358	615	400	35	1420	477	648	700	693	100	110	9x17	716	894	868	438	398
TSAT-22/11-12/5	913	1046	35	569	358	615	400	35	1420	477	648	700	693	100	110	9x17	716	894	868	438	398
TSAT-22/11-15	913	1046	35	569	358	615	400	35	1480	477	648	700	693	100	110	9x17	716	894	868	438	398

**b) Ventilador para inyección de aire de combustión**

El aire necesario para la combustión será inyectado por detrás de las resistencias en las paredes del horno por medio de orificios realizados a lo largo de toda la ranura donde irán colocadas estas.

Se adoptó este método, ya que este aire, a su vez, mantiene soplando las cenizas sin que estas se depositen sobre las resistencias.

El aire será enviado por un ventilador centrífugo por medio de tuberías las cuales estarán unidas a tres tubos de mayor diámetro que actuarán como distribuidores. De estos saldrán los distintos tubos que se conectarán a los orificios realizados en las paredes del horno

El volumen de aire a inyectar es:

$$V_{\text{aire.comb}} = 12.304 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

Para la selección del ventilador se considerará que este aire será inyectado durante 8 hs., que es el tiempo considerado para la combustión de los residuos. Pero en el funcionamiento del horno, se inyectará aire desde el inicio de marcha del mismo.

El caudal volumétrico de aire es:



$$q_{\text{vol. aire}} := \frac{V_{\text{aire. total}} \cdot m_{\text{O. real}} \cdot \text{kg}}{5 \text{ hr}} = 0.252 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

El caudal másico de aire es:

$$q_{\text{mas. aire}} := q_{\text{vol. aire}} \cdot \delta_{\text{aire}} = 0.303 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\overline{q_{\text{mas. aire}} = 0.303 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}$$

La **PRESIÓN DINÁMICA** es la necesaria para producir el movimiento de gases a la velocidad requerida. Esta produce un consumo de energía. Se calcula como:

$$p_{\text{aire}} := \frac{v_{\text{s. gases}}^2}{2} \cdot \delta_{\text{aire}} = 60 \text{ Pa}$$

$$\overline{p_{\text{aire}} = 60 \text{ Pa}}$$

Las **pérdidas de carga** se calcularán para los distintos tramos y diámetros del sistema de tuberías, Esto se hará en función del Número de Reynolds.

$$\overline{v_{\text{aire}} := 1.95 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}$$

Viscosidad Cinemática

$$\overline{v_{\text{aire}} := 1.95 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}}$$

Pérdidas de tubos de 20 cm de diámetro.

El Número de Reynolds para la tubería de diámetro de 20 cm es:

$$\overline{D_{\text{tub. aire1}} := 20 \text{ cm}}$$

Diámetro de tuberías

$$Re_{\text{aire20}} := \frac{v_{\text{s. gases}} \cdot D_{\text{tub. aire1}}}{v_{\text{aire}}} = 1.026 \times 10^5$$

El Radio Hidráulico para una tubería de sección circular de 20 cm es:

$$R_{\text{h.20}} := \frac{D_{\text{tub. aire1}}}{4} = 5 \cdot \text{cm}$$



Se tienen dos longitudes diferentes de tubos de 20 cm de diámetro, por lo tanto se sumarán las longitudes y se calculará la pérdida.

El coeficiente de pérdida de cargas primarias, según la ecuación de Poiseuille, es:

$$\lambda_{\text{aire.20}} := \frac{64}{\text{Re}_{\text{aire20}}} = 6.24 \times 10^{-4}$$

Se tienen diferentes longitudes de diámetros de 20 cm. En el sistema existen 3 tramos de 300 mm, 4 tramos de 3648.5 mm y 8 tramos de 3000 mm. La longitud total es:

$$L_{20} := 3 \cdot 300\text{mm} + 4 \cdot 3648.5\text{mm} + 8 \cdot 3000\text{mm} = 39.494\text{m}$$

Según la ecuación de Darcy - Weisbach, la pérdidas de cargas primarias en esta tubería serán:

$$H_{p20} := \lambda_{\text{aire.20}} \frac{L_{20}}{4 \cdot R_{h.20}} \cdot \frac{v_{s.\text{gases}}^2}{2 \cdot g} = 0.628\text{m}$$

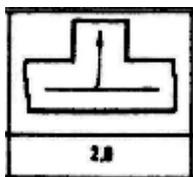
En cada conexión de tubos, se considerarán como una T, y se obtendrá la pérdida de carga secundaria.

En las tuberías de 20 cm tienen ochos T, que se considerarán de este modo a los tubos de 10 cm que ingresarán al horno.

La cantidad de T es:

$$N_{T10} := (8 \cdot 3) \cdot 4 = 96$$

El coeficiente de pérdidas secundarias es:



$$\zeta_1 := 2$$

$$H_{s.20} := N_{T10} \cdot \zeta_1 \cdot \frac{v_{s.\text{gases}}^2}{2g} = 978.928\text{m}$$

Las pérdidas de carga total en estas tuberías será:

$$H_{20} := H_{p20} + H_{s.20} = 979.556\text{m}$$

Estas pérdidas se expresadas en unidades de presión, son:

$$\Delta p_{20} := H_{20} \cdot \delta_{\text{aire}} \cdot g = 11527.39\text{Pa}$$



$$\Delta p_{20} = 11527.39 \text{ Pa}$$

Pérdidas de tubos de 30 cm de diámetro.

El Número de Reynolds para la tubería de diámetro de 20 cm es:

$$D_{\text{tub. aire 2}} := 30 \text{ cm} \quad \text{Diámetro de tuberías}$$

$$Re_{\text{aire 30}} := \frac{v_{s. \text{ gases}} \cdot D_{\text{tub. aire 2}}}{v_{\text{aire}}} = 1.538 \times 10^5$$

El Radio Hidráulico para una tubería de sección circular de 20 cm es:

$$R_{h.30} := \frac{D_{\text{tub. aire 2}}}{4} = 7.5 \text{ cm}$$

Se tienen dos longitudes diferentes de tubos de 20 cm de diámetro, por lo tanto se sumarán las longitudes y se calculará la pérdida.

El coeficiente de pérdida de cargas primarias, según la ecuación de Poiseuille, es:

$$\lambda_{\text{aire.30}} := \frac{64}{Re_{\text{aire 30}}} = 4.16 \times 10^{-4}$$

Se tienen dos diferentes longitudes de diámetros de 30 cm. En el sistema existen 2 tramos de 2700 mm (tubos verticales) y un tramo de 6670 mm, que es el tubo que se conecta al ventilador. La longitud total es:

$$L_{30} := 2 \cdot 2700 \text{ mm} + 6670 \text{ mm} = 12.07 \text{ m}$$

Según la ecuación de Darcy - Weisbach, la pérdidas de cargas primarias en esta tubería serán:

$$H_{p30} := \lambda_{\text{aire.30}} \frac{L_{30}}{4 \cdot R_{h.30}} \cdot \frac{v_{s. \text{ gases}}^2}{2 \cdot g} = 0.085 \text{ m}$$

En cada conexión de tubos, se considerarán como una T, y se obtendrá la pérdida de carga secundaria.

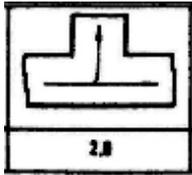
En las tuberías de 30 cm tienen tres T, que se considerarán de este modo a los tubos de 20 cm que unen el tubo principal con los verticales y 24 T de cada tubo que sale de los verticales.

La cantidad de T es:



$$N_{T30} := 3 + 24 = 27$$

El coeficiente de pérdidas secundarias es:



$$\zeta_{T30} := 2$$

$$H_{s.30} := N_{T30} \cdot \zeta_{T30} \cdot \frac{v_{s.gases}^2}{2g} = 275.323m$$

Las pérdidas de carga total en estas tuberías será:

$$H_{30} := H_{p30} + H_{s.30} = 275.409m$$

Estas pérdidas se expresadas en unidades de presión, son:

$$\Delta p_{30} := H_{30} \cdot \delta_{aire} \cdot g = 3241.004Pa$$

$$\overline{\Delta p_{30}} = 3241.004Pa$$

La **Presión Total** del ventilador será:

$$P_{tot.vent.aire} := P_{aire} + \Delta p_{20} + \Delta p_{30} = 1.483 \times 10^4 Pa$$

$$\overline{P_{tot.vent.aire}} = 14828.398Pa$$

La **Potencia** necesaria para mover los gases es:

$$\eta_{vent.cent} := 0.9$$

*Rendimiento del ventilador centrífugo*

$$N_{vent.aire} := \frac{q_{vol.aire} \cdot P_{tot.vent.aire}}{\eta_{vent.cent}} = 5.575hp$$

$$\overline{N_{vent.aire}} = 4.157kW$$



De catálogo **SODECA** se seleccionará un ventilador centrífugo de media presión y simple aspiración de 5,5 kW, cuyo código de pedido es:

### TSAT - 20/10 - 7,5



TSAT = Ventilador centrífugo de simple aspiración a transmisión, equipado con motor eléctrico, conjunto de poleas, correas, protectores y turbina con álabes hacia adelante.

20/10 = Tamaño de la turbina.  
7.5 = Potencia del motor (CV)

Los datos técnicos de este ventilador son:

#### Características técnicas

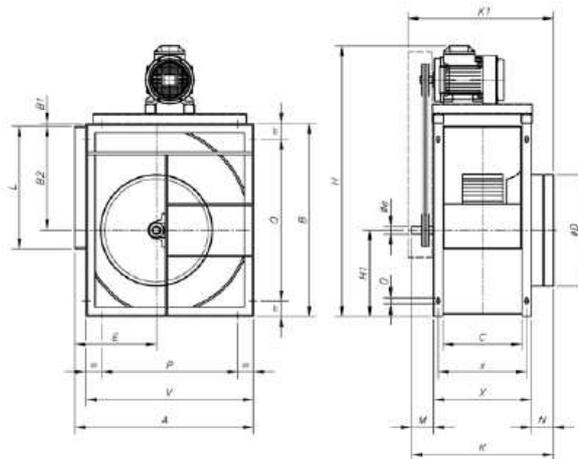
Modelo	Velocidad (r/min)	Intensidad máxima admisible (A)			Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m <sup>3</sup> /h)	Nivel presión sonora dB(A)	Peso aprox. (Kg)
		230V	400V	690V				
TSAT CJTSA 12/6-0,75	1000	2,4	1,4		0,55	2600	69	73
TSAT CJTSA 12/6-1	1100	3,3	1,9		0,75	3100	71	74
TSAT CJTSA 12/6-1,5	1250	4,5	2,6		1,1	3500	74	77
TSAT CJTSA 12/6-2	1300	6,0	3,5		1,5	4250	77	80
TSAT CJTSA 12/6-3	1500	8,3	4,8		2,2	4800	79	85
TSAT CJTSA 15/7-1	800	3,3	1,9		0,75	4000	67	92
TSAT CJTSA 15/7-1,5	850	4,5	2,6		1,1	4800	69	95
TSAT CJTSA 15/7-2	920	6,0	3,5		1,5	5400	72	98
TSAT CJTSA 15/7-3	1000	8,3	4,8		2,2	6400	75	103
TSAT CJTSA 15/7-4	1050	11,2	6,5		3	7400	77	106
TSAT CJTSA 18/9-1,5	750	4,5	2,6		1,1	5800	68	111
TSAT CJTSA 18/9-2	790	6,0	3,5		1,5	6600	70	114
TSAT CJTSA 18/9-3	800	8,3	4,8		2,2	8200	74	119
TSAT CJTSA 18/9-4	850	11,2	6,5		3	9000	76	122
TSAT CJTSA 18/9-5,5	920	14,9	8,6		4	10500	78	125
TSAT CJTSA 20/10-2	650	6,0	3,5		1,5	8100	65	203
TSAT CJTSA 20/10-3	690	8,3	4,8		2,2	10100	68	208
TSAT CJTSA 20/10-4	750	11,2	6,5		3	11500	70	211
TSAT CJTSA 20/10-5,5	790	14,9	8,6		4	13100	73	214
TSAT CJTSA 20/10-7,5	850		11,1	6,4	5,5	15000	75	227
TSAT CJTSA 22/11-3	580	8,3	4,8		2,2	11200	67	219
TSAT CJTSA 22/11-4	610	11,2	6,5		3	13000	70	222
TSAT CJTSA 22/11-5,5	650	14,9	8,6		4	15000	72	225
TSAT CJTSA 22/11-7,5	690		11,1	6,4	5,5	17000	74	238
TSAT CJTSA 22/11-10	750		14,8	8,5	7,5	19000	76	246

Las dimensiones del ventilador son:



Dimensiones mm

TSAT



Modelo	A	B	B1	B2	C	øD	E	øe	H	H1	K	K1	L	M	N	O	P	Q	V	X	x
TSAT-20/10-2	843	963	35	523	330	575	375	35	1255	440	620	670	603	100	110	9x17	646	811	798	410	370
TSAT-20/10-3	843	963	35	523	330	575	375	35	1275	440	620	670	603	100	110	9x17	646	811	798	410	370
TSAT-20/10-4	843	963	35	523	330	575	375	35	1275	440	620	670	603	100	110	9x17	646	811	798	410	370
TSAT-20/10-5'5	843	963	35	523	330	575	375	35	1300	440	620	670	603	100	110	9x17	646	811	798	410	370
TSAT-20/10-7'5	843	963	35	523	330	575	375	35	1340	440	620	670	603	100	110	9x17	646	811	798	410	370
TSAT-22/11-3	913	1046	35	569	358	615	400	35	1355	477	648	700	693	100	110	9x17	716	894	868	438	398

#### 4) ESTRUCTURA

El horno estará construido por una estructura de ladrillo recubierta exteriormente por chapas de 1/2 pulgada de acero. En el interior se colocarán placas de cerámica refractaria las cuales irán pegadas al ladrillo por medio de pegamento refractario.

El horno estará empotrado a una fundación para evitar posibles movimientos y vibraciones que puedan causar inconvenientes a personas y equipos.

La base del horno será construida en forma ranurada para permitir que las cenizas caigan al cenicero que se encuentra por debajo de este. Esta base será soportada por perfiles para evitar flexión y rotura del refractario. Estos estarán recubiertos por mantas de fibra cerámica de baja conductividad térmica que tienen una temperatura de operación de hasta 1260°C.

A su vez, en la parte inferior de la base se dispondrá de una malla evitar que materiales no quemados caigan hacia el cenicero.

La apertura se hará por medio de una puerta y base que se deslizarán sobre ruedas que giran en guías en el suelo. El movimiento será realizado por un sistema de piñón - cadena, el cual contará con un elemento especialmente construido para sostener el eje. Este dispositivo estará unido a la parte superior de la cadena, que al girar esta, se deslizará trasladando el eje y realizando así la apertura y cierre del horno.

Al abrirse, la base del horno saldrá al exterior permitiendo así la carga. La puerta será construida de una chapa de acero, ladrillo y recubierta en su interior por placas refractarias.



**a) Viga soporte de base**

La base refractaria estará soportada por dos perfiles U para evitar que esta se flexione y se rompa.

Para el cálculo y selección de estos perfiles se dividirá el peso del refractario cargado mas el peso de residuo en tres (cantidad de perfiles soportes).

El área (obtenida de inventor) de la base ranurada es:

$$A_{\text{base}} := 5559600\text{mm}^2$$

El alto de la base es de 127 mm, por tanto el volumen será:

$$V_{\text{base}} := A_{\text{base}} \cdot 127\text{mm} = 0.706\text{m}^3$$

La densidad del material refractario es:

$$\delta_{\text{refract}} := 200 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$$

El peso de la base es:

$$P_{\text{base}} := V_{\text{base}} \cdot \delta_{\text{refract}} = 1.385 \times 10^3 \text{ N}$$

$$\overline{P_{\text{base}}} = 141.214\text{kgf}$$

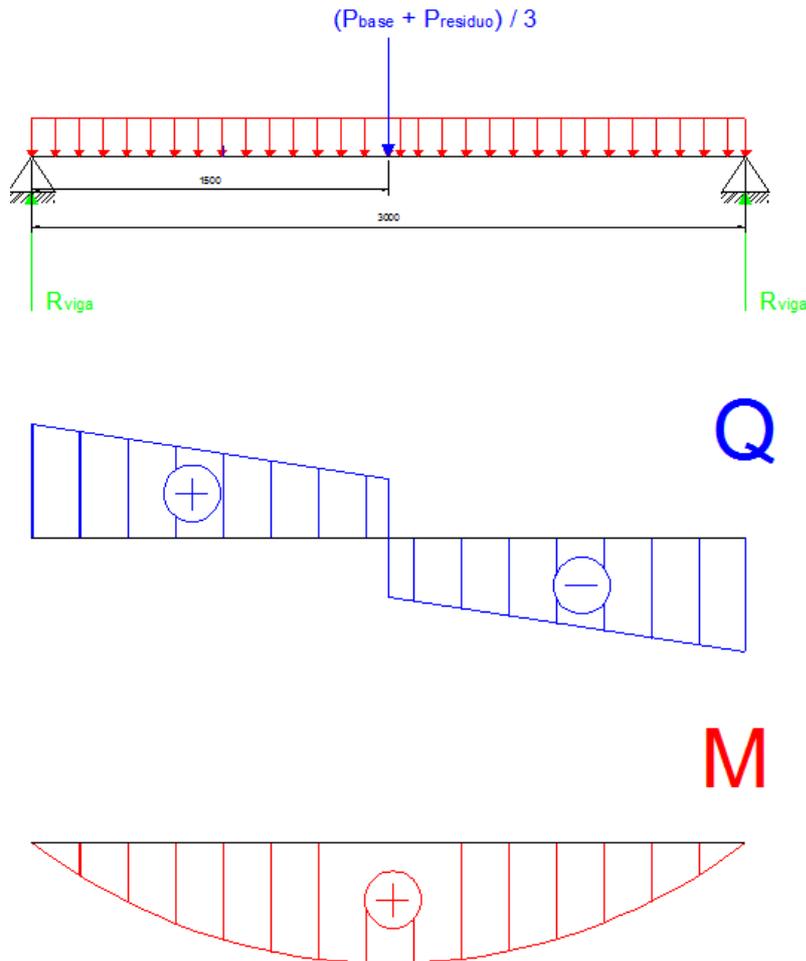
Este peso mas el peso de los residuos será soportado por tres perfiles U colocados uno en el centro y los otros en los extremos. Todos colocados a lo ancho de la base.

La tensión admisible de perfiles SAE 1010 es de:

$$\sigma_{\text{adm}} := 1400 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Para calcular el máximo momento flector soportado se considerará el peso total dividido tres concentrado como carga puntual en el centro.





El peso de los residuos a soportar será:

$$P_{\text{residuos}} := m_{\text{total}} \cdot g = 540 \text{ kgf}$$

Considerando un peso del perfil de:

$$q_{\text{perfil}} := 0.1 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}}$$

El momento flector máximo será:

$$M_{\text{max.U}} := \frac{q_{\text{perfil}} \cdot (3000\text{mm})^2}{2} + \frac{(P_{\text{residuos}} + P_{\text{base}})}{3} \cdot 1500\text{mm} = 38560.692 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

$$M_{\text{max.U}} = 38560.692 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

Las reacciones en los extremos serán:

$$R_{\text{viga.U}} := \frac{(q_{\text{perfil}} \cdot 3000\text{mm} + P_{\text{residuos}} + P_{\text{base}})}{2} = 3.487 \times 10^3 \text{ N}$$

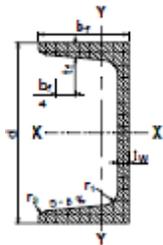


$$R_{\text{viga.U}} = 355.607 \text{ kgf}$$

El módulo resistente del perfil a seleccionar es:

$$W_{\text{viga.U}} := \frac{M_{\text{max.U}}}{\sigma_{\text{adm}}} = 27.543 \text{ cm}^3$$

De tabla de perfiles seleccionamos tres perfiles UPN 200.



UPN 200 - cant. 2

Se colocarán tres perfiles, uno en el centro y los otros en ambos extremos del ancho de la base.

El peso del perfil es:

$$P_{\text{UPN}} := 25.3 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \cdot 2850 \text{ mm} = 72.105 \text{ kgf}$$

### b) Viga soporte de base 2

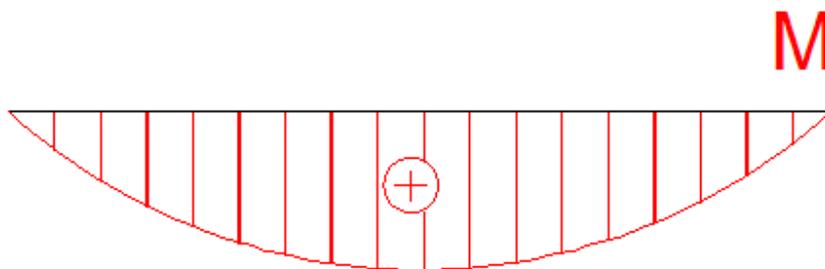
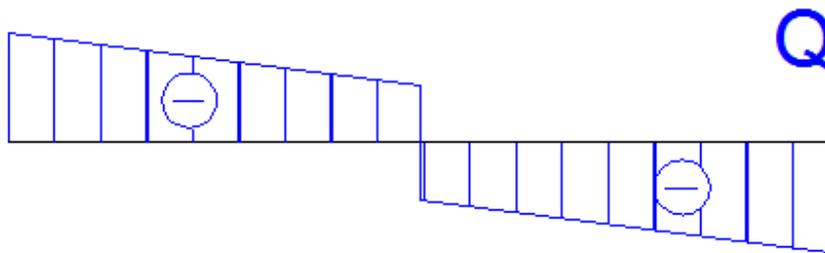
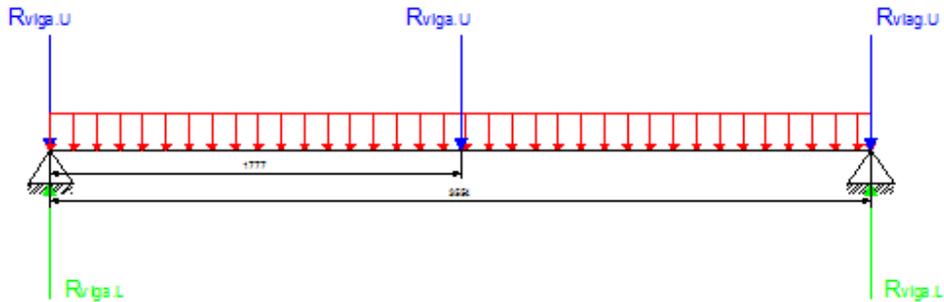
La base contará con un perfil L perpendicular a la viga soporte. Esta se unirá a lo largo del refractario de la base.

En esta viga se colocarán las ruedas que se deslizan sobre guías en la pared de ladrillos.

Para el cálculo se considerarán estas vigas apoyadas en sus extremos y con cargas puntuales las cuales son las reacciones calculadas con anterioridad.

El largo de estos perfiles será de 3554 mm.





El momento flector máximo será:

$$M_{\max.L} := q_{\text{perfil}} \frac{(3554\text{mm})^2}{2} + R_{\text{viga.U}} \frac{3554\text{mm}}{2} = 6.951 \times 10^4 \cdot \text{kgf} \cdot \text{cm}$$

$$\boxed{M_{\max.L} = 695.068 \text{kgf} \cdot \text{m}}$$

Las reacciones en la viga serán:

$$R_{\text{viga.L}} := \frac{3 \cdot R_{\text{viga.U}} + q_{\text{perfil}} \cdot 3554\text{mm}}{2} = 5.405 \times 10^3 \text{ N}$$

$$\boxed{R_{\text{viga.L}} = 551.18 \text{kgf}}$$

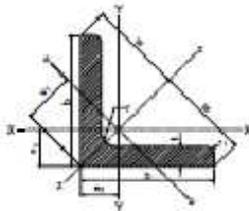


El módulo resistente del perfil a seleccionar será:

$$W_{\text{viga.L}} := \frac{M_{\text{max.L}}}{\sigma_{\text{adm}}} = 49.648 \text{cm}^3$$

$$\sqrt{W_{\text{viga.L}} = 49.648 \text{cm}^3}$$

De catálogo de perfiles se seleccionarán dos perfiles L (ángulo) 127 x 127 x 12,7.



L (ángulo)127 x 127 x 12,7 - cant. 2

El peso del perfil L es:

$$P_L := 24.22 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \cdot 3140 \text{mm} = 76.051 \text{kgf}$$

### c) Viga soporte de puerta

La puerta compuesta por una chapa de acero, pared de ladrillo y material refractario será soportada por un perfil que se encuentra a lo ancho de la puerta.

El peso de la sección de refractario será:

$$\delta_{\text{refract}} = 200 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$$

$$A_{\text{ref.puerta.1}} := 940500 \text{mm}^2$$

$$A_{\text{ref.puerta.2}} := 209550 \text{mm}^2$$

El volumen de refractario de la puerta será:

$$V_{\text{ref.puerta}} := (A_{\text{ref.puerta.1}} \cdot 127 \text{mm}) + \left( 2 \cdot A_{\text{ref.puerta.2}} \cdot \frac{127 \text{mm}}{2} \right) = 1.221 \text{m}^3$$

$$\sqrt{V_{\text{ref.puerta}} = 1.221 \text{m}^3}$$

Por tanto el peso del refractario de la puerta es:

$$P_{\text{ref.puerta}} := V_{\text{ref.puerta}} \cdot \delta_{\text{refract}} = 2.395 \times 10^3 \text{N}$$

$$\sqrt{P_{\text{ref.puerta}} = 244.21 \text{kgf}}$$



El peso específico de la pared de ladrillo de la puerta es:

$$\delta_{\text{ladrillo}} := 1600 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$$

El volumen de la pared es:

$$V_{\text{ladr.puerta}} := 3104\text{mm} \cdot 3554\text{mm} \cdot 120\text{mm} = 1.324\text{m}^3$$

Por lo tanto, el peso de la pared es:

$$P_{\text{ladr.puerta}} := V_{\text{ladr.puerta}} \cdot \delta_{\text{ladrillo}} = 2.077 \times 10^4 \text{ N}$$

$$\overline{P_{\text{ladr.puerta}}} = 2118.07\text{kgf}$$

El volumen de la chapa, siendo de espesor de 1" (25.4 mm), que recubre exteriormente la puerta será:

$$V_{\text{chapa.puerta}} := (3344\text{mm} + 2 \cdot 25.4\text{mm}) \cdot 25.4\text{mm} \cdot (3554\text{mm} + 120\text{mm} + 2 \cdot 25.4\text{mm}) = 0.321\text{m}^3$$

El peso específico del acero es:

$$\delta_{\text{acero}} := 7850 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$$

El peso de la chapa es:

$$P_{\text{chapa.puerta}} := V_{\text{chapa.puerta}} \cdot \delta_{\text{acero}} = 2.473 \times 10^4 \text{ N}$$

$$\overline{P_{\text{chapa.puerta}}} = 2521.277\text{kgf}$$

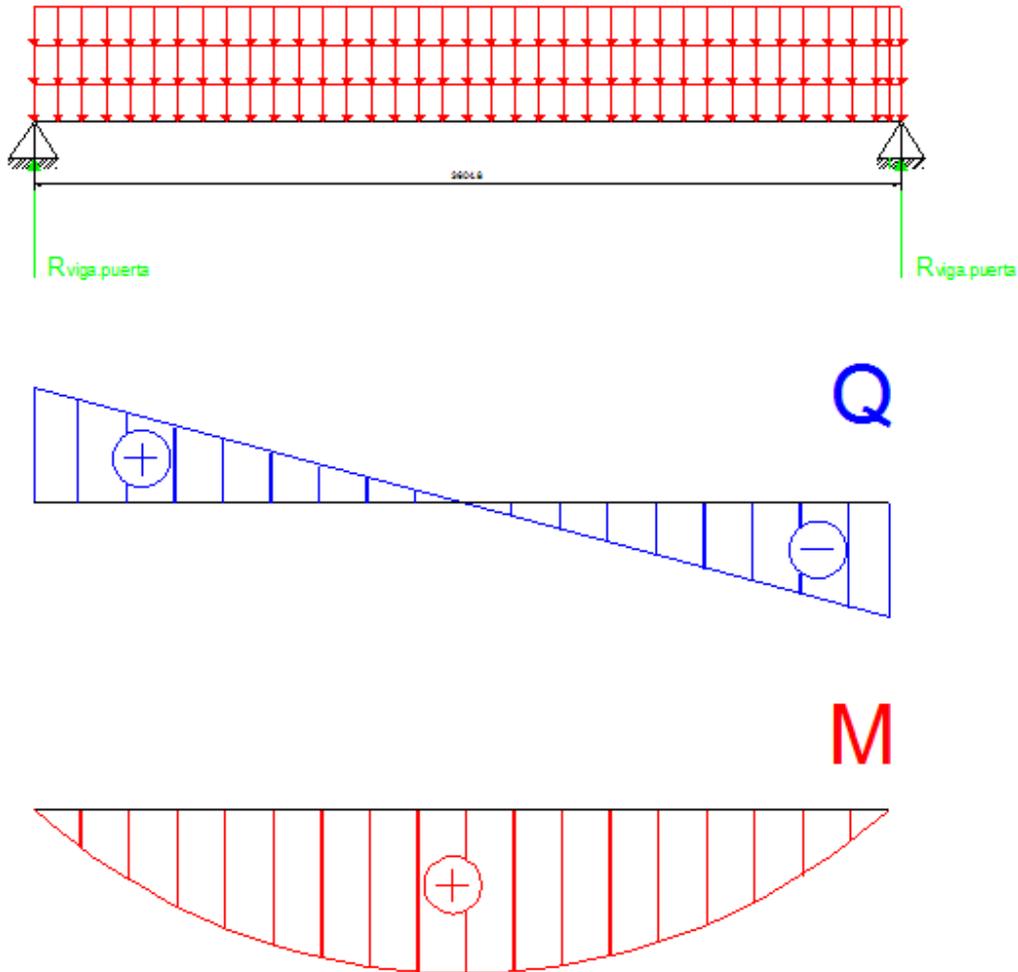
Para el cálculo y selección del perfil que soportará esta estructura se considerarán los pesos como cargas distribuidas sobre este.

$$P_{\text{ref.puerta}} := \frac{P_{\text{ref.puerta}}}{3344\text{mm} + 2 \cdot 25.4\text{mm}} = 71.936 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$$P_{\text{ladr.puerta}} := \frac{P_{\text{ladr.puerta}}}{3344\text{mm} + 2 \cdot 25.4\text{mm}} = 623.916 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

$$P_{\text{chapa.puerta}} := \frac{P_{\text{chapa.puerta}}}{3344\text{mm} + 2 \cdot 25.4\text{mm}} = 742.688 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$





El momento flector máximo será:

$$M_{\max,puerta} := (P_{\text{ref},puerta} + P_{\text{ladr},puerta} + P_{\text{chapa},puerta}) \cdot \frac{(3604.8\text{mm})^2}{2} = 9.166 \times 10^4 \text{ J}$$

$$|M_{\max,puerta} = 9346.616 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

El módulo resistente del perfil a seleccionar será:

$$W_{puerta} := \frac{M_{\max,puerta}}{\sigma_{\text{adm}}} = 667.615 \text{ cm}^3$$

De tabla de perfiles se seleccionará un IPN 320

**UPN 320 - cant. 1**

El peso del perfil es:

$$P_{\text{IPN}} := 61 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \cdot 3604.8\text{mm} = 219.893 \text{ kgf}$$



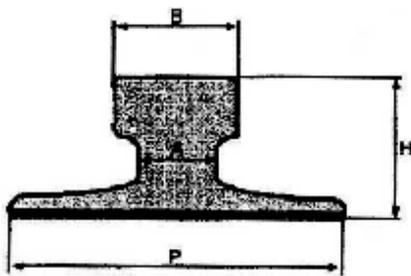
Las reacciones en esta viga son:

$$R_{\text{viga.puerta}} := (P_{\text{ref.puerta}} + P_{\text{ladr.puerta}} + P_{\text{chapa.puerta}}) \cdot \frac{3604.8\text{mm}}{2} = 2.543 \times 10^4 \text{ N}$$

$$R_{\text{viga.puerta}} = 2592.825\text{kgf}$$

### 5) RUEDAS Y CARRILES PARA APERTURA DE PUERTA

Se seleccionará un riel BURBACH A45, cuyas dimensiones son:



$$B := 45\text{mm}$$

$$H_c := 55\text{mm}$$

$$P := 120\text{mm}$$

$$A_c := 24\text{mm}$$

$$W_c := 27\text{cm}^3$$

$$I_c := 90\text{cm}^4$$

$$E_{\text{acero}} := 210000 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Módulo de elasticidad del acero

La anchura útil de la cabeza del carril, para un A45 es:

#### Anchura útil de la cabeza del carril ideal.

Carriles de grúa				
según DIN	Abreviatura		$r_1$ mm	$k-2r_1$ mm
	nueva	antigua		
536 parte 1	A 45	KS 22	4	37
	A 55	KS 32	5	45
	A 65	KS 43	6	53
	A 75	KS 56	8	59
	A 100	KS 75	10	80
	A 120	KS 101	10	100
536 parte 2	F 100	-	5	90
	F 120	-	5	110

$$r_1 := 4\text{mm}$$

En función del ancho del riel, se seleccionará una rueda de:





Diámetro de la rueda $D_1$	Anchura del carril $k$			$b_1$	$b_2$ para la cota normal de $k$ (**)	$b_3$	$c$	$D_2$	Corona				$D_5$
	DIN 536		DIN 5902						Número de dientes	Módulo	$D_3$	$D_4$	
	Cota normal	(*)											
200	45	55	—	95	55	40	15	230	40	5	200	160	125
250	45	55	—	95	55	50	15	280	50	5	250	200	155
320	45	55	—	95	55	60	15	350	52	6	312	270	225
400	55	65	58	110	65	65	15	440	50 40	8 8	400 320	320 260	260 210

El diámetro de la rueda es:

$$D_1 := 200\text{mm}$$

$$P_{\text{adm}} := \frac{0.35 R_{\text{viga.puerta}}}{(B - 2 \cdot r_1) \cdot D_1} \cdot 2 \cdot \frac{E_{\text{acero}} \cdot E_{\text{acero}}}{E_{\text{acero}} + E_{\text{acero}}} = 2.477 \times 10^{17} \text{ Pa}^2$$

El coeficiente de Poisson es:

$$K_p := \frac{P_{\text{adm}}}{73500\text{MPa}} = 34.361 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$P_{\text{adm}} := \sqrt{P_{\text{adm}}} = 5074.747 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

#### Coeficiente del número de revoluciones

El número de revoluciones, considerando que el horno abre a 10 m/min, será:

$$v := 10 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

$$n_{\text{ruedas}} := \frac{v}{\frac{D_1}{2}} = 100 \frac{1}{\text{min}}$$

De tabla, interpolando linealmente, obtenemos el valor de:

$$c_2 := 0.94$$

#### Coeficiente de vida de la rueda

Depende de un porcentaje de duración del funcionamiento del mecanismo de rodadura referido a una hora. Consideramos que el porcentaje será menos del 16 a 25%.

$$c_3 := 1.12$$

#### Carga característica de la rueda

$$R_{\text{carga.rueda}} := P_{\text{adm}} \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot D_1 \cdot (B - 2 \cdot r_1) = 395359.34 \text{ kgf}$$

$$R_{\text{viga.puerta}} \leq R_{\text{carga.rueda}} = 1$$



VERIFICA de acuerdo a la norma DIN 15070, significa que la reacción máxima que soporta la rueda es mayor que la reacción de la viga de la puerta, por lo tanto verifica.

#### Momento Torsor en la rueda

El momento torsor a vencer por la cadena cinemática para realizar la apertura y cierre del horno es producido por la fuerza de rozamiento entre la rueda y el riel.

El coeficiente de rozamiento estático para el acero - acero es:

$$\mu_{\text{acero}} := 0.15$$

La fuerza de rozamiento, considerando el peso de cada elemento que compone base y esta cargada con los pales, es:

$$F_R := (P_{\text{base}} + 2 \cdot P_{\text{UPN}} + 2 \cdot P_L + P_{\text{IPN}} + P_{\text{ref.puerta}} + P_{\text{ladr.puerta}} + P_{\text{chapa.puerta}} + P_{\text{residuos}}) \cdot \mu_{\text{acero}} = 912.146 \text{kgf}$$

$$\overline{F_R} = 912.146 \text{kgf}$$

El momento torsor en la rueda es:

$$M_{\text{t.rueda}} := F_R \cdot \frac{D_1}{2} = 91.215 \text{kgf} \cdot \text{m}$$

$$\overline{M_{\text{t.rueda}}} = 91.215 \text{kgf} \cdot \text{m}$$

La potencia necesaria es:

$$N_h := M_{\text{t.rueda}} \cdot n_{\text{ruedas}} = 1.999 \text{hp}$$

$$\overline{N_h} = 1.491 \text{kW}$$



## 6) CADENA CINEMÁTICA PARA EL MOVIMIENTO DE APERTURA DEL HORNO

La apertura del horno se hará por medio de un sistema piñon - cadena. Este estará compuesto por una cadena, dos piñones fijos al suelo en cada extremo y un piñon móvil unido por un eje a las ruedas, el cual se trasladará a lo largo del recorrido de la cadena realizando así la apertura.

El movimiento se realizará por medio de un motor eléctrico, un reductor de velocidad y un sistema de piñon - cadena. Este último estará unido a la primer cadena, la cual solo se encarga de transmitir el movimiento a las ruedas.

### a) Selección del motor

La velocidad de apertura y cierre del horno es:

$$v = 10 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

La velocidad de rotación de las ruedas es:

$$n_{\text{ruedas}} = 15.915 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

De catálogo de MOTORES WEG seleccionamos un motor asincrónico trifásico con rotor jaula de ardilla de cuatro polos.

Los rendimientos de cada componente de la cadena cinemática son:

$$\eta_{\text{cadena}} := 0.9$$

$$\eta_{\text{reductor}} := 0.9$$

$$M_{\text{arranque}} := 2.8 \quad \text{pág. 12 catálogo WEG}$$

$$N_{\text{corregida}} := \frac{N_h}{\eta_{\text{cadena}} \cdot \eta_{\text{reductor}}} = 1.841 \text{ kW}$$



## Motores Trifásicos Cerrados - W21

### Eficiencia Estándar

Potencia kW	HP	Carcasa IEC	RPM	Corriente nominal en 380V A	Corriente con rotor bloqueado Ip / In	Momento Nominal Cn (NM)	Momento con rotor bloqueado Cp / Cn	Momento máximo Cmax. Cn	380 V						Factor de servicio F.S.	Momento de Inercia J kgm <sup>2</sup>	Tiempo max. con rotor bloqueado en caliente / frio (s)	Peso aprox. (kg)
									Rendimiento η%		Factor de Potencia Cos φ							
									% de la potencia nominal									
<b>IV Polos - 1500 rpm</b>																		
0,12	0,16	63	1375	0,44	3,5	0,82	2	2,2	45	54	57	0,49	0,61	0,72	1,00	0,00034	30/66	6,6
0,18	0,25	63	1360	0,64	3,4	1,29	2	2,2	46	54	58	0,49	0,63	0,74	1,00	0,00039	23/51	6,9
0,25	0,33	63	1415	0,94	5	1,64	3,1	3,1	52	60	62	0,44	0,54	0,65	1,00	0,00067	17/37	8,5
0,25	0,33	71	1310	0,85	3,5	1,77	1,9	2,1	50	55	59	0,5	0,65	0,76	1,00	0,00039	21/46	8,8
0,37	0,5	71	1320	1,19	3,7	2,66	2	2	55	60	62	0,5	0,63	0,76	1,00	0,00056	17/37	9,7
0,55	0,75	71	1385	1,71	5	3,8	2,8	2,9	66	70,5	72	0,45	0,58	0,68	1,00	0,00096	19/42	12,3
0,55	0,75	80	1410	1,50	4,7	3,74	2,1	2,2	58,5	66,3	68	0,54	0,7	0,82	1,00	0,0019	17/37	12,6
0,75	1	80	1395	1,95	5	5,04	2,3	2,2	64,5	71	72	0,55	0,7	0,81	1,00	0,00225	14/31	13,5
1,1	1,5	90S	1420	2,75	5,6	7,42	2,3	2,4	70	76	77	0,55	0,69	0,79	1,00	0,00392	8/18	18,1
1,5	2	90S	1410	3,52	5,5	9,96	2,3	2,4	76,5	78,5	79	0,58	0,73	0,82	1,00	0,00476	8/18	17,0
1,5	2	90L	1410	3,52	5,5	9,96	2,3	2,4	76,5	78,5	79	0,58	0,73	0,82	1,00	0,00476	8/18	20,0
2,2	3	90L	1410	5,46	5,8	14,94	2,7	2,5	75	76,5	76,5	0,57	0,71	0,8	1,00	0,00672	8/18	23,8
2,2	3	100L	1410	5,00	5,6	14,94	2,4	2,6	80,5	81,5	81,5	0,6	0,74	0,82	1,00	0,00651	9/20	25,9
3	4	100L	1400	6,81	6	20,07	2,8	3	80	81	82,6	0,57	0,72	0,81	1,00	0,00842	8/18	29,4

De catálogo de motores WEG Seleccionamos un motor trifásico Cerrado W-21 de 2.2 kW (3 hp).

### Motor Trifásico WEG W - 21 carcasa IEC 100L

Los datos del motor seleccionado son:

$$J_{\text{motor}} := 0.0065 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$N_{\text{motor}} := 2.2 \text{ kW}$$

$$n_{\text{motor}} := 1500 \text{ rpm}$$

#### b) Selección del reductor de velocidad

La potencia del reductor es:

$$N_{\text{reductor}} := N_{\text{corregida}} \cdot \eta_{\text{cadena}} \cdot \eta_{\text{reductor}} = 1.490850 \text{ kW}$$

$$\overline{N}_{\text{reductor}} = 1.491 \text{ kW}$$

Factor de servicio

$$f_{s1} := 1.6 \quad \text{Para 16hs de servicio y traslación por rieles}$$

$$f_{s2} := 1 \quad \text{De corrección para motores eléctricos}$$

$$f_{s3} := 1 \quad \text{Factor de maniobra, para cantidad de arranques por hora. Adoptamos, menores a 1hs}$$



El factor de servicio es:

$$f_s := f_{s1} \cdot f_{s2} \cdot f_{s3} = 1.6$$

Potencia equivalente

$$N_{\text{equivalente}} := N_{\text{reductor}} \cdot f_s = 2.385 \text{ kW}$$

Realizaremos una preselección del reductor del catálogo LENTAX, ingresando a la tabla con las revoluciones y con una relación de transmisión adoptada de 1:50. Seleccionamos un Reductor modelo TP160.

$$J_{\text{reductor}} := 0.006 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Verificación

$$N_{\text{nominalred}} := 13.8 \text{ kW}$$

$$N_{\text{eq}} := N_{\text{equivalente}} = 2.385 \text{ kW}$$

$$N_{\text{nominalred}} \geq N_{\text{eq}} = 1$$

Factor de temperatura  $f_w$  sin enfriamiento, a temperatura ambiente de 30°C y tiempo de operación de 20%.

$$f_w := 1.58$$

Potencia térmica admisible, en espacios cerrados normales para velocidad del aire mayor a 1,4 m/seg y para un modelo TP 160.

$$N_{\text{termica}} := 15 \text{ kW}$$

$$N_{\text{termica}} \cdot f_w \geq N_{\text{reductor}} = 1$$

Potencia de arranque

Los reductores de esta serie, están calculados para resistir potencias de arranque y sobrecarga instantáneas de hasta 2.5 veces la potencia nominal.

$$N_{\text{arranque}} := N_{\text{motor}} \cdot M_{\text{arranque}} = 6.16 \text{ kW}$$

$$N_{\text{arranque}} \leq N_{\text{nominalred}} \cdot 2.5 = 1$$

Dado que la potencia máxima que es capaz de transmitir instantáneamente este modelo es mayor que la de arranque del motor, se verifica el reductor seleccionado.

De catálogo de reductores de velocidad, se seleccionará un reductor TP 160 con relación de transmisión  $i = 1:50$

### Reductor LENTAX TP 160 - $i = 50$

La velocidad de rotación en el eje de salida del reductor es:

$$n_{\text{red}} := \frac{1500 \frac{\text{rev}}{\text{min}}}{50} = 30 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

$$n_{\text{red}} = 30 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

#### c) Cálculo de la cadena de transmisión

Debido a que las máquinas conducidas tienen formas particulares de funcionamiento, se deben prevenir fallas debidas a los golpes, vibraciones o tirones. De forma similar, las máquinas motoras tienen formas particulares de funcionamiento, algunas son más suaves que otras, o tienen un impulso inicial o un giro a tirones.

Estas situaciones se consideran a través de un factor de servicio ( $C_1$ ) que aumenta la potencia a transmitir para obtener la potencia de diseño que considera las características de la máquina y el motor utilizado.

En nuestro caso es un motor eléctrico y nuestra máquina es de carga no constante por lo que nos corresponde un factor de servicio igual a:

$$C_{s1} := 1.25$$

Relación de transmisión

$$i_{\text{cadena}} := \frac{n_{\text{red}}}{n_{\text{ruedas}}} = 1.885$$

Con este valor se obtiene el tamaño de las catalinas a utilizar. La relación "i" debe corresponder a la razón entre la cantidad de dientes de la catalina grande (la del eje más lento) denominada corona dividida por la cantidad de dientes de la catalina pequeña (la del eje más rápido) denominada piñón.



Para el piñón se recomienda una cantidad mínima de 15 dientes para un giro más suave de la corona. Para esta selección se considerarán 19 dientes en el piñón. De ésta forma:

$$Z_{\text{piñon}} := 19$$

$$Z_{\text{corona}} := Z_{\text{piñon}} \cdot i_{\text{cadena}} = 35.814$$

$$Z_{\text{corona.c}} := 72$$

Con el valor de la potencia de diseño (C1\* Potencia a transmitir) y la velocidad del eje rápido, se consulta el gráfico siguiente, en donde las columnas de la izquierda se indica la potencia que puede transmitir una cadena simple, una de doble hilera y una de triple hilera,. Se ubican en estas 3 columnas el valor de la potencia de diseño en [kW], se mueve horizontalmente hasta la velocidad del eje rápido (generalmente la velocidad del piñón). Se determinan de esta forma, 3 puntos ubicados sobre los gráficos. Cada paso está representado por una zona de igual color, los 3 puntos indican el paso que se recomienda usar.

La potencia a transmitir es:

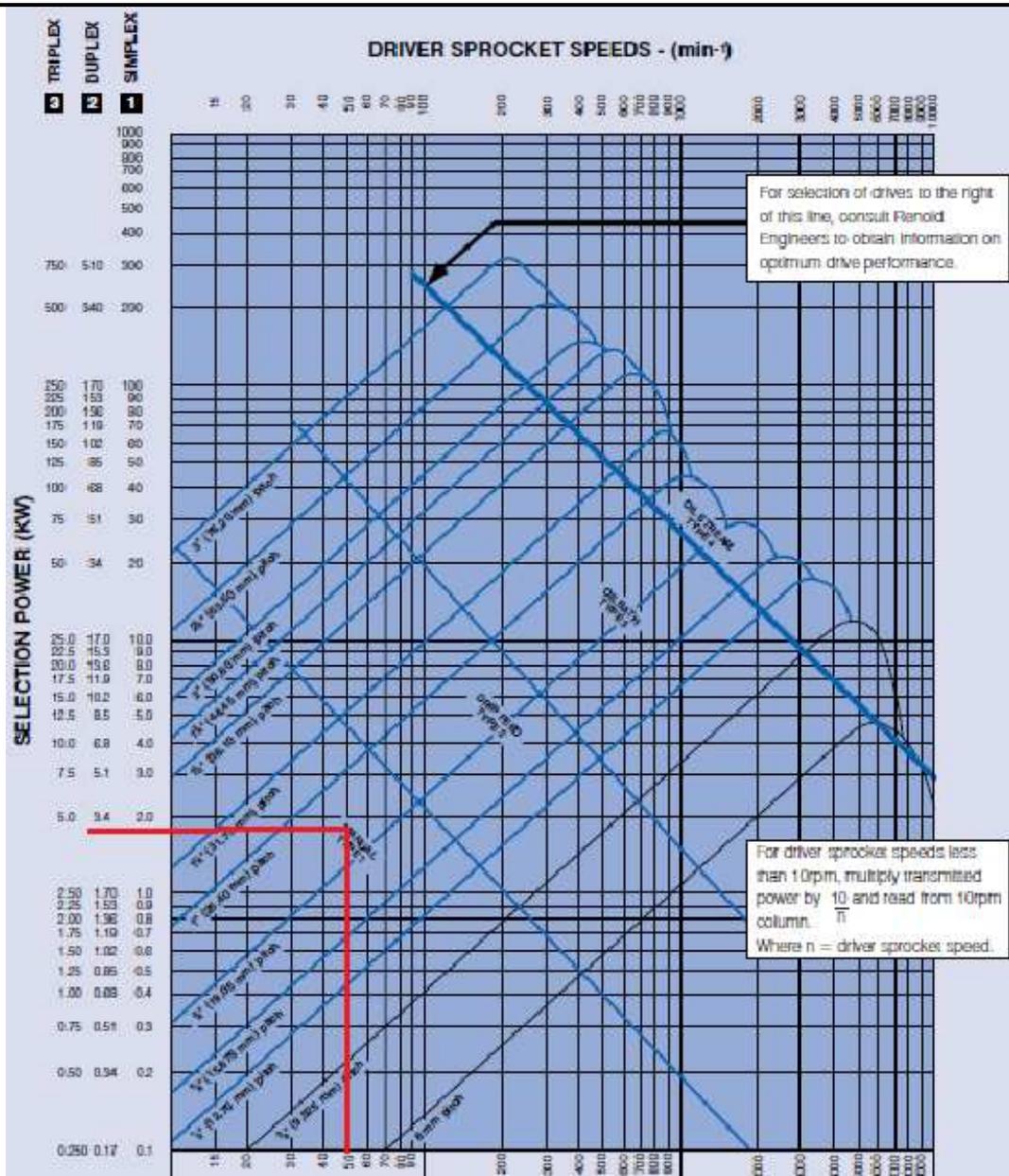
$$N_{\text{eq}} = 2.385 \text{ kW}$$

Potencia corregida

$$N_{\text{o.corregida}} := N_{\text{eq}} \cdot C_{s1} = 2.982 \text{ kW}$$

$$n_{\text{ruedas}} = 100 \frac{1}{\text{min}}$$





Ingresamos al gráfico con la potencia corregida y la velocidad de giro.

Según el gráfico obtenemos una cadena de dos hileras y paso de 25.4 mm (1 pulgada).

$$P_{\text{paso}} := 25.4\text{mm}$$

Con el paso calculamos los diámetros de la corona y del piñón.



$$D_p := Z_{\text{piñon}} \cdot \frac{P_{\text{paso}}}{\pi} = 153.616 \text{ mm}$$

$$D_{\text{corona}} := Z_{\text{corona}} \cdot \frac{P_{\text{paso}}}{\pi} = 289.56 \text{ mm}$$

Para el paso obtenido se recomienda una distancia entre centros igual a:

$$C_{\text{centro}} := 1000 \text{ mm}$$

#### d) Selección de acoplamiento

Se utilizará un acoplamiento para unir el eje del motor con el eje de entrada del reductor.

De catálogo GUMMI de acoplamientos, se obtiene un factor de servicio para hornos de 2.

$$f_s := 2$$

La potencia corregida será:

$$N_{\text{cor.motor}} := N_{\text{motor}} \cdot f_s = 4.4 \text{ kW}$$

También, el acoplamiento deberá verificar los diámetros para el eje del motor y del reductor.

El diámetro del eje del motor es de 22 mm.

El diámetro de entrada del reductor es de 75 mm.

De catálogo se seleccionará un acoplamiento A - 80 con cubos normales para 1500 r.p.m., cuyo código de pedido es:

**Acoplamiento GUMMI A 80 - CN/CN - ES**

$$\sigma_{\text{admeje}} := 700 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

El diámetro del eje resulta:

$$d_{\text{eje}} := \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{\text{t.rueda}}}{\pi \cdot \sigma_{\text{admeje}}}} = 40.487 \text{ mm}$$

Por catalogo adoptamos un eje de diámetro de 2 1/2".

$$d_{\text{eje.adop}} := 63.2 \text{ mm}$$



El largo del eje será igual al ancho total del horno, 3604 mm. Este largo se considerará de piñón a piñón.

$$L_t := 3544 \text{ mm}$$

El peso específico del acero es:

$$\delta_{\text{acero}} = 7.85 \times 10^3 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$$

El peso del eje será:

$$q_{\text{eje}} := d_{\text{eje.adop}}^2 \cdot \frac{\pi \cdot L_t \cdot \delta_{\text{acero}}}{4} = 87.275 \text{ kgf}$$

VERIFICACIÓN POR FLECHA DEL EJE

$$J_{\text{eje}} := \frac{\pi \cdot d_{\text{eje.adop}}^4}{64} = 78.314 \text{ cm}^4$$

El módulo resistente del eje es:

$$W_{\text{eje}} := \frac{J_{\text{eje}}}{\frac{d_{\text{eje.adop}}}{2}} = 24.783 \text{ cm}^3$$

La flecha es:

$$f_{\text{eje}} := \frac{1}{3} \cdot \frac{\frac{q_{\text{eje}}}{2} (L_t)^3}{E_{\text{acero}} \cdot J_{\text{eje}}} = 0.039 \text{ m} \qquad \frac{L_t}{1500} = 2.363 \text{ mm}$$

La condición que se debe verificar es:

$$f_{\text{eje}} \leq \frac{L_t}{1500} = 0$$

La condición no verifica, por tanto se deberá colocar rodamientos con apoyos intermedios para disminuir la flecha.

$$f_{\text{eje.corr}} := \frac{1}{3} \cdot \frac{\frac{q_{\text{eje}}}{2} \left(\frac{L_t}{5}\right)^3}{E_{\text{acero}} \cdot J_{\text{eje}}} = 0.315 \text{ mm}$$

La condición que se debe verificar es:

$$f_{\text{eje.corr}} \leq \frac{\left(\frac{L_t}{5}\right)}{1500} = 1$$



La condición verifica, por lo tanto se deberá dividir el largo del eje colocando tres bujes como apoyos y las dos ruedas.

### e) Cálculos de bujes

El buje será construido de cobre. El diámetro interior del buje será de 2 1/2", de un espesor de 3/16" y un largo de de 1". Este deberá verificar al aplastamiento.

$$d_{i,\text{buj e}} := d_{\text{eje.adop}} = 63.2\text{mm}$$

El área de aplastamiento de buje es:

$$A_{\text{aplast.buj e}} := d_{i,\text{buj e}} \cdot 25.4\text{mm} = 1.605 \times 10^3 \cdot \text{mm}^2$$

La tensión admisible de aplastamiento del buje de cobre es 150kgf/cm<sup>2</sup>.

Para el cálculo de la tensión de trabajo al aplastamiento del buje, el valor de fuerza a soportar es la del peso del eje, por tanto la tensión de aplastamiento es:

$$\sigma_{\text{aplast.buj e}} := \frac{q_{\text{eje}}}{A_{\text{aplast.buj e}}} = 5.437 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Como la tensión de trabajo es menor a la admisible, el buje seleccionado es el adecuado.

Se colocarán tres bujes de cobre, los cuales estarán en portabujes unidos a la puerta del horno.

## 7) CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE NICROM 80/20

La potencia del horno es:

$$P_h := Q_{\text{total}} = 772.255\text{kW}$$

La resistividad del NICROM a 1200°C es:

$$\rho_{\text{nic}} := 0.00011 \Omega \cdot \text{cm}$$

El coeficiente de resistividad a 1200°C es:

$$C_t := 1.04^t$$

La carga específica es:

$$p_{\text{nic}} := 1.2 \frac{\text{W}}{\text{cm}^2}$$

Para el cálculo se seleccionará un diámetro del alambre de:

$$d_{\text{nic}} := 12.7\text{mm}$$



El largo de resistencia necesario es:

$$L_{\text{resist}} := \frac{P_h}{\pi \cdot \rho_{\text{nic}} \cdot d_{\text{nic}}} = 1612.968\text{m}$$

Para obtener el valor de resistencia a 1200°C, se calculará el valor de esta para 20°C para longitud 1 cm, la cual es:

$$R_{20} := \rho_{\text{nic}} \cdot \frac{L_{\text{resist}}}{a \cdot b} = 2.323 \times 10^{-4} \Omega$$

Resistencia eléctrica a la temperatura T°C de las resistencias:

$$R_{\text{tpost}} := C_t \cdot R_{20} = 2.428 \times 10^{-4} \Omega$$

El diámetro del espiral es:

$$D_{\text{esp}} := 6d_{\text{nic}} = 76.2\text{mm}$$

Superficie radiante de las resistencias

$$A_{\text{resist}} := \pi \cdot d_{\text{nic}} \cdot L_{\text{resist}} = 64.355\text{m}^2$$

La potencia de las resistencias es:

$$P_{\text{resist}} := A_{\text{resist}} \cdot P_{\text{nic}} = 772.255\text{kW}$$

La corriente que circulará por las resistencias, para  $\Delta 380\text{V}$ , será

$$I_{\text{resist}} := \frac{P_h}{380\text{V}} = 2032.249\text{A}$$





# ***3- SISTEMA DE TRATAMIENTO DE GASES***



---

## **DISEÑO Y CÁLCULO DE SISTEMA DE TRATAMIENTO DE GASES.**

### **1) CÁMARA DE POST-COMBUSTIÓN**

Cumple la función de romper los enlaces químicos de dioxinas y furanos formados durante el proceso de incineración. Aplicando una temperatura de aproximadamente 1100°C.

#### **Principio de funcionamiento de la cámara de post-combustión**

La cámara de post-combustión tiene la misión de asegurar que los gases procedentes del horno, en parte no quemados, permanezcan en ella el tiempo de residencia preciso, con una temperatura superior a la que indica la curva de destrucción térmica del residuo. Con ello se garantiza una destrucción térmica superior al 99,99% de los compuestos entrantes.

Cuando no se dispone de datos concretos, una buena aproximación, si no existen compuestos halogenados es de 2 segundos a 850°C. Este tiempo de residencia es el recomendado por la "Mejores Tecnologías Disponibles".

Para ello la citada cámara suele estar construida en diversos tabiques de forma que los gases la atraviesen siguiendo un recorrido laberíntico. A la entrada se disponen de quemadores que aseguran la elevación y mantenimiento de la temperatura hasta los valores preestablecidos. Los quemadores queman con bastante exceso de aire para asegurar la combustión de los gases y/o vapores no quemados procedentes del horno.

La cámara está constituida por un recipiente de acero recubierto interiormente con una capa de refractario y aislante.

Las paredes laberínticas interiores son de material refractario para resistir el esfuerzo mecánico. La velocidad de los gases a la salida debería ser inferior a 1m/s, lo que permite la disposición del posible material particulado que haya podido arrastrar durante la etapa de incineración en el horno.

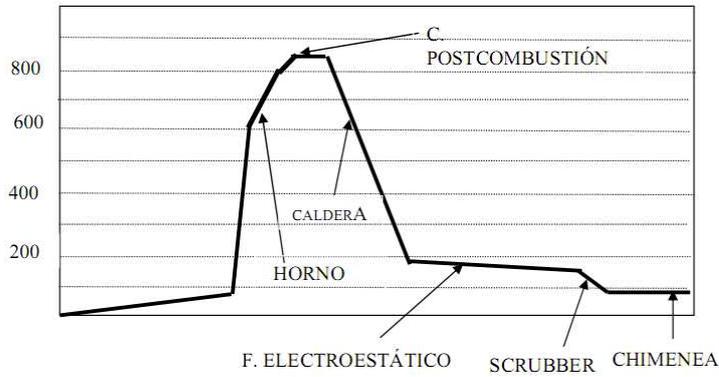
#### **Ejecución de cámara de post-combustión**

La imposibilidad de conseguir una correcta destrucción de sólidos en una cámara de combustión, obliga a la incorporación de una cámara de post-combustión. Así, existen incineradores con una cámara de post-combustión de ejecución horizontal acoplada.

Otra ejecución de la cámara de post-combustión es la vertical. Por lo general estas cámaras de post-combustión aseguran una aceptable combustión cuando se trata de combustibles líquidos. Si el residuo a incinerar es sólido se aconseja instalar una cámara de post-combustión laberíntica.



**Perfil de temperatura en una planta incineradora**

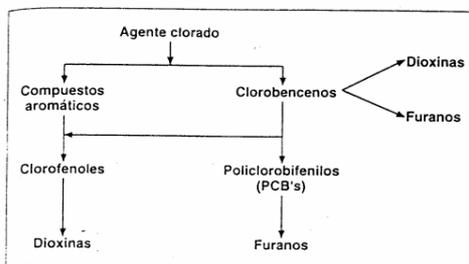
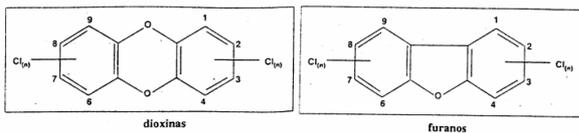


El perfil de temperatura típico de una incineradora es como el de la figura. Desde el punto de vista de la destrucción térmica el tiempo de residencia debe ser el que tiene lugar en la cámara de post-combustión, ya que dentro del horno se desarrollan, esencialmente las fases de destilación y gasificación.

**Dioxinas y furanos**

Las dioxinas y los furanos son compuestos tóxicos formados por anillos bencénicos en cuyos radicales se insertan oxígenos y cloros. Ello da lugar a un sinfín de isómeros de los cuales unos pocos son extremadamente tóxicos.

Son compuestos térmicamente estables hasta una temperatura aproximada de 600°C. Son liposolubles y muy poco solubles en agua. Es debido a ello que son muy estables y de ahí su persistencia en el medio.



Un nivel térmico que asegure una temperatura de 800°C durante un tiempo de residencia de, al menos, 2 segundos garantiza la destrucción de estos compuestos. Sin embargo se da la paradoja de que la propia instalación térmica, en la zona de baja temperatura, puede ser la generadora de dioxinas y furanos. El principio general de formación esta esquematizado en la figura y su origen radica en la degradación térmica de agentes clorados en presencia de abundante exceso de aire. Si estos compuestos no son destruidos, pasan a las escorias.

Otra fuente de generación de dioxinas, en las incineradoras, es la llamada síntesis "de novo". Durante el enfriamiento de los gases se reforman las dioxinas entre 500 y 250°C, por ello se recomienda acelerar la velocidad de enfriamiento de los gases, sobre todo cuando se prevean problemas.

### **Efectos y destino de dioxinas y furanos**

El inventario de dioxinas y furanos llevado a cabo por el CSIC (consejo Superior de Investigaciones Científicas de España) y el CIEMAT (Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas), indica que en los tres últimos años las emisiones de dioxinas y furanos generadas por el conjunto de las incineradoras españolas ha pasado de 20 gramos a 1,2 gramos al año y figuran entre las más eficientes del mundo.

**Dónde se encuentran:** En compuestos utilizados en la producción de aceites dieléctricos, lubricantes, pinturas, preservantes de la madera, pesticidas, retardantes de llama, circuitos eléctricos, etc.

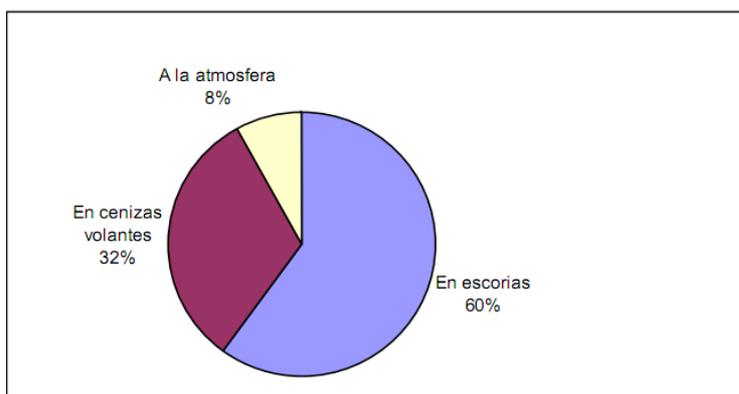
### **Efectos tóxicos:**

Efectos en la piel: Cloracné, hiperpigmentación, hiperqueratosis.

Efectos neurológicos: Neuropatía, disfunciones sexuales, neuritis, etc.

Efectos en el cuerpo: Fibrosis hepática, problemas digestivos, dolores musculares, Disfunciones en el sistema inmunológico, etc.

Destino de las dioxinas: La gráfica siguiente muestra, en el caso de las incineradoras, que las emisiones a la atmósfera no son, con mucha diferencia, las mayores emisoras de dioxinas y furanos un promedio, a partir de 130 ensayos de casos estudiados, de donde se encuentran las dioxinas y furanos.



**Datos para el cálculo de la cámara de post-combustión**

$T_{\text{post}} := 1100\Delta^{\circ}\text{C}$	Temperatura de exposición de gas en la cámara
$t_{\text{post}} := 2\text{s}$	Tiempo de exposición del gas
$V_{\text{gases.total}} := 563.514 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$	Volumen del gas total a la entrada
$v_{\text{s.gases}} := 10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	Velocidad de gases
$d_t := 300\text{mm}$	Diámetro de tubería de entrada a la cámara.
$T_{\text{entradapost}} := 850\Delta^{\circ}\text{C}$	Temperatura de los gases a la entrada de la cámara post-combustión.
$m_{\text{gases}} := 378\text{kg}$	Masa de los gases.
$\delta_{\text{gases}} := 0.753 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Densidad de los gases.
$T_{\text{amb}} := 20\Delta^{\circ}\text{C}$	Temperatura ambiente.

Cálculo del caudal que entra a la cámara de post-combustión.

$$Q_{\text{post}} := v_{\text{s.gases}} \cdot \frac{\pi \cdot d_t^2}{4} = 0.707 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Cálculo del volumen de la cámara para retener dos segundos el caudal de gases.

$$V_{\text{post}} := Q_{\text{post}} \cdot t_{\text{post}} = 1.414 \text{m}^3$$

$$q_{\text{vol.gases}} := \frac{V_{\text{gases.total}} \cdot m_{\text{gases}}}{5\text{hr}} = 11.834 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

El caudal másico de gases es:

$$q_{\text{mas.gases}} := q_{\text{vol.gases}} \cdot \delta_{\text{gases}} = 32079.049 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$$

Dimensiones de la cámara de oxidación

$$d_{\text{post}} := 2400\text{mm} \quad \text{Diámetro de la cámara de oxidación}$$

$$l_{\text{post}} := 2800\text{mm} \quad \text{Largo de la cámara de oxidación}$$



Volumen de la cámara de post-combustión.

$$V_{\text{camarapostcombustion}} := l_{\text{post}} \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{post}}^2}{4} = 12.667 \text{ m}^3$$

### a) Análisis de los gases.

Para el análisis de los gases tomamos el CO por ser el gas de mayor proporción en la combustión y uno de los más contaminantes.

Consideraremos que toda la masa de gas es igual a la masa de CO.

$$m_{\text{CO}} := m_{\text{gases}} \cdot \frac{1}{\text{kg}} = 378$$

Para producir la combustión del monóxido de carbono, se necesitan

$$V_{\text{aire.CO}} := m_{\text{CO}} \cdot 4.7 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} = 1776.6 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

El volumen total del aire será:

$$V_{\text{aire.comb}} := \frac{V_{\text{aire.CO}}}{m_{\text{CO}}} = 4.7 \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

La masa total de aire necesario para producir la combustión de estos elementos es:

$$\delta_{\text{aire}} := 1.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m_{\text{CO.total}} := V_{\text{aire.comb}} \cdot \delta_{\text{aire}} = 5.64$$

Al quemar, se desea obtener una atmósfera oxidante, es decir, con exceso de aire.

Para el cálculo adoptaremos un COEFICIENTE DE EXCESO DE AIRE de 5.

$$e_{\text{aire}} := 5$$

Por tanto, el peso de aire real es:

$$m_{\text{CO.real}} := e_{\text{aire}} \cdot m_{\text{CO.total}} = 28.2$$

Teniendo en cuenta este valor, deberemos inyectar aire para lograr una correcta combustión. La cantidad de aire a inyectar es:

$$m_{\text{aire.e\%}} := \frac{(m_{\text{CO.real}} - m_{\text{CO.total}}) \cdot 100}{m_{\text{CO.real}}} = 80$$



Se deberá inyectar un 90% más del aire necesario.

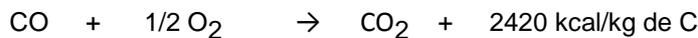
El volumen total de aire, considerando el exceso de aire es:

$$V_{\text{aire.total}} := \frac{m_{\text{CO.real}}}{\delta_{\text{aire}}} = 23.5 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

### **b) Poder Calorífico. Método Analítico**

#### **Poder calorífico del monóxido de carbono.**

El monóxido de carbono si se combina con suficiente Oxígeno, produce dióxido de carbono con desprendimiento de calor.



$$PC_C := 2420 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \cdot m_{\text{CO}} = 914760 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

#### **Cálculo del calor útil**

Cálculo del calor necesario para calentar los gases en la cámara.

$$C_{\text{aire}} := 0.24 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot \Delta^\circ\text{C}} \quad \text{Calor específico del aire.}$$

$$m_a := m_{\text{CO.real}} = 28.2$$

$$m_{\text{aire}} := m_a \cdot \text{kg} = 28.2 \text{kg}$$

$$Q_{\text{caloraire}} := m_{\text{aire}} \cdot C_{\text{aire}} \cdot (T_{\text{post}} - T_{\text{amb}}) = 7309 \text{ kcal}$$

Para calcular el calor necesario para llevar los gases de la combustión a 1100°C, tomamos el calor específico de medio de los gases de la combustión.

$$C_{\text{gases}} := 0.25 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot \Delta^\circ\text{C}} \quad \text{Calor específico de los gases.}$$

$$Q_{\text{calorcamara}} := m_{\text{gases}} \cdot C_{\text{gases}} \cdot (T_{\text{post}} - T_{\text{entradapost}}) = 23625 \text{ kcal}$$

El calor total para calentar la cámara es.

$$Q_{\text{gases}} := Q_{\text{caloraire}} + Q_{\text{calorcamara}} = 30934 \text{ kcal}$$

### **c) Pérdida de calor.**



En relación directa de la cámara de post-combustión y los materiales refractarios y aislantes utilizados, están las pérdidas de calor que podemos clasificar en:

Pérdidas de calor a través de las paredes.

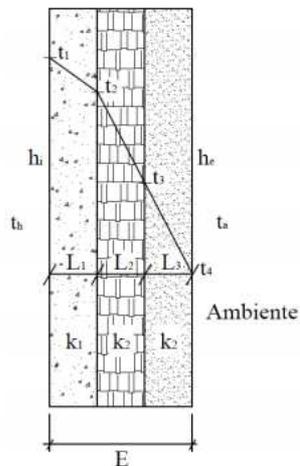
Pérdidas por el calor almacenado en el revestimiento.

Pérdidas por puentes térmicos, cuando en un aislamiento se colocan materiales de mayor conductividad térmica pero de poca sección.

Pérdidas por aberturas, ranuras, etc., que se presentan en puertas, juntas, etc.

### Pérdidas de calor por paredes cilíndricas.

La cámara de post-combustión tiene una forma cilíndrica compuesto de tres materiales de conductividad térmica  $k_1$ ,  $k_2$ , y  $k_3$ .



Los materiales aislantes seleccionados para la fabricación del horno son:

**Lámina galvanizada:** De este material serán las paredes de la cámara, por lo que estará sometido a condiciones de temperatura y humedad por lo que debe ser un material resistente a la corrosión, un material óptimo sería acero inoxidable pero con un costo elevado. Esta lamina tendrá un espesor de 5mm considerando que el peso que resistirá no será demasiado para deformarla.

Aunque su función principal es la de formar la carcasa de la cámara se debe considerar en el cálculo de las pérdidas de calor.

Tabla 2.1. Lamina galvanizada

CONDUCTIVIDAD TERMICA W/m°K	
127 °C	56.7
327 °C	48.0
527 °C	39.2
727	30.0



Tabla 2.2. Fibra cerámica moldeable estándar, [6].

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
 	
TEMPERATURAS MAXIMAS RECOMENDADAS	
Uso continuo	1200 °C
Uso intermitente	1260 °C
CONDUCTIVIDAD TERMICA W/m²K	
260 °C	0.07
538 °C	0.15
816 °C	0.17
COMPOSICIÓN QUIMICA	
AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	40-42 %
SiO <sub>2</sub>	55-57 %
Otros	2-3 %

**Ladrillos refractarios:** principal aislante térmico. Medidas:

Ladrillo Refractario Recto 229 x 114 x 63 mm

**Datos**

$t_h := 1100\Delta^\circ\text{C}$	Temperatura en el interior de la cámara.
$t_a := 20\Delta^\circ\text{C}$	Temperatura ambiente exterior.
$L_1 := 229\text{mm}$	Espesor del ladrillo refractario.
$L_2 := 10\text{mm}$	Espesor de la fibra cerámica
$L_3 := 5\text{mm}$	Espesor de la chapa galvanizada.
$k_1 := 0.47 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$	Conductividad térmica del ladrillo refractario.
$k_2 := 0.17 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$	Conductividad térmica de la fibra cerámica.
$k_3 := 30 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$	Conductividad térmica de la chapa galvanizada.
$h_i := 0.03 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\cdot\text{K}}$	Coefficiente global por convección en el interior de la cámara
$h_e := 0.009 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\cdot\text{K}}$	Coefficiente global por convección en el exterior de la cámara

Cálculo de los radios.

$$r_1 := \frac{d_{\text{post}}}{2} = 1 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

$$r_2 := r_1 + L_1 = 1429 \cdot \text{mm}$$

$$r_3 := r_1 + L_1 + L_2 = 1439 \cdot \text{mm}$$

$$r_4 := r_1 + L_1 + L_2 + L_3 = 1.444 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$



Cálculo del área longitudinal del la cámara.

$$A_2 := 2 \cdot r_4 \cdot l_{\text{post}} = 8.086 \text{ m}^2$$

$$P_c := \frac{t_h - t_a}{\frac{\ln\left(\frac{r_1}{r_2}\right)}{2 \cdot \pi \cdot l_{\text{post}} \cdot k_1} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_3}\right)}{2 \cdot \pi \cdot l_{\text{post}} \cdot k_2} + \frac{\ln\left(\frac{r_4}{r_3}\right)}{2 \cdot \pi \cdot l_{\text{post}} \cdot k_3} + \frac{1}{h_e \cdot A_2}} = 0.079 \cdot \text{kW}$$

Cálculo del área de la tapa.

$$d_{\text{tapa}} := d_{\text{post}} + 2 \cdot L_1 + 2 \cdot L_2 + 2 \cdot L_3 = 2888 \cdot \text{mm}$$

$$A_{\text{tapa}} := \pi \cdot \frac{d_{\text{post}}^2}{2} = 9.048 \text{ m}^2$$

$$P_p := 2 \cdot \frac{t_h - t_a}{\frac{1}{A_{\text{tapa}} \cdot h_i} + \frac{l_1}{A_{\text{tapa}} \cdot k_1} + \frac{l_2}{A_{\text{tapa}} \cdot k_2} + \frac{1}{A_{\text{tapa}} \cdot h_e} + \frac{l_3}{A_{\text{tapa}} \cdot k_3}} = 0.1352 \cdot \text{kW}$$

#### **d) Cálculo del calor total necesario para calentar la cámara.**

$$Q_p := 116.07 \text{ kcal} \quad \text{Pérdidas en las tapas en kcal.}$$

$$Q_c := 67.92 \text{ kcal} \quad \text{Pérdidas en la pared cilíndrica en kcal.}$$

$$Q_{\text{total}} := Q_{\text{gases}} + Q_p + Q_c = 31118 \cdot \text{kcal}$$

#### **e) Potencia total en la cámara.**

$$P_{\text{gases}} := 36.141 \text{ kW}$$

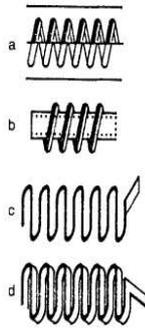
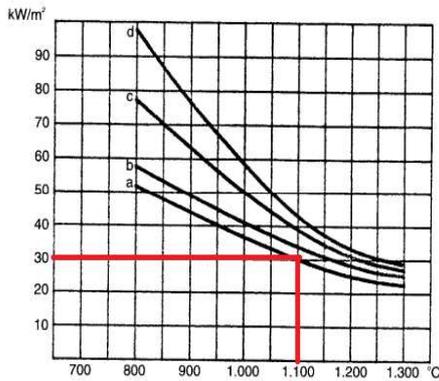
$$N_{\text{total}} := P_p + P_c + P_{\text{gases}} = 36 \cdot \text{kW}$$

#### **f) Selección de la resistencia**

##### **Cálculo de la resistencia metálica**

La potencia máxima que puede disponerse en el interior de un horno con resistencias metálicas depende de la temperatura máxima y de la disposición que se adopte para las mismas. La figura señala dicha potencia máxima para cuatro disposiciones típicas.





Potencia específica máxima en hornos

a\_ Alambre arrollado en espiral o platina ondulada sobre ranuras.

b\_ Alambre en espiral sobre tubos cerámicos

c\_ Alambre ondulado y dispuesto verticalmente con soportes de gancho.

d\_ Platina ondulada y dispuesta verticalmente con soportes de ganchos.

$$P_{\max} := 30\text{kW}$$

La potencia calculada es muy parecida a la tomada gráficamente.

Si se conoce la potencia del horno, se puede determinar la superficie mínima requerida para instalar las resistencias. Si es posible, se dispondrán únicamente en las paredes laterales del horno pero, si es necesario, se puede ampliar a otras superficies (bóvedas, soleras, puerta, etc.) hasta conseguir la superficie requerida.

Tabla 1.3. Resistividad eléctrica de las aleaciones Ni-Cr.

Aleación Ni-Cr	80-20	70-30	60-15	40-20	30-20	20-25
<b>Resistividad eléctrica <math>\mu\Omega\text{cm}</math></b>						
20°C	112	119	113	105	104	95
100°C	113	120	114	108	107	99
200°C	113	122	116	111	111	103
300°C	114	123	118	114	114	107
400°C	115	124	120	117	117	111
500°C	116	125	122	120	120	115
600°C	115	124	121	122	122	118
700°C	114	124	121	124	124	120
800°C	114	124	122	126	126	122
900°C	114	124	123	128	128	124
1000°C	115	124	124	130	130	126
1100°C	116	125	125	132	132	126
1200°C	117	126	--	--	--	--
<b>Coefficiente de resistividad</b>						
20°C	1	1	1	1	1	1
100°C	1.009	1.009	1.009	1.028	1.029	1.042
200°C	1.009	1.025	1.027	1.057	1.067	1.084
300°C	1.018	1.034	1.044	1.086	1.096	1.126
400°C	1.027	1.042	1.062	1.114	1.125	1.168
500°C	1.036	1.05	1.08	1.143	1.154	1.21
600°C	1.027	1.042	1.071	1.162	1.173	1.242
700°C	1.018	1.042	1.071	1.181	1.192	1.263
800°C	1.018	1.042	1.08	1.2	1.211	1.284
900°C	1.018	1.042	1.089	1.219	1.231	1.305
1000°C	1.027	1.042	1.097	1.238	1.25	1.326
1100°C	1.036	1.05	1.115	1.257	1.269	--
1200°C	1.045	1.05	--	--	--	--

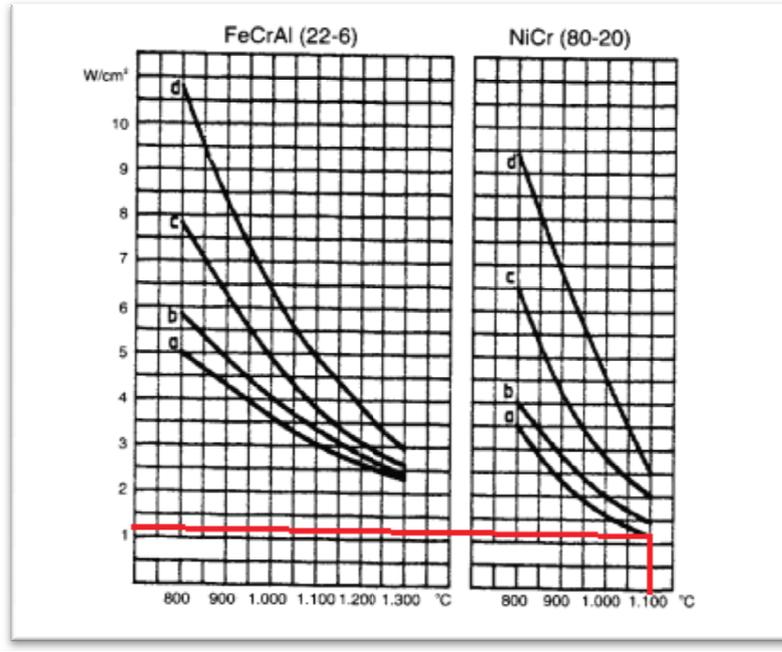
$$\rho_{\text{post}} := 0.000116\Omega\text{-cm}$$

Resistividad eléctrica



$$C_{t,post} := 1.036$$

Coeficiente de resistividad



$$P_{post} := 1.2 \frac{W}{cm^2}$$

Carga específica en  $W/cm^2$ .

$$V_r := 380V$$

Tensión aplicada.

$$d_{camarapost} := 0.74 \sqrt[3]{\left(\frac{P_{post}}{V_r}\right)^2 \cdot \frac{C_{t,post} \cdot P_{post}}{P_{post}}} = 0.719 \cdot cm$$



Tabla 2.4. Ac/R20

CALIBRE SWG	DIAMETRO cm	Ac cm <sup>2</sup>	R20 Ω	Ac/R20 cm <sup>2</sup> /Ω
2	0.54	1.69646003	0.000324	5235.98776
4	0.519	1.63048659	0.000515	3165.99337
5	0.426	1.33831847	0.000647	2068.49841
6	0.412	1.29433617	0.00082	1578.45875
7	0.367	1.1529645	0.001033	1116.13214
8	0.326	1.02415921	0.001302	786.604612
9	0.291	0.91420346	0.001643	556.423288
10	0.259	0.8136725	0.002073	392.509647
11	0.23	0.72256631	0.002614	276.421695
12	0.203	0.63774331	0.00328	194.433936
13	0.183	0.57491146	0.00417	137.868455
14	0.163	0.5120796	0.00525	97.5389719
15	0.145	0.45553093	0.00659	69.1245728
16	0.129	0.40526545	0.00833	48.6513148
17	0.115	0.36128316	0.01049	34.4407202
18	0.102	0.32044245	0.01325	24.1843359
19	0.091	0.28588493	0.01669	17.1291151
20	0.081	0.254469	0.02099	12.1233447
21	0.072	0.22619467	0.0264	8.56797997
22	0.064	0.20106193	0.03346	6.00902361
23	0.057	0.17907078	0.04198	4.26562128
24	0.051	0.16022123	0.05314	3.01507763
25	0.046	0.14451326	0.06724	2.14921568
26	0.0404	0.12692034	0.085	1.49318051
27	0.0361	0.11341149	0.107	1.05992051
28	0.032	0.10053096	0.135	0.74467381

Comercialmente el diámetro de resistencia más grande es de 5,4mm, y el calculado es de 8mm. Por lo tanto tomaremos la resistencia de 5,4mm de diámetro pero de un largo mucho mayor, para obtener el valor de potencia deseado.

$$d_{\text{resis}} := 5.4\text{mm}$$

$$L_{\text{camarapost}} := \frac{P_{\text{post}}}{\pi \cdot p_{\text{post}} \cdot d_{\text{resis}}} = 178.582\text{m}$$

Resistencia eléctrica a 20°C de longitud 1 cm:

$$R_{20\text{post}} := \rho_{\text{post}} \cdot \frac{4 \cdot L_{\text{camarapost}}}{\pi \cdot d_{\text{camarapost}}^2} = 5.104\Omega$$

Resistencia eléctrica a la temperatura T°C de las resistencias:

$$R_{t\text{post}} := C_{t,\text{post}} \cdot R_{20\text{post}} = 5.288\Omega$$

Superficie radiante de las resistencias

$$A_{\text{cpost}} := \pi \cdot d_{\text{camarapost}} \cdot L_{\text{camarapost}} = 4.033\text{m}^2$$

Las dimensiones de la espiral se determinan teniendo en cuenta los siguientes límites.





	Aleación Ni-Cr	
	En ranuras	En tubos
D/d para elemento menor o igual a 1000°C	6-9	12-14
D/d para elemento mayor a 1000°C	5-8	12-14
Paso S/d	2-3	3-6

Valores de D inferiores producen tensiones mecánicas de arrollado, y mayores dan lugar a espiras débiles.

$$D_{\text{espiral}} := 6 \cdot d_{\text{resis}} = 0.032 \text{ m}$$

El número de espiras.

$$N_{\text{espiras}} := \frac{L_{\text{camarapost}}}{\pi \cdot (D_{\text{espiral}} - d_{\text{camarapost}})} = 2255$$

Longitud arrollada con espiras cerradas.

$$L_{\text{arrollada}} := N_{\text{espiras}} \cdot d_{\text{camarapost}} = 16208 \cdot \text{mm}$$

### **g) Cálculo del ventilador para el exceso de aire.**

$$v_{\text{con}} := 6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{Velocidad en el conducto.}$$

$$m_{\text{aire}} = 28.2 \text{ kg} \quad \text{Masa de aire a impulsar.}$$

El caudal, en la cañería será:

$$Q_{\text{aire}} := \frac{V_{\text{aire.total}} \cdot m_{\text{aire}}}{5 \text{ hr}} = 132.54 \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

Para determinar los diámetros de las cañerías, lo hacemos de la siguiente manera:

Tramo A-B.

$$l_{\text{ab}} := 5.8 \text{ m}$$

$$Q_{\text{ab}} := Q_{\text{aire}} = 0.037 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$d_{\text{ab}} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{ab}}}{\pi \cdot v_{\text{con}}}} = 88.39 \cdot \text{mm}$$

Tomamos un tubo comercial Schedule 40 de acero sin costura de 3<sup>1/2</sup>". Por ser el más cercano.



Diametro Nominal			Schedule	Espesor de pared		Peso Nominal Kg/m	Presion de Prueba	
Interior pulg.	Exterior pulg.	mm		pulg.	mm		lb/pulg 2	Kg/cm2
2 1/2"	2.875	73.0	40	0.203	5.16	8.63	2500	175.0
			80	0.276	7.01	11.41	2500	175.0
3"	3.500	88.9	40	0.216	5.49	11.29	2500	175.0
			80	0.300	7.62	15.27	2500	175.0
3 1/2"	4.000	101.6	40	0.226	5.74	13.57	2370	166.0
			80	0.318	8.08	18.63	2800	196.0
4"	4.500	114.3	40	0.237	6.02	16.07	2210	155.0
			80	0.337	8.56	22.32	2800	196.0

$$d_1 := 101.6\text{mm}$$

Tramo BC.

$$l_{bc} := 1\text{m}$$

$$Q_{bc} := \frac{Q_{\text{aire}}}{2} = 0.018 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$d_{bc} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{bc}}{\pi \cdot v_{\text{con}}}} = 62.501 \cdot \text{mm}$$

Tomamos un tubo comercial Schedule 40 de acero sin costura de 2 1/2 ". Por ser el más cercano.

Diametro Nominal			Schedule	Espesor de pared		Peso Nominal Kg/m	Presion de Prueba	
Interior pulg.	Exterior pulg.	mm		pulg.	mm		lb/pulg 2	Kg/cm2
2 1/2"	2.875	73.0	40	0.203	5.16	8.63	2500	175.0
			80	0.276	7.01	11.41	2500	175.0
3"	3.500	88.9	40	0.216	5.49	11.29	2500	175.0
			80	0.300	7.62	15.27	2500	175.0
3 1/2"	4.000	101.6	40	0.226	5.74	13.57	2370	166.0
			80	0.318	8.08	18.63	2800	196.0
4"	4.500	114.3	40	0.237	6.02	16.07	2210	155.0
			80	0.337	8.56	22.32	2800	196.0

$$d_2 := 73\text{mm}$$

Tramo BD.

$$l_{bd} := 1\text{m}$$

$$Q_{bd} := \frac{Q_{\text{aire}}}{2} = 0.018 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$d_{bd} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{bd}}{\pi \cdot v_{\text{con}}}} = 62.501 \cdot \text{mm}$$

Tomamos un tubo comercial Schedule 40 de acero sin costura de 2 1/2 ". Por ser el más cercano.



Diametro Nominal			Schedule	Espesor de pared		Peso Nominal Kg/m	Presion de Prueba	
Interior pulg.	Exterior pulg.	mm		pulg.	mm		lb/pulg 2	Kg/cm2
2 1/2"	2.875	73.0	40	0.203	5.16	8.63	2500	175.0
			80	0.276	7.01	11.41	2500	175.0
3"	3.500	88.9	40	0.216	5.49	11.29	2500	175.0
			80	0.300	7.62	15.27	2500	175.0
3 1/2"	4.000	101.6	40	0.226	5.74	13.57	2370	166.0
			80	0.318	8.08	18.63	2800	196.0
4"	4.500	114.3	40	0.237	6.02	16.07	2210	155.0
			80	0.337	8.56	22.32	2800	196.0

$$d_3 := d_2 = 0.073 \text{ m}$$

Los tramos DE-FG-HI-JK-LM-BN-OP-QR-ST-UV-CW, son todos iguales de largo, por lo tanto realizaremos un solo cálculo para ellos.

Tramo DE.

$$l_{de} := 1 \text{ m}$$

$$Q_{de} := \frac{Q_{aire}}{11} = 0.003 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$d_{de} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{de}}{\pi \cdot v_{con}}} = 26.65 \cdot \text{mm}$$

Tomamos un tubo comercial Schedule 40 de acero sin costura de 1". Por ser el más cercano.

:: Dimensiones y Peso Unitario

Diametro Nominal			Schedule	Espesor de pared		Peso Nominal Kg/m	Presion de Prueba	
Interior pulg.	Exterior pulg.	mm		pulg.	mm		lb/pulg 2	Kg/cm2
3/8"	0.675	17.1	40	0.091	2.31	0.84	700	49.2
			80	0.126	3.20	1.10	850	60.0
1/2"	0.840	21.3	40	0.109	2.77	1.27	700	49.2
			80	0.147	3.73	1.62	850	60.0
3/4"	1.050	26.7	40	0.113	2.87	1.69	700	49.2
			80	0.154	3.91	2.20	850	60.0
1"	1.315	33.4	40	0.133	3.38	2.50	700	49.2
			80	0.179	4.55	3.24	850	60.0
1 1/4"	1.660	42.2	40	0.140	3.56	3.39	1300	91.0
			80	0.191	4.85	4.47	1900	133.0

$$d_4 := 33.4 \text{ mm}$$

La presión total del ventilador será la necesaria para vencer las pérdidas éstas sean máximas.

$$\lambda_{tramo} := 0.03$$

$$\lambda_{codos} := 0.2$$

$$\lambda_t := 0.7$$



$$\rho_{\text{aire}} := 1.29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\eta_{\text{ven}} := 0.9 \quad \text{Rendimiento del ventilador centrífugo}$$

$$H_t := \frac{v_{\text{con}}^2}{2 \cdot g} \left[ \lambda_{\text{tramo}} \left( 11 \cdot \frac{l_{\text{de}}}{d_{\text{de}}} + 2 \cdot \frac{l_{\text{bc}}}{d_2} + \frac{l_{\text{ab}}}{d_1} \right) + 2 \cdot \lambda_{\text{codos}} + 10 \cdot \lambda_t + 1 \right] = 42.798 \text{ m}$$

$$\Delta P_{\text{total}} := H_t \cdot g \cdot \rho_{\text{aire}} = 541.421 \text{ Pa}$$

$$N_{\text{ventilador}} := \frac{(\Delta P_{\text{total}} \cdot Q_{\text{aire}})}{\eta_{\text{ven}}} = 0.022 \cdot \text{kW}$$

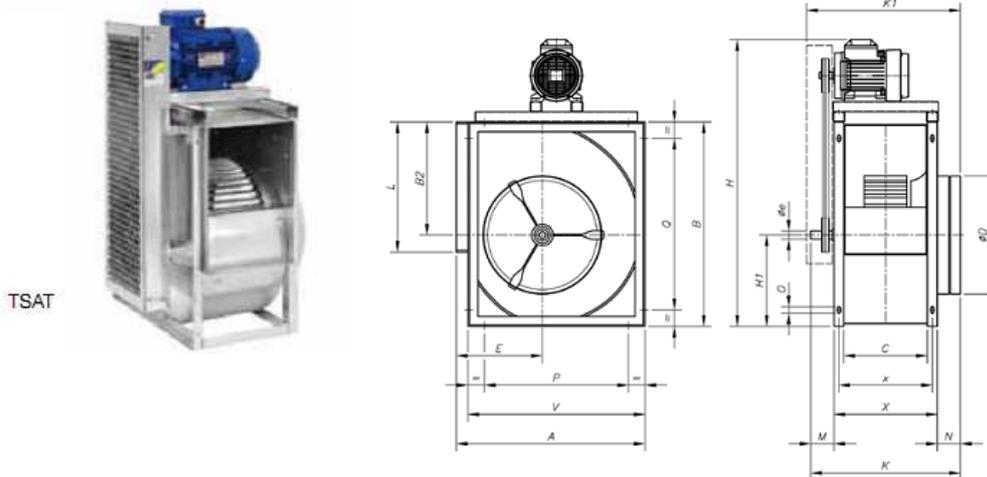
### Selección del ventilador.

Del catálogo de la firma "SODECA", seleccionamos un ventilador centrífugo modelo TSAT CJTSA 12/6-0,75.

#### Características técnicas

Modelo	Velocidad (r/min)	Intensidad máxima admisible (A)			Potencia instalada (kW)	Caudal máximo (m³/h)	Nivel presión sonora dB(A)	Peso aprox. (Kg)
		230V	400V	690V				
TSAT CJTSA 12/6-0,75	1000	2,4	1,4	0,55	2600	69	73	
TSAT CJTSA 12/6-1	1100	3,3	1,9	0,75	3100	71	74	
TSAT CJTSA 12/6-1,5	1250	4,5	2,6	1,1	3500	74	77	
TSAT CJTSA 12/6-2	1300	6,0	3,5	1,5	4250	77	80	
TSAT CJTSA 12/6-3	1500	8,3	4,8	2,2	4800	79	85	
TSAT CJTSA 15/7-1	800	3,3	1,9	0,75	4000	67	92	
TSAT CJTSA 15/7-1,5	850	4,5	2,6	1,1	4800	69	95	
TSAT CJTSA 15/7-2	920	6,0	3,5	1,5	5400	72	98	
TSAT CJTSA 15/7-3	1000	8,3	4,8	2,2	6400	75	103	

#### Características constructivas del





Modelo	A	B	B2	C	oD	E	oe	H	H1	K	K1	L	M	N	O	P	Q	V	X	x
TSAT-12/6-0'75	498	532	290	210	325	230	25	805	242	435	475	345	75	90	9x17	324	324	468	270	242
TSAT-12/6-1	498	532	290	210	325	230	25	805	242	435	475	345	75	90	9x17	324	324	468	270	242
TSAT-12/6-1'5	498	532	290	210	325	230	25	825	242	435	475	345	75	90	9x17	324	324	468	270	242
TSAT-12/6-2	498	532	290	210	325	230	25	825	242	435	475	345	75	90	9x17	324	324	468	270	242
TSAT-12/6-3	498	532	290	210	325	230	25	845	242	435	475	345	75	90	9x17	324	324	468	270	242
TSAT-15/7-1	583	632	348	269	400	265	25	905	284	494	535	404	75	90	9x17	406	406	553	329	301
TSAT-15/7-1'5	583	632	348	269	400	265	25	925	284	494	535	404	75	90	9x17	406	406	553	329	301
TSAT-15/7-2	583	632	348	269	400	265	25	925	284	494	535	404	75	90	9x17	406	406	553	329	301
TSAT-15/7-3	583	632	348	269	400	265	25	945	284	494	535	404	75	90	9x17	406	406	553	329	301
TSAT-15/7-4	583	632	348	269	400	265	25	945	284	494	535	404	75	90	9x17	406	406	553	329	301
TSAT-18/9-1'5	694	756	415	301	475	323	25	1050	341	526	566	482	75	90	9x17	520	608	664	361	333
TSAT-18/9-2	694	756	415	301	475	323	25	1050	341	526	566	482	75	90	9x17	520	608	664	361	333
TSAT-18/9-3	694	756	415	301	475	323	25	1070	341	526	566	482	75	90	9x17	520	608	664	361	333
TSAT-18/9-4	694	756	415	301	475	323	25	1070	341	526	566	482	75	90	9x17	520	608	664	361	333
TSAT-18/9-5'5	694	756	415	301	475	323	25	1095	341	526	566	482	75	90	9x17	520	608	664	361	333



## 2) CHIMENEA DE EMERGENCIA

Sirve como alternativa para bajar la presión de los gases en caso de que se presente una saturación o un evento en la condición normal del funcionamiento del sistema de tratamiento de gases.

Para determinar las características de una chimenea es imprescindible conocer el tipo de fluido que se espera que circule por ella. Normalmente se trata de humos productos de la combustión de fósiles, madera, etc., en aire ambiente. Sin embargo, aun en estos casos, hay que tener en cuenta la posible "contaminación" de estos humos con sustancias desprendidas de los productos en los que intervienen, como por ejemplo, en los hornos de reverbero.

### a) Diseño de la chimenea

#### Datos para el cálculo de la chimenea de emergencia

$T_{\max\text{clima}} := 40\Delta^{\circ}\text{C}$	Temperatura máxima en San Rafael.
$T_{\min\text{clima}} := -3.2\Delta^{\circ}\text{C}$	Temperatura mínima en San Rafael.
$T_{\text{amb}} := 20\Delta^{\circ}\text{C}$	Temperatura ambiente.
$T_{\max} := 1100\Delta^{\circ}\text{C}$	Temperatura del gas.
$H_r := 75$	Humedad relativa.
$m_{\text{gases}} := 378\text{kg}$	Masa de los gases.
$\delta_{\text{gases}} := 0.753 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	Densidad de los gases.

Para evitar el asentamiento de gases en las tuberías, consideramos que estos estarán en estas por 2 segundos. El caudal volumétrico de gases es:

$$q_{\text{vol.gases}} := \frac{V_{\text{gases.total}} m_{\text{gases}}}{5\text{hr}} = 11.834 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

El caudal másico de gases es:

$$q_{\text{mas.gases}} := q_{\text{vol.gases}} \delta_{\text{gases}} = 8.911 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

#### Cálculo de la altura

La altura de la chimenea se calcula en función de la máxima concentración permitida del contaminante.

Cálculo de la diferencia de temperatura entre la temperatura más cálida y la más fría.

$$\Delta T_{\max} := T_{\max\text{clima}} - T_{\min\text{clima}} = 43.2\text{K}$$

Cálculo de la diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura cálida.

$$\delta_t := T_{\max\text{clima}} - T_{\text{amb}} = 20\text{K}$$

Para calcular el parámetro que refleja las condiciones climatológicas del lugar.

Para calcular el índice climatológico.



$$I_c := \frac{\Delta T_{\max} + 2 \cdot \delta_t}{T_{\text{amb}}} + \frac{80}{H_r} = 5.227$$

$$A_c := 70 \cdot I_c = 365.867 \quad \text{Parámetro climatológico}$$

$$\theta := 1 \quad \text{Constante que vale 1 para gases, 2 para partículas.}$$

$$n := 1 \quad \text{Constante que vale 1.}$$

Tomando que 0.5% del caudal másico es  $\text{SO}_2$ , tenemos.

$$m_c := 0.005 \cdot q_{\text{mas.gases}} = 160.395 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$$

$$m_{\text{cont}} := 160.39 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{hr}} \quad \text{Caudal másico de } \text{SO}_2.$$

Para la concentración máxima de contaminantes a nivel del suelo en  $\text{mg}/\text{m}^3\text{N}$ . Usamos el  $\text{SO}_2$  por ser unos de los contaminantes más perjudiciales por generar lluvia ácida.

$$C_m := 0.4 \cdot \frac{\text{mg}}{\text{m}^3\text{N}} \quad \text{Concentración máxima de contaminante a nivel del suelo Para } \text{SO}_2$$

$$q_{\text{vol.gases}} = 42602 \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

$$Q_{\text{gas}} := 42602 \cdot \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} \quad \text{Caudal volumétrico de la salida de gases}$$

Cálculo de la diferencia de temperatura entre la temperatura del gas y la ambiente.

$$\Delta T := T_{\max} - T_{\text{amb}} = 1080 \text{ K}$$

$$\Delta T_{\text{em}} := 1080$$

Cálculo de la altura de la chimenea.

$$h_{\text{chim}} := \sqrt{\frac{A_c \cdot m_{\text{cont}} \cdot \theta^3}{C_m}} \cdot \sqrt[3]{\frac{n}{Q_{\text{gas}} \cdot \Delta T_{\text{em}}}} = 20.234 \quad \text{m}$$

$$h_{\text{chimenea}} := 20\text{m}$$

### b) Cálculo del diámetro de la chimenea

El área para calcular el diámetro se encuentra a partir de la relación entre el caudal volumétrico del gas y la velocidad de salida de este gas.

La velocidad de salida de gases habituales para una torre de entre 20 y 45 metros según la tabla es:

Altura, h (m)	Velocidad (m/s)
Hasta 20	6
20 - 45	9
Mayor de 45	12



$$V_{gs} := 6 \frac{m}{s}$$

Esta velocidad mínima de salida es necesaria para:

Evitar arrastres hacia abajo.  
Pérdida de flotabilidad y altura efectiva.  
Entrada de aire frío a la chimenea.

Cálculo del área circular de la chimenea.

$$A_{chim} := \frac{q_{vol.gases}}{V_{gs}} = 1.972 m^2$$

Para el cálculo del diámetro.

$$d_{chim} := \sqrt{\frac{4 \cdot A_{chim}}{\pi}} = 1.585 \cdot m$$

$$r_{chim} := \frac{d_{chim}}{2} = 0.792 m$$

$$d_{chimenea} := 1.6 m$$

Diámetro de la chimenea

$$r_{chimenea} := 0.8 m$$

Radio de la chimenea

### Pérdida de flotabilidad

Flotabilidad ( $m^4/s^3$ ): Tendencia ascendente del gas por su alta temperatura y baja densidad . Por eso es muy importante en el cálculo de la altura de una chimenea.

$$g = 9.807 \frac{m}{s^2}$$

$$T_g := \frac{T_{post} + T_{amb}}{2} = 560 K$$

Temperatura promedio del gas dentro de la chimenea

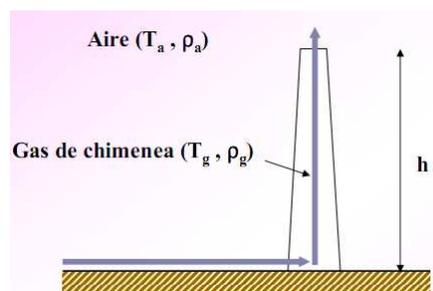
$$T_a := 30 \Delta^{\circ} C$$

Temperatura que tiene el gas a la salida de la chimenea.

$$F_h := g \cdot r_{chimenea}^2 \cdot V_{gs} \cdot \left( 1 - \frac{T_a}{T_g} \right) = 35.64 \frac{m^4}{s^3}$$

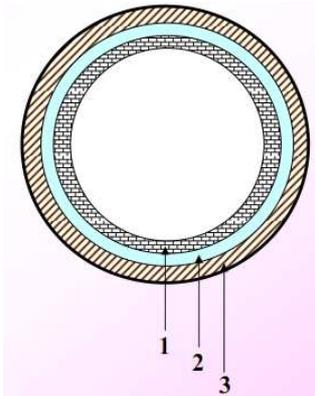
### Pérdida por tiro

El tiro de la chimenea es el diferencial de presión creado por la diferencia de densidades entre el gas de chimenea y el aire exterior.



$$\Delta P := \delta_{\text{aire}} \left( 1 - \frac{T_a}{T_g} \right) \cdot g \cdot h_{\text{chimenea}} = 222.751 \text{ Pa}$$

**Estructura de la chimenea.**



- 1 - Revestimiento interno de ladrillos refractarios
- 2 - Aislante térmico. Fibra cerámica.
- 3 - Carcasa exterior. Chapa galvanizada

**c) Pérdida de calor.**

**Pérdidas de calor por paredes cilíndricas.**

**Datos**

$t_{\text{hch}} := 1100\Delta^{\circ}\text{C}$	Temperatura en el interior de la cámara.
$t_{\text{ach}} := 20\Delta^{\circ}\text{C}$	Temperatura ambiente exterior.
$L_{1\text{ch}} := 229\text{mm}$	Espesor del ladrillo refractario.
$L_{2\text{ch}} := 50\text{mm}$	Espesor de la fibra cerámica
$L_{3\text{ch}} := 6.35\text{mm}$	Espesor de la chapa galvanizada.
$k_{1\text{ch}} := 0.47 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$	Conductividad térmica del ladrillo refractario.
$k_{2\text{ch}} := 0.17 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$	Conductividad térmica de la fibra cerámica.
$k_{3\text{ch}} := 30 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$	Conductividad térmica de la chapa galvanizada.
$h_{\text{ich}} := 0.03 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\cdot\text{K}}$	Coefficiente global por convección en el interior de la cámara
$h_{\text{ech}} := 0.009 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\cdot\text{K}}$	Coefficiente global por convección en el exterior de la cámara

Cálculo de los radios.

$$r_{1\text{ch}} := r_{\text{chimenea}} \qquad r_{2\text{ch}} := r_{1\text{ch}} + L_{1\text{ch}} = 1029\text{mm}$$





$$r_{3ch} := r_{1ch} + L_{1ch} + L_{2ch} = 1079 \cdot \text{mm}$$

$$r_{4ch} := r_{1ch} + L_{1ch} + L_{2ch} + L_{3ch} = 1085 \cdot \text{mm}$$

Cálculo del área longitudinal de la cámara.

$$A_{2ch} := 2 \cdot r_4 \cdot h_{chimenea} = 57.76 \text{ m}^2$$

$$P_{chimenea} := \frac{t_{hch} - t_{ach}}{\frac{\ln\left(\frac{r_{1ch}}{r_{2ch}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot h_{chimenea} \cdot k_{1ch}} + \frac{\ln\left(\frac{r_{2ch}}{r_{3ch}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot h_{chimenea} \cdot k_{2ch}} + \frac{\ln\left(\frac{r_{4ch}}{r_{3ch}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot h_{chimenea} \cdot k_{3ch}} + \frac{1}{h_{ech} \cdot A_{2ch}}} = 563 \text{ W}$$



### 3) TRATAMIENTO DE LOS GASES

#### a) Contaminantes presentes en el efluente gaseoso de los incineradores.

La combustión de compuestos orgánicos producen principalmente emisiones gaseosas, incluyendo vapor de agua, dióxidos, furanos, metales pesados y material particulado, más residuos sólidos en forma de cenizas y escorias.

**Partículas:** Forman parte de estas partículas las cenizas volantes y los arrastrados en la corriente de gases de combustión, las consecuencias de los compuestos empleados en equipos de depuración para otros contaminantes.

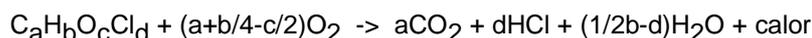
Muchos metales pesados solo aparecen en fase sólida, Pb, Cr, Cu, Mn, Ni, con lo cual sus emisiones dependerán de que se realice una adecuada separación de los materiales que los contengan y de la eficacia de la tecnología empleada para retener las partículas.

**Óxidos de carbono y sustancias orgánicas:** Los sistemas de depuración de gases no incorporan equipos específicos para destruir o retener estos contaminantes del horno y de la cámara de postcombustión.

**Dioxinas y furanos:** Las fuentes naturales de estos compuestos están relacionados con los procesos de combustión, en general, cuando se produce la combustión de hidrocarburos clorados. La destrucción de estos contaminantes y también la de sus precursores se logra cuando la combustión es correcta y se mantiene la temperatura de postcombustión por encima de 850°C durante más de 2 segundos con una concentración de oxígeno superior al 6%. Sin embargo, es posible encontrar estos contaminantes al final del sistema de depuración, debido a que una defectuosa conducción del proceso puede conducir a una nueva formación de ellos. La síntesis de estas dioxinas ex novos se producen en un intervalo de temperatura comprendido entre 200°C y 400°C, cuando existe una fuente de carbono y partículas con contenido metálico, que actúan como catalizadores. Por ello es fundamental, para minimizar la formación de ex novos una combustión correcta y un descenso brusco de la temperatura de 400°C a 200°C para que el tiempo durante el cual los gases se encuentran dentro de este intervalo sea lo más pequeño posible.

**Gases ácidos (SO<sub>2</sub>, HCl, HF, NO<sub>x</sub>):** Los componentes ácidos SO<sub>2</sub>, HCl (compuestos inorgánicos con cloro) y HF (compuestos inorgánicos con flúor) y NO<sub>x</sub> se forman en el proceso de combustión a partir de los residuos alimentados. En consecuencia, las cantidades formadas dependen directamente de la composición de los residuos incinerados. Su retención puede efectuarse de diferentes maneras. Las características de estos contaminantes son las siguientes:

Contaminación por HCl: el cloruro de hidrógeno es un gas ácido que es fruto de la combustión de compuesto de compuestos orgánicos en presencia de cloro:



El cloro, que es un oxidante muy potente, oxida muchos antes al hidrógeno que al oxígeno, formándose casi exclusivamente cloruro de hidrógeno. El cloro presente en los residuos proviene de los plásticos, sobre todo del PVC o cloruro de polivinilo, y de los compuestos organoclorados. Los efectos del cloruro de hidrógeno se hace sentir en todos los seres vivos, produciendo irritación en las vías respiratorias en bajas concentraciones, y asfixia y muerte en concentraciones más altas. También es uno de los causantes de la lluvia ácida y es muy corrosivo para los metales.

Contaminación por HF: El fluoruro de hidrógeno es producto de la combustión de hidrocarburos en presencia de flúor. Los fluoruros que se emiten por la chimenea se depositan sobre los terrenos y vegetación circundante, afectando al ganado de pasto, en el que causa alteraciones psicométricas y en la dentición. Este tipo de envenenamiento se llama fluorosis.

Contaminación por SO<sub>2</sub>: Uno de los productos de la combustión de residuos tanto urbanos como tóxicos es el dióxido de azufre, que proviene de la oxidación del azufre que se encuentra en los residuos. El dióxido de azufre es un gas incoloro no inflamable en condiciones normales, que presenta un olor irritante a concentraciones superiores a 3ppm. Los efectos agudos del SO<sub>2</sub> en los animales y seres humanos están principalmente relacionados con el sistema respiratorio.

Contaminante por NO<sub>x</sub>: La combustión de materiales orgánicos es la principal fuente de óxidos de nitrógeno antropogénicos. Se estima que en la combustión de residuos se emiten óxidos de nitrógeno a razón de 300mg/Nm<sup>3</sup>. Durante la combustión se produce más óxido nítrico (NO) que dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). Los óxidos de nitrógeno se forman por oxidación del nitrógeno en los residuos, y por la conversión del nitrógeno en el aire a temperaturas superiores a los 1500°C. Los estudios sobre la toxicidad letal aguda en los animales demuestran que el NO<sub>2</sub> es cuatro veces más tóxico que el NO.

### **b) Procesos de tratamiento de los efluentes gaseosos.**

Durante la combustión de los residuos patológicos se forman gases ácidos, entre éstos se encuentran el HC, HF, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, etc.

El descontrol de estas emisiones gaseosas a la atmósfera puede ocasionar problemas de salud y medioambientales. Comercialmente las tecnologías de depuración de los efluentes gaseosos pueden clasificarse como húmedas o secas. Los sistemas secos, el flujo de gas se pone en contacto con un adsorbedor alcalino (cal). El adsorbente puede ser distribuido en el flujo de gas en forma de una suspensión acuosa (secado spray con cal) o como un polvo seco (inyección de adsorbente en el ducto), inyección de adsorbente en el horno, y circulación en lecho fluidizado.

Los lavadores húmedos son la tecnología más ampliamente usada para el control de SO<sub>2</sub> en el mundo.

En las tecnologías húmedas, el SO<sub>2</sub> contenido en el flujo de gas se contacta con una suspensión alcalina acuosa en un adsorbedor. Los adsorbedores preferidos para operar en los lavadores húmedos son la caliza, cal e hidróxido de sodio. El reactivo hidróxido de sodio es el más eficiente para remover el SO<sub>2</sub> desde una corriente; se obtiene una eficiencia de remoción típica del 97% al 99%. Además, los productos de reacción son solubles y fácilmente manejados desde el punto de vista del bombeo.

El carbón activado es empleado para realizar la remoción de dioxinas, furanos,  $\text{NO}_x$  y metales pesados como el mercurio, esto puede realizarse en forma eficiente respetando determinadas condiciones operativas del proceso.

### **c) Descripción del tren de lavado**

Teniendo en cuenta la relativamente baja concentración de contaminantes de los efluentes provenientes de un incinerador de residuos patológicos la tecnología más conveniente para la depuración dada la alta reactividad del hidróxido de sodio y la facilidad de tratamiento de los efluentes producidos es un sistema húmedo empleando como líquido lavador una solución acuosa de NaOH.

El filtro de gases será diseñado como un sistema húmedo con un scrubber de dos etapas y un sistema de tratamiento de agua para el líquido lavador como así también otros sistemas auxiliares. Además de esto deben incluirse etapas de limpieza para dioxinas y  $\text{NO}_x$ .

**Limpieza del flujo de gas:** El flujo de gas es enfriado en el quench antes de entrar al scrubber. En la primer etapa del scrubber, el HCl y HF son absorbidos con una mezcla de agua e hidróxido de sodio (NaOH). Una purga continua de líquido de lavado es bombeado a la planta de tratamiento de agua para neutralización y precipitación de metales pesados y yeso. Se adiciona agua de reposición al scrubber para compensar la purga y la evaporación.

**Tratamiento de agua:** En el scrubber, los gases ácidos y los metales son transferidos al líquido lavador. La purga desde el scrubber se neutraliza y limpia en la planta de tratamiento de agua. El agua residual ácida es alimentada al tanque, donde tendrá lugar la neutralización con cal y otros químicos. Los metales pesados son precipitados como hidróxido o sulfuros adicionales hidróxido de sodio y TMT. El  $\text{SO}_2$  absorbido se precipita como una mezcla de  $\text{CaSO}_3$  y  $\text{CaSO}_4$ . El cloruro removido desde el flujo de gas es descargado con el agua residual que se ha limpiado.

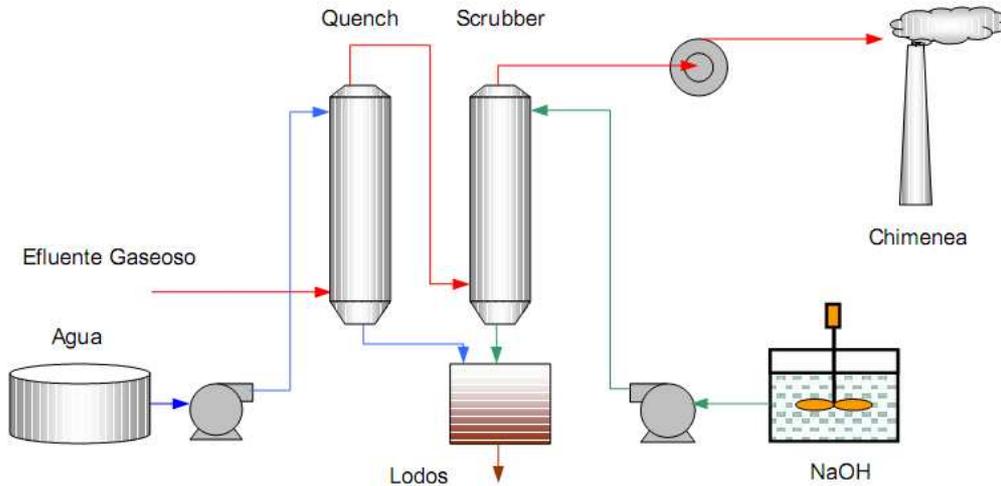
**Lodos desde el agua residual:** El lodo formado en la planta de tratamiento de agua se bombea al filtro prensa para extraerle el líquido. La torta del filtro se colecta en bolsones. El exceso de agua se bombea de regreso al tanque regulador. La cantidad de lodo dependerá de la composición del flujo de gas. El contenido de materia seca en el lodo es superior al 60%.

A su vez los lodos, junto con las cenizas de fondo, serán tratados con ortofosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), el cual reaccionará con los metales pesados y cenizas volantes. Esto dará como resultado sales de baja solubilidad y estables, logrando que estas sean poco contaminantes.

**Filtro de dioxinas:** Un filtro de la tela con inyección de adsorbente posibilita la remoción final de dioxinas y metales pesados. El adsorbente, una mezcla de cal y carbón activado, se distribuye cuidadosamente en la corriente de gas. Una distribución uniforme sobre el área del filtro provee un amplio contacto entre el gas y el adsorbente, lo cual es esencial para una limpieza eficiente. La cal actúa como una final de refinado para la remoción de gases ácidos tales como HCl,  $\text{SO}_2$  y  $\text{SO}_3$  y además la remoción de mercurio y dioxinas por el carbón. El producto final del filtro de dioxinas se colecta en bolsones.

Esquema de la instalación de enfriado y lavado.





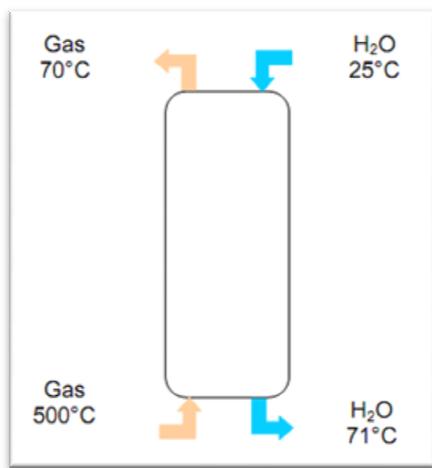
#### 4) CÁLCULO Y DISEÑO DEL TREN DE LAVADO

##### 1) Enfriador - Adsorbedor

Los gases calientes provenientes del horno a una temperatura aproximada de 500°C, deben ser enfriados hasta alcanzar el valor adecuado (70°C) para que se produzcan las reacciones de absorción en el lavador. Esto se logra haciendo pasar el efluente gaseoso a través de un enfriador de casco y tubo.

El caudal de gas emitido por el horno es de 42602 m<sup>3</sup>/hr. Por medio de mediciones efectuadas en la planta de incineración seleccionada para este trabajo se pudo determinar que la cámara secundaria de combustión registra una temperatura de 1100°C y tomando mediciones en la chimenea a la altura donde se colocara la salida hacia el sistema de lavado de gases se encontró que la temperatura estaba alrededor de los 500°C. La temperatura de trabajo en el scrubber oscila entre 60-70°C, aproximadamente, debido a esto es necesario colocar un quench antes del scrubber para disminuir la temperatura de los gases de 500°C a 70 °C.

Se muestra a continuación un esquema del sistema de enfriador de gases:





## 2) Cálculo del enfriador. Intercambiador de calor

Para realizar el enfriamiento de los gases se utilizará un intercambiador del tipo "CASCO Y TUBOS". Este será el encargado de disminuir la temperatura de los gases de 500°C a 70°C.

Por el casco circularán los gases y por los tubos el agua.

Datos:

$$w_{\text{gases}} := 11.834 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$\rho_{\text{agua}} := 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad T_{\text{entrada.gases}} := 500^\circ\text{C}$$

$$\rho_{\text{gases}} := 0.753 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad T_{\text{salida.gases}} := 70^\circ\text{C}$$

$$c_{p\text{agua}} := 1 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \quad t_{\text{entrada.agua}} := 25^\circ\text{C}$$

$$c_{p\text{gases}} := 0.25 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \quad t_{\text{salida.agua}} := 71^\circ\text{C}$$

### A) Proposición de un equipo tentativo

#### a) Determinar caudales w:

$$Q_{\text{evacuar}} := \rho_{\text{gases}} \cdot c_{p\text{gases}} \cdot w_{\text{gases}} \cdot (T_{\text{entrada.gases}} - T_{\text{salida.gases}}) = 3448557.774 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

Caudal de agua necesario para quitarle el calor al aceite:

$$w_{\text{agua}} := \frac{Q_{\text{evacuar}}}{\rho_{\text{agua}} \cdot c_{p\text{agua}} \cdot (t_{\text{salida.agua}} - t_{\text{entrada.agua}})} = 74.96865 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

#### b) Diferencia Media Logarítmica de Temperatura (DMLT):

$$\Delta t_e := T_{\text{entrada.gases}} - t_{\text{salida.agua}}$$

$$\Delta t_s := T_{\text{salida.gases}} - t_{\text{entrada.agua}}$$

$$\text{DMLT} := \frac{\Delta t_e - \Delta t_s}{\ln\left(\frac{\Delta t_e}{\Delta t_s}\right)} = 170.304 \text{ K}$$



**c) Corrección de la DMLT:**

La DMLT se debe corregir debido a que este diseño no corresponde a un equipo en contracorriente pura. Para ello debe obtenerse un factor denominado Ft. Éste es función de los parámetros adimensionales Relación de capacidad y Efectividad. Los mismos se calculan a continuación:

$$R_f := \frac{T_{\text{entrada.gases}} - T_{\text{salida.gases}}}{t_{\text{salida.agua}} - t_{\text{entrada.agua}}} = 9.348 \quad S_f := \frac{(t_{\text{salida.agua}} - t_{\text{entrada.agua}})}{T_{\text{entrada.gases}} - t_{\text{entrada.agua}}} = 0.097$$

Ingresando con estos valores en las tablas de las páginas 137 del Libro Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos de Eduardo Cao, se obtiene para una configuración 1-4, es decir, un equipo con un paso del lado carcasa y numero par de pasos en lado tubos, el siguiente factor de corrección:

$$F_t := 0.95$$

$$DMLT_{\text{corregida}} := DMLT \cdot F_t = 161.789K$$

**d) Coeficiente global de transmisión del calor "U":**

Se adopta un valor para el coeficiente global U a partir de tablas entrando con los fluidos que ingresan al intercambiador.

**COEFICIENTES DE TRANSFERENCIA "U" EN INTERCAMBIADORES**

Fluido Caliente	Fluido frío	U = Kcal / Hs °C m <sup>2</sup>
Solventes orgánicos	Agua	215 - 645
Gases	Agua	12,9 - 250
Aceites livianos	Agua	301 - 774
Aceites pesados	Agua	51 - 215
Agua	Salmuera	103 - 344
Solventes orgánicos	Salmuera	516 - 1032
Gases	Salmuera	129 - 430
Aceites pesados	Aceites pesados	38 - 215
Agua	Agua	688 - 1376

$$U_{gt} := 210 \frac{\text{kcal}}{\text{hr} \cdot \text{K} \cdot \text{m}^2} = 0.05833 \frac{\text{kcal}}{\text{s} \cdot \text{K} \cdot \text{m}^2}$$

**e) Superficie de intercambio:**

Para una configuración 2.4 resulta

$$S_{\text{intercambio}} := \frac{Q_{\text{evacuar}}}{U_{gt} \cdot DMLT_{\text{corregida}}} = 101.501 \text{ m}^2$$



**f) Predimensionamiento del intercambiador:**

De la tabla del Apéndice 23 del Libro Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos de Eduardo Cao, se selecciona el diámetro de los tubos y el espesor de pared de los mismos. Optamos por un tubo 3/4" BWG10

$$D_o := 19.05 \text{ mm} \quad D_i := 0.0122 \text{ m}$$

El arreglo de los tubos será en triángulo, de paso 1". La elección de este arreglo se debe a que permite la colocación de un número mayor de tubos, en un mismo diámetro de carcasa, que el arreglo en cuadrado. Así mismo permite obtener coeficientes globales de transferencia mejores que el otro tipo de arreglo. No obstante, su limpieza exterior es más difícil, no pudiendo realizarse por medios mecánicos. Esto nos lleva a optar por enviar los gases lubricante por el lado carcasa, no es corrosivo, con la instalación de filtros se puede considerar limpio, y por el lado tubo el agua de refrigeración de pozo, así nos permite la fácil limpieza.

Paso:  $\text{Paso}_t := 1 \cdot \text{in} = 25.4 \text{ mm}$

Separación entre tubos:  $C_t := \text{Paso}_t - D_o = 6.35 \text{ mm}$

Largo de tubos:  $L_t := 3 \text{ m}$

**g) Cálculo del número total de tubos por paso**

Velocidad:  $v_{\text{vel}} := 1 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$       Área de flujo de cada tubo:  $a_t := \frac{\pi \cdot D_i^2}{4} = 0.00012 \text{ m}^2$

Cantidad de tubos en paralelo por pasos para lograr la velocidad supuesta

$$N_p := \frac{w_{\text{agua}}}{v_{\text{vel}} \cdot a_t} = 178.143 \quad w_{\text{agua}} = 0.021 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Número de tubos necesarios para cubrir la superficie aproximada de intercambio

$$N_t := \frac{S_{\text{intercambio}}}{\pi \cdot D_o \cdot L_t} = 565.333$$

Número de pasos en el lado de tubos es:  $n_t := \frac{N_t}{N_p} = 3.173$        $n_{t,\text{corregida}} := 4$

Se adopta una configuración 1-4  $N_p = 178.143$



#### h) Selección del diámetro de carcasa

Para seleccionar el diámetro de la carcasa se utiliza la tabla del Apéndice 8 del Libro Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos de Eduardo Cao. Ingresando a la misma con el diámetro, el arreglo y el número de pasos por el lado tubos, de ahí se obtiene una carcasa cuyo diámetro es de 13". Ésta puede albergar el número más próximo a los 18 tubos. Pero debemos descontar 4, donde van a ir albergadas las barras roscadas para los separadores:

$$\text{Diámetro de carcasa: } D_{\text{carcasa}} := \left( 23 + \frac{1}{4} \right) \text{in} = 590.55 \text{ mm}$$

$$\text{Número de tubos que puede albergar: } N_{\text{tubos}} := 180$$

$$\text{Superficie de intercambio real: } S_{\text{real}} := \pi D_o \cdot L_t \cdot N_{\text{tubos}} = 32.318 \text{ m}^2$$

#### i) Diagramas Baffles y barras separadoras

Se debe seleccionar una cantidad de deflectores y una separación de los mismos de modo de lograr en la carcasa un número de Reynolds que garantice un adecuado valor del coeficiente de transferencia.

La segmentación del Baffle permite modificar la velocidad del lado carcasa, se adopta una segmentación del 25% que es la más utilizada. Cuanto más junto se encuentren, mayor será la velocidad del fluido y mayor será el coeficiente de transferencia y la pérdida de carga. La separación entre Baffles se selecciona teniendo en cuenta las siguientes consideraciones de norma y tabla. Las normas TEMA fijan una separación mínima igual a una quinta parte del diámetro de la carcasa, nunca usando una separación menor de 2". Las mismas también fijan un espaciado máximo, el cual queda definido por requerimientos mecánicos. Esto se debe a que los deflectores, además de servir como orientadores de flujo cumplen la función de soportar los tubos. Lo que las normas fijan es la máxima longitud no soportada que pueden tener los tubos para distintos diámetros y materiales de tubos (Tabla 6-2, página 102, del Libro "Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos" de Eduardo Cao).

En el mismo libro se aconseja no utilizar espaciados mayores que el diámetro de la carcasa, ya que de esa manera se lograría una pobre transmisión de calor. Por lo tanto los límites de separación entre baffles resultan:

$$\text{Separación entre Baffles: } B_{\text{max1}} := \frac{1.52 \text{ m}}{2} = 760 \text{ mm} \quad B_{\text{min1}} := \frac{D_{\text{carcasa}}}{5} = 118.11 \text{ mm}$$

$$B_{\text{max2}} := D_{\text{carcasa}} = 590.55 \text{ mm} \quad B_{\text{min2}} := 2 \text{ in} = 50.8 \text{ mm}$$



Los límites a tener en cuenta son  $B_{\min 1}$  y  $B_{\max 2}$ .  $N_B$ , a utilizar es:

La separación entre baffles  $B_1 := \frac{B_{\min 1} + B_{\max 2}}{2} = 354.33 \text{ mm}$        $B := 200 \text{ mm}$

Número de deflectores  $N_{Bb} := \frac{L_t}{B} - 1 = 14$        $N_B := 14$

Los deflectores deben ser mantenidos en posición de modo firme, dado que cualquier vibración con respecto a los tubos podría desgastar la pared de los mismos y destruirlos. Para fijar los deflectores se utilizan las barras separadoras. La cantidad mínima de barras separadoras está normalizada por TEMA y se muestran en la Tabla 3. Para una carcasa cuyo diámetro es de 304.8 mm, deben utilizarse por lo menos 4 barras separadoras de 10 mm de diámetro.

TABLA 3

Diámetro de carcasa (m)	Diámetro de las barras separadoras (mm)	Mínimo número de barras separadoras
0,20 – 0,38	10	4
0,40 – 0,68	10	6
0,70 – 0,84	12	6
0,86 – 1,22	12	8
1,24 y más	12	10

## B) Dimensionamiento del equipo

Consiste en cumplir dos condiciones:

La primera de ellas es que el área de intercambio calórico obtenida mediante el siguiente cálculo debe ser menor o igual que el área supuesta anteriormente.

La segunda condición es que las pérdidas de carga por el lado de tubos y por el lado carcasa sean menores o iguales que sus correspondientes pérdidas de carga admisibles

Primera:  $S_{\text{calculada}} \leq S_{\text{total}}$

Segunda:  $\Delta_{\text{carcasa}} \leq \Delta_{s\_adm}$        $\Delta_{\text{tubos}} \leq \Delta_{t\_adm}$

### Temperatura calórica:

Para obtener las propiedades de los fluidos y a los efectos de iniciar el cálculo, se puede recurrir al valor de sus temperaturas medias

Fluido lado tubos (agua)  $t_{ct} := \frac{(t_{\text{entrada. agua}} + t_{\text{salida. agua}})}{2} = 321.15 \text{ K}$



Fluido lado carcasa (aceite)  $t_{cc} := \frac{(T_{\text{entrada.gases}} + T_{\text{salida.gases}})}{2} = 558.15\text{K}$

Temperatura de pared  $t_w$ :

$$t_w := \frac{(t_{ct} + t_{cc})}{2} = 439.65\text{K}$$

**a) Cálculo del coeficiente pelicular del lado tubos**

Se determina mediante ecuaciones de números adimensionales: n° de Reynolds por lado tubos, n° de Prandtl y el n° de Nusselt

Velocidad másica del agua:  $G_{\text{tubos}} := \frac{w_{\text{agua}} \cdot \rho_{\text{agua}}}{N_{\text{tubos}} \cdot a_t} = 989.681 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$

Viscosidad dinámica del agua a temperatura calórica:  $\mu_{\text{agua}} := 0.000891 \text{Pa} \cdot \text{s} = 0.000891 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$

Número de Reynolds por lado tubos es:  $Re_{\text{tubos}} := D_i \cdot \frac{G_{\text{tubos}}}{\mu_{\text{agua}}} = 13551.18432$

**Se encuentra en régimen de transición**

Para el caso particular del agua se sugiere la siguiente ecuación dimensional de la página 13, del Libro "Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos" de Eduardo Cao.

$$a_t := \frac{\pi \cdot D_i^2 \cdot N_{\text{tubos}}}{4} = 0.021 \text{m}^2 \quad D_i = 0.012 \text{m}$$

$$v_{\text{agua}} := \frac{w_{\text{agua}}}{a_t} = 0.99 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$h_{i\text{agua}} := 1423 (1 + 0.014625) \cdot \frac{v_{\text{agua}}^{0.8}}{D_i^{0.2}} = 4650.0935 \frac{\text{m}^{0.6}}{\text{s}^{0.8}}$$

$$h_{i\text{agua}} := 838.54749 \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{K}}$$

El coeficiente pelicular lado tubos referido a la superficie exterior del tubo es:

$$h_{i\text{otubos}} := h_{i\text{agua}} \cdot \frac{D_i}{D_o} = 537.023 \frac{1}{\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{s}} \cdot \text{J}$$



**b) Cálculo del coeficiente pelicular del lado carcasa**

Área de flujo carcasa:  $a_{s,carcasa} := \frac{D_{carcasa} \cdot C_t \cdot B}{Paso_t} = 0.03m^2$

Velocidad másica del fluido lado carcasa:  $G_{masica,carcasa} := \frac{w_{gases} \cdot \rho_{gases}}{a_{s,carcasa}} = 301.787 \frac{kg}{m^2 \cdot s}$

La viscosidad cinemática a la temperatura calórica se obtiene de Hoja de datos técnicos SHELL Diala S3 ZX-I:

$$\eta_{ac} := 0.08 \text{ stokes}$$

Como la  $t_w$  es 40.15°C consideramos  $\eta_{gases} := 0.08 \text{ stokes}$

Viscosidad dinámica  $\mu_{gases} := \rho_{gases} \cdot \eta_{gases} = 0.00001 \frac{kg}{m \cdot s}$

Según la Tabla de la página 140, del Libro “Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos” de Eduardo Cao, para un arreglo en triángulo con tubos de 3/4” de diámetro, separados entre sí 1”

Diámetro equivalente de carcasa  $D_{eqcarcasa} := 0.73 \text{ in} = 0.01854m$

Número de Reynolds para el fluido que circula por el lado carcasa

$$Re_{carcasa} := \frac{D_{eqcarcasa} \cdot G_{masica,carcasa}}{\mu_{gases}} = 9.289 \times 10^5$$

Conductividad térmica del aceite a la temperatura calórica es:

$$K_{aceite} := 0.109 \frac{W}{m \cdot K}$$

Número de Prandtl del fluido que circula por el lado carcasa

$$Pr_{carcasa} := \frac{c_{p,gases} \cdot \mu_{gases}}{K_{aceite}} = 0.058 \quad K_{aceite} = 0.094 \frac{1}{K} \cdot \frac{kcal}{m \cdot hr}$$

Coeficiente pelicular del fluido del lado carcasa:



$$h_{\text{ocarcasa}} := 0.36 \text{Re}_{\text{carcasa}}^{0.55} \cdot \text{Pr}_{\text{carcasa}}^{0.33} \cdot \left( \frac{K_{\text{aceite}}}{D_{\text{eqcarcasa}}} \right) = 1.583 \times 10^3 \frac{1}{\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{s}}$$

**c) Verificación por viscosidad de los coeficientes peliculares**

Hasta el momento se ha supuesto que la corrección por viscosidad tiene valor unitario. A continuación se verificará este supuesto, donde se plantea un balance de calor a ambos lados de la pared del tubo:  $T_w := 500\text{K}$

$$\left[ h_{\text{iotubos}} \cdot (T_w - t_{\text{ct}}) \right] = 1.043 h_{\text{ocarcasa}} \cdot (t_{\text{cc}} - T_w) \quad \begin{array}{l} t_{\text{cc}} = 558.15\text{K} \\ t_{\text{ct}} = 321.15\text{K} \end{array}$$

$$T_{\text{www}} := \frac{h_{\text{ocarcasa}} \cdot t_{\text{cc}} + h_{\text{iotubos}} \cdot t_{\text{ct}}}{h_{\text{ocarcasa}} + h_{\text{iotubos}}} = 498.119\text{K}$$

Esta temperatura se encuentra entre medio de las temperaturas calóricas de los fluidos, sin aproximarse demasiado a una de ellas, por ende, deben corregirse ambos coeficientes.

Viscosidad dinámica del agua a la temperatura de pared por interpolación del Libro Facorro Ruíz página 450 Tabla 24

$$\text{Tagua1} := 25^\circ\text{C} \quad \mu_{\text{agua1}} := 0.000798 \frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}}$$

$$\text{Tagua2} := 70^\circ\text{C} \quad \mu_{\text{agua2}} := 0.000547 \frac{\text{kg}}{\text{s} \cdot \text{m}}$$

$$\mu_{\text{agua.w}} := \mu_{\text{agua1}} - (\text{Tagua1} - T_w) \cdot \frac{(\mu_{\text{agua1}} - \mu_{\text{agua2}})}{(\text{Tagua1} - \text{Tagua2})} = -0.000317 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$$

Coefficiente pelicular del lado tubos referido y corregido

$$h_{\text{itubos}_c} := h_{\text{iotubos}} \cdot \left( \frac{\mu_{\text{agua}}}{\mu_{\text{agua.w}}} \right)^{0.14} = (0.1341 + 0.0631i) \frac{1}{\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{s}} \cdot \text{kcal}$$

Viscosidad dinámica del aceite a la temperatura de pared por interpolación

$$\text{Tgases1} := 500^\circ\text{C} \quad \mu_{\text{gases1}} := 1.211 \cdot \text{stokes} \cdot \rho_{\text{gases}} = 9.119 \times 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$$

$$\text{Tgases2} := 71^\circ\text{C} \quad \mu_{\text{gases2}} := 0.1355 \text{ stokes} \cdot \rho_{\text{gases}} = 0.00001 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$$



$$\mu_{\text{gases.w}} := \mu_{\text{gases1}} - (T_w - T_{\text{gases1}}) \cdot \frac{(\mu_{\text{gases1}} - \mu_{\text{gases2}})}{(T_{\text{gases2}} - T_{\text{gases1}})} = 0.00004 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$$

Coeficiente pelicular del lado tubos referido y corregido

$$h_{\text{ocarcasa}_c} := h_{\text{iotubos}} \cdot \left( \frac{\mu_{\text{agua}}}{\mu_{\text{agua.w}}} \right)^{0.14} = (561.461331 + 264.203648i) \frac{\text{kg}}{\text{K} \cdot \text{s}^3}$$

#### d) Resistencia térmica de la pared del tubo

Conductividad térmica del acero:  $K_{\text{acero.tubos}} := 47 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$

Resistencia térmica de la pared del tubo

$$R_{\text{acero.tubos}} := \frac{D_o}{2K_{\text{acero.tubos}}} \cdot \ln \left( \frac{D_o}{D_i} \right) = 0.378 \text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{s} \cdot \frac{1}{\text{kcal}}$$

Coeficiente Global de Transformación de Calor sin ensuciamiento:

$$U_{\text{sinR}} := \frac{1}{\frac{1}{h_{\text{ocarcasa}_c}} + \frac{1}{h_{\text{itubos}_c}} + R_{\text{acero.tubos}}} = (236.673 + 108.025i) \frac{\text{kcal}}{\text{hr} \cdot \text{K} \cdot \text{m}^2}$$

#### e) Determinación de las resistencias de ensuciamiento

Cuando un equipo de transferencia de calor ha estado durante un cierto tiempo en operación, se le depositan incrustaciones en la parte interior y exterior de los tubos. Esto agrega dos resistencias más de las que fueron consideradas anteriormente. Llamaremos  $R_{f_i}$  y  $R_{f_o}$  a las resistencias agregadas a las resistencias internas y externas, respectivamente, como consecuencia de la obstrucción. Para prever esta situación, se acostumbra a diseñar los equipos anticipando la formación de incrustaciones, esto significa que se realiza una estimación preliminar del valor que puede llegar a alcanzar esta resistencia durante el tiempo de servicio que se prevea.

De las Tablas del Apéndice 22 del Libro "Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos" de Eduardo Cao, se pueden obtener los valores de las resistencias de ensuciamiento del lado tubos y del lado carcasa.

Resistencia de ensuciamiento del lado carcasa (Aceite Transformadores):  $R_{f_o} := 0.0002 \frac{\text{K} \cdot \text{m}^2}{\text{W}}$

Resistencia de ensuciamiento del lado tubos (agua de pozo menor de 52°C que circula a una velocidad menor a 1m/s)

$$Rf_i := 0.0002 \frac{\text{K} \cdot \text{m}^2}{\text{W}}$$

El valor del coeficiente global de transferencia es referido a la superficie exterior de los tubos, debe referirse a dicha superficie.

Resistencia de ensuciamiento lado tubos referida:  $Rf_{io} := Rf_i \frac{D_i}{D_o} = 0.536 \text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{s} \cdot \frac{1}{\text{kcal}}$

**f) Cálculo del coeficiente Global de Transformación de Calor**

$$U_{\text{total.inter}} := \frac{1}{\frac{1}{h_{\text{ocarcasa}_c}} + \frac{1}{h_{\text{itubos}_c}} + Rf_{io} + Rf_o + R_{\text{acero.tubos}}} = (220.501 + 90.742) \cdot \frac{\text{kcal}}{\text{hr} \cdot \text{K} \cdot \text{m}^2}$$

**g) Verificación del área de intercambio calórico**

$$S_{\text{real}} = 32.318 \text{m}^2$$

**Verificación de las Temperaturas Reales**

$T_{\text{entrada.gases}} = 500^\circ\text{C}$        $t_{\text{entrada.agua}} = 25^\circ\text{C}$       Temperaturas iniciales

$$U_{\text{total.inter}} = (220.501 + 90.742) \cdot \frac{\text{kcal}}{\text{hr} \cdot \text{K} \cdot \text{m}^2} S_{\text{real}} = 32.318 \text{m}^2$$

$q_{\text{masico.agua}} := w_{\text{agua}} \cdot \rho_{\text{agua}} = 20.825 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$        $q_{\text{masico.gases}} := w_{\text{gases}} \cdot \rho_{\text{gases}} = 8.911 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$

Capacidades calóricas:  $w_{\text{cmax}} := q_{\text{masico.agua}} \cdot c_{p\text{agua}} = 87188.537 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{kg}}{\text{K} \cdot \text{s}^3}$

$$w_{\text{cmin}} := q_{\text{masico.gases}} \cdot c_{p\text{gases}} = 9327.146 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{kg}}{\text{K} \cdot \text{s}^3}$$

Número de unidades de Transferencia:  $N_{\text{ut}} := \frac{U_{\text{total.inter}} \cdot S_{\text{real}}}{w_{\text{cmin}}} = 0.889 + 0.366i$

Razón de Capacidad Calorífica:  $R_{\text{cc}} := \frac{w_{\text{cmin}}}{w_{\text{cmax}}} = 0.107$

**Eficiencia en forma analítica** de las Tabla 4 del Libro "Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos" de Eduardo Cao:



$$\varepsilon_{\text{analítico}} := \frac{1 - e^{-N_{\text{ut}} \cdot (1 - R_{\text{cc}})}}{1 - R_{\text{cc}} \cdot e^{-N_{\text{ut}} \cdot (1 - R_{\text{cc}})}} = 0.601 + 0.142i$$

**Eficiencia en forma gráfica** según gráfico de eficiencia para distintas configuraciones Página 109 del Libro "Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos" de Eduardo Cao:

$$\varepsilon_{\text{gráfico}} := 0.68 \quad \text{Eficiencia}$$

$$Q_{\text{max}} := w_{\text{cmin}} \cdot (T_{\text{entrada.gases}} - t_{\text{entrada.agua}}) = 4430394.252 \text{ W} \quad \text{Intercambio máx posible}$$

$$Q_{\text{real}} := Q_{\text{max}} \cdot \varepsilon_{\text{gráfico}} = 3012668.09 \text{ W} \quad \text{Intercambio real}$$

$$t_{\text{salida.agua.real}} := t_{\text{entrada.agua}} + \frac{Q_{\text{real}}}{w_{\text{cmax}}} = 59.553^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{salida.aceite.real}} := T_{\text{entrada.gases}} - \frac{Q_{\text{evacuar}}}{w_{\text{cmin}}} = 70^\circ\text{C}$$

#### h) Cálculo de la pérdida de carga del lado tubos

$$\text{Número de Reynolds lado tubos} \quad Re_{\text{tubos}} = 13551.184$$

$$\text{Factor de fricción para un régimen laminar} \quad f_{\text{rl}} := \frac{16}{Re_{\text{tubos}}} = 1.181 \times 10^{-3}$$

La pérdida de carga en los tramos rectos es:

$$\Delta p_{\text{tubos}} := 4f_{\text{rl}} \cdot n_{\text{t.corregida}} \cdot \frac{L_{\text{t}}}{D_{\text{i}}} \cdot \frac{G_{\text{tubos}}^2}{2 \cdot \rho_{\text{agua}}} \cdot \left( \frac{\mu_{\text{agua}}}{\mu_{\text{agua.w}}} \right)^{-0.25} = (0.012673 - 0.012673) \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

La pérdida de carga en los cambios de dirección de los cabezales es

$$\Delta p_{\text{pr}} := 4 \cdot n_{\text{t.corregida}} \cdot \frac{G_{\text{tubos}}^2}{2 \cdot \rho_{\text{agua}}} = 0.079902 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

La pérdida de carga del lado tubos

$$\Delta p_{\text{T}} := \Delta p_{\text{pr}} + \Delta p_{\text{tubos}} = (0.092575 - 0.012673) \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$



**i) Cálculo de la pérdida de carga del lado carcasa**

Número de Reynolds lado tubos  $Re_{carcasa} = 928905.376$

Factor de fricción para un régimen laminar. Datos constantes del factor f de las Tablas de la Página N° 146 del Libro "Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos" de Eduardo Cao, según el arreglo de los tubos y en N° de Reynold

Arreglo de los tubos en triángulo  $arreglo_{tubos} := \frac{Paso_t}{D_o} = 1.333$

$a_f := 4.73t \quad b_f := -1.02t \quad c_f := 0 \quad d_f := 0$

$f_c := e^{a_f + b_f \cdot \ln(Re_{carcasa}) + c_f \cdot (\ln(Re_{carcasa}))^2 + d_f \cdot (\ln(Re_{carcasa}))^3} = 0.0001$

La pérdida de carga del lado carcasa es:

$$\Delta p_{p.carcasa} := f_c \cdot \frac{(1 + N_B) \cdot D_{carcasa}}{D_{eqcarcasa}} \cdot \frac{G_{masica.carcasa}^2}{2 \cdot \rho_{gases}} \cdot \left( \frac{\mu_{gases}}{\mu_{gases.w}} \right)^{0.14} = 0.01972 \frac{kgf}{cm^2}$$

**C) Vibración en los tubos**

**a) Frecuencia natural de vibración**

El flujo de aceite causa una cierta vibración en los tubos, ésta debe tener una frecuencia no muy cercana a la natural de los tubos para evitar el fenómeno de resonancia.

Para determinar la frecuencia natural de vibración de los tubos debemos conocer:

Separación entre baffles:  $B = 200 \text{ mm}$

Módulo de elasticidad transversal del acero:  $E := 2.1 \cdot 10^6 \cdot \frac{kgf}{cm^2}$

Momento de inercia de la sección transversal del tubo:

$$I := \frac{\pi}{64} \cdot (D_o^4 - D_i^4) = 5377.272 \text{ mm}^4$$

Densidad del acero:  $\rho_{acero} := 7850 \frac{kg}{m^3}$

Masa por unidad de longitud del tubo  $m_{acero} := \rho_{acero} \cdot \left[ \frac{\pi}{4} \cdot (D_o^2 - D_i^2) \right] = 1.32 \frac{kg}{m}$

Masa por unidad de longitud del contenido del tubo:  $m_{agua} := \rho_{agua} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D_i^2 = 0.117 \frac{kg}{m}$

Masa por unidad de longitud del tubo  $m_{\text{tubo}} := m_{\text{acero}} + m_{\text{agua}} = 1.437 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$

Constante para la porción de tubo comprendida entre dos baffles:  $C_1 := 1.57$

Frecuencia natural de vibración:  $\omega_{o1} := \frac{C_1}{B^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m_{\text{tubo}}}} = 1.09 \times 10^3 \cdot \text{Hz}$

Constante para la porción de tubo comprendida entre baffles y placa de tubos:  $C_2 := 2.45$

Frecuencia natural de vibración:  $\omega_{o2} := \frac{C_2}{B^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m_{\text{tubo}}}} = 1700.505 \text{Hz}$

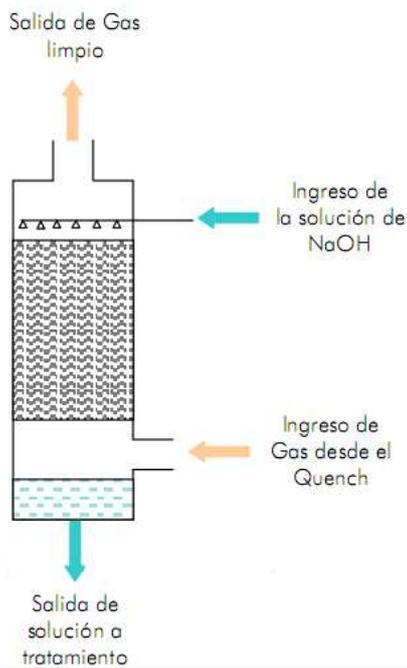
Consultar: - Los  $\Delta p$  son aceptables  
- Las frecuencias están bien



**CÁLCULO DEL LAVADOR.**

**3) SCRUBBER O LAVADOR**

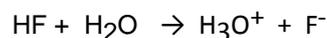
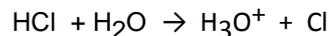
El flujo de gas sale por la parte superior del enfriador e ingresa por la parte inferior del lavador o scrubber. La remoción de SO<sub>2</sub> como así también el resto de HCl y HF se efectúa en esta etapa. Como solución lavadora se utiliza NaOH 1%, el cual es bombeado al banco de pulverizadores de la torre, circulando en contracorriente con la fase gaseosa. Se presenta a continuación un esquema del sistema lavador.



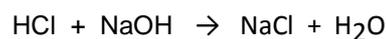
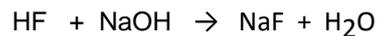
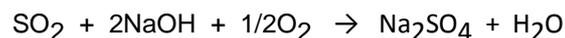
**Reacciones químicas en el proceso de depuración.**

Toman lugar las siguientes reacciones químicas:

1. Primera etapa del scrubber.

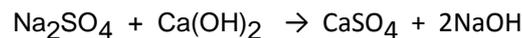
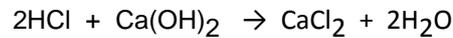


2. Segunda etapa del scrubber.

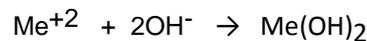


Después de la reacción, todos los productos de reacción están en el estado de solución. El líquido lavador se recircula en ambas etapas del scrubber. Una parte del líquido lavador es alimentado a la planta de tratamiento para neutralización.

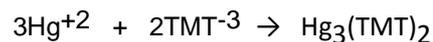
Los metales pesados en el agua residual precipitan como óxidos metálicos y sulfuros con muy baja solubilidad. Toman lugar las siguientes reacciones químicas.

1. Neutralización con  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (cal hidratada)

El líquido neutralizado contiene  $\text{CaCl}_2$  en el estado de solución mientras el  $\text{CaF}_2$  y el  $\text{CaSO}_4$  precipitan.

2. Precipitación como hidróxidos de los metales pesados ( $\text{Me}^{+2}$ )

## 3. Precipitación con TMT (TMT=trimercaptotriazina)



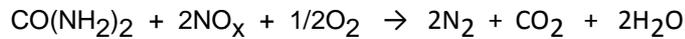
Se adicionan al proceso  $\text{FeCl}_3$  y un polímero para facilitar la precipitación de metales pesados. Después del proceso de lavado, el flujo de gas se conduce al filtro de dioxinas, donde se adiciona una mezcla de cal y carbón activado. Las dioxinas, el Hg y otros orgánicos se absorben en el carbón.

Los gases ácidos remanentes en el flujo de gas reaccionan con la cal,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , dando lugar a sus respectivas sales. La purga desde el scrubber es alimentada al tanque para neutralizar y precipitación. El agua residual neutralizada se bombea a un tanque antes de ser descargada al sistema cloacal.

Los productos finales desde la planta de tratamiento son agua conteniendo sales neutralizadas y lodo deshumedificado. El ventilador del flujo de gas se diseña para una performance mínima de 120% del flujo de gas máximo. El ventilador se diseña para la caída de presión total de la planta y en forma tal que pueda mantenerse una presión inferior en el incinerador bajo todas las condiciones de operación.

Cabe destacar que para lograr retenciones adicionales de  $\text{NO}_x$  y cuando las cantidades de este contaminante así lo requiera puede incluirse un sistema de reducción de  $\text{NO}_x$  empleando urea para regular las emisiones de  $\text{NO}_x$  a la atmósfera.

En el proceso de reducción de  $\text{NO}_x$  una solución acuosa que contiene el reactivo se inyecta en el flujo de gases de post combustión. Los reactivos son soluciones estabilizadas en base a urea. Estos reactivos son fáciles de conseguir y no requieren precauciones especiales para su manejo. El reactivo reacciona químicamente con el  $\text{NO}_x$  en el gas de combustión para formar nitrógeno, vapor de agua y dióxido de carbono.



**a) Cálculo de los calores en el lavador**

Para lograr el descenso de la temperatura de los gases, parte del material particulado es retenido por las gotas de la solución acuosa de NaOH.

El calor que es necesario extraer a los gases para descender su temperatura es:

$$T_{\text{en}} := 70\Delta^\circ\text{C} \quad \text{Temperatura del gas a la entrada del enfriador.}$$

$$T_{\text{sal}} := 60\Delta^\circ\text{C} \quad \text{Temperatura del gas a la salida del enfriador.}$$

$$Q_{\text{gaslavador}} := q_{\text{mas.gases}} \cdot C_{\text{gases}} \cdot (T_{\text{en}} - T_{\text{sal}}) = 80198 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

Calor absorbido por la solución es el mismo calor perdido por la corriente gaseosa.

$$Q_{\text{NaOH}} := Q_{\text{gaslavador}} = 80198 \frac{\text{kcal}}{\text{hr}}$$

$$T_{20} := 20\Delta^\circ\text{C} \quad \text{Temperatura del NaOH a la entrada del enfriador.}$$

$$T_{26} := 26\Delta^\circ\text{C} \quad \text{Temperatura del NaOH a la salida del enfriador.}$$

$$\delta_{\text{NaOH}} := 2.13 \frac{\text{gm}}{\text{cm}^3} \quad \text{Densidad del NaOH.}$$

$$C_{\text{NaOH}} := 0.35 \frac{\text{cal}}{\text{gm} \cdot \Delta^\circ\text{C}} \quad \text{Calor específico del agua.}$$

$$m_{\text{NaOH}} := \frac{Q_{\text{NaOH}}}{C_{\text{NaOH}} (T_{26} - T_{20})} = 38189.344 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}$$

$$V_{\text{NaOH}} := \frac{m_{\text{NaOH}}}{\delta_{\text{NaOH}}} = 17.929 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

**b) Diámetro del lavador o scrubber**

Tomando que la velocidad del gas dentro del lavador tiene que ser de 1.6m/s.

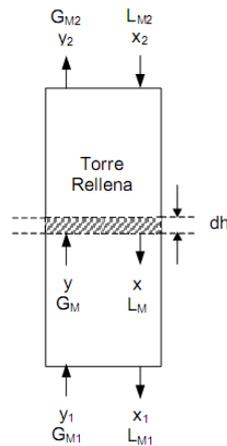
$$V_{\text{scrubber}} := 6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{Velocidad del gas dentro del lavador.}$$

$$q_{\text{vol.gases}} = 11.834 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad \text{Caudal de los gases.}$$



**c) Determinación de la altura y el área de superficie del lavador**

Los métodos para estimar la altura de la sección activa de contactores diferenciales en contracorriente tales como las torres empacadas están basados en las expresiones de velocidad que representan la transferencia de masa en el punto de la interfase gas-líquido y en el balance de materia que representa el cambio en la composición del bulk en las dos fases que fluyen. La combinación de tales expresiones conduce a una expresión integral para el número de unidades de transferencia. La siguiente figura muestra una sección de una torre de absorción empacada.



En una sección diferencial  $dh$ , se puede igualar la velocidad a la cual el soluto se pierde desde la fase gas a la velocidad a la cual se transfiere a través de la fase gas a la interfase como sigue:

$$-d(G_M y) = -G_M^* dy - y^* dG_M = N_A^* a^* dh$$

La altura de empaque necesaria se calcula de acuerdo a la relación:

$$H_{\text{pack}} = \int_{y_2}^{y_1} \left( \frac{G_M}{k_G a \cdot y_{BM}} \right) \cdot \frac{y_{BM}}{(1-y) \cdot (y-y_i)} dy = H_{G_{av}} \int_{y_2}^{y_1} \frac{y_{BM}}{(1-y) \cdot (y-y_i)} dy = N_{tu} \cdot H_{tu}$$

La altura de la torre es principalmente una función de la profundidad del empaque. La profundidad requerida del empaque ( $H_{\text{pack}}$ ), se determina del número teórico de unidades de transferencia de masa total ( $N_{tu}$ ), necesario para alcanzar una eficiencia de remoción específica y de la altura de la transferencia de masa total ( $H_{tu}$ ).

Se muestra a continuación la composición típica de una corriente gaseosa producida por un equipo de incineración actualmente en funcionamiento:

Gases de combustión:



Parámetro	Unidad	Valor máximo	Valor Mínimo	Promedio
CO	ppm	14	3	8
SO <sub>2</sub>	ppm	12	1	6
NO	ppm	71	42	61
NO <sub>2</sub>	ppm	9	1	5
NOx	ppm	72	51	66
O <sub>2</sub>	%	14.7	13.4	14.1
CO <sub>2</sub>	%	4.3	3.5	3.9
Temp. salida	°C	562.1	520.7	539.7

Contaminante = SO<sub>2</sub>

$$X_{in} := 1000 \text{ ppm}$$

Concentración de SO<sub>2</sub> a la entrada del lavador.

$$X_{out} := 12 \text{ ppm}$$

Concentración de SO<sub>2</sub> a la salida del lavador.

El número de unidades de transferencia

$$NTU := \ln\left(\frac{X_{in}}{X_{out}}\right) = 4.423$$

La altura de la unidad de transferencia la sacamos de una tabla de catálogo suministrada por Jaeger para el sistema SO<sub>2</sub> - NaOH y empaques de tamaño 3<sup>1/2</sup>" Plastic Jaeger Tri-Packs.

	G (lb/hr-ft <sup>2</sup> )	L (lb/hr-ft <sup>2</sup> )	Temperatura (° F)	HTU - Pulgadas		
				1"	2"	3 1/2"
<b>Sistema de Absorción</b>						
HCl-H <sub>2</sub> O	1792	2048	77	7.0	10.6	12
HCl-NaOH	1567	2048	68	6.1	8.8	10
Cl <sub>2</sub> -NaOH	1229	2202	122	9.9	14.5	16
NO <sub>2</sub> -Na <sub>2</sub> S + NaOH	717	1127	68	32.0	49.2	54
NH <sub>3</sub> -H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	492	1024	68	4.1	6.0	7
NH <sub>3</sub> -H <sub>2</sub> O	512	1024	68	5.6	8.4	10
NH <sub>3</sub> -H <sub>2</sub> O	512	4096	68	3.6	5.4	6.2
SO <sub>2</sub> -NaOH	1946	4096	140	8.1	12.0	14
HF-H <sub>2</sub> O	1844	3072	77	4.6	6.9	8.1
CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub> -H <sub>2</sub> O	1700	860	68	10.2	15.2	17
H <sub>2</sub> S-NaOH	1229	1331	68	13.0	19.4	22



$$HTU := 14\text{in}$$

La altura de lecho empacado.

$$H_{\text{pack}} := NTU \cdot HTU = 1.573\text{m}$$

El tipo de empaque utilizado lo seleccionamos de la marca "FABCO PLASTIC" y tiene la siguiente forma y características.



Physical Properties				
Size (in.)	1	1 1/4	2	3 1/2
Geometric Surface Area (ft <sup>2</sup> /ft <sup>3</sup> )	85	70	48	38
Packing Factor (1/ft.)	28	25	16	12
Void Space (%)	90	92	93	95
Weight (lb/ft <sup>3</sup> )	6.2	5.6	4.2	3.3
Number o Pieces/ft <sup>3</sup>	2,300	N/A	380	48

Ahora la altura total de la columna se determina de la siguiente manera:

$$H_{\text{tower}} := 1.4H_{\text{pack}} + 1.02 \cdot d_{\text{scrubber}} + 2.8\text{lin} = 3.89\text{m}$$

Área de superficie del adsorbedor de gas puede calcularse utilizando la ecuación.

$$S_s := \pi \cdot d_{\text{scrubber}} \cdot \left( H_{\text{tower}} + \frac{d_{\text{scrubber}}}{2} \right) = 23.309\text{m}^2$$

#### d) Cálculo del bomba que impulsa el NaOH al lavador

$$v_{\text{NaOH}} := 6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Velocidad de la solución de NaOH en el conducto.

$$m_{\text{NaOH}} = 10.608 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Masa de solución de NaOH.

El caudal, en la cañería será:

$$Q_{\text{solución}} := V_{\text{NaOH}} = 17.93 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

Para determinar los diámetros de las cañerías, lo hacemos de la siguiente manera:

Tramo A-B.

$$l_{\text{AB}} := 5.5\text{m}$$

$$Q_{\text{AB}} := Q_{\text{solución}} = 4.98 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$d_{\text{AB}} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{AB}}}{\pi \cdot v_{\text{NaOH}}}} = 32.509\text{mm}$$



Tomamos un tubo comercial schedule 40 de acero sin costura de 1 1/4 ". Por ser el más cercano.

:: Dimensiones y Peso Unitario								
Diametro Nominal			Schedule	Espesor de pared		Peso Nominal	Presion de Prueba	
Interior	Exterior			pulg.	mm		Kg/m	lb/pulg <sup>2</sup>
pulg.	pulg.	mm						
3/8"	0.675	17.1	40	0.091	2.31	0.84	700	49.2
			80	0.126	3.20	1.10	850	60.0
1/2"	0.840	21.3	40	0.109	2.77	1.27	700	49.2
			80	0.147	3.73	1.62	850	60.0
3/4"	1.050	26.7	40	0.113	2.87	1.69	700	49.2
			80	0.154	3.91	2.20	850	60.0
1"	1.315	33.4	40	0.133	3.38	2.50	700	49.2
			80	0.179	4.55	3.24	850	60.0
1 1/4"	1.660	42.2	40	0.140	3.56	3.39	1300	91.0
			80	0.191	4.85	4.47	1900	133.0
1 1/2"	1.900	48.3	40	0.145	3.68	4.05	1300	91.0
			80	0.200	5.08	5.41	1900	133.0

$$d_{11} := 42.2\text{mm}$$

Tramo BC.

$$l_{BC} := 2.5\text{m}$$

$$Q_{BC} := Q_{\text{solución}} = 4.98 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$d_{BC} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{BC}}{\pi \cdot v_{\text{NaOH}}}} = 32.509\text{mm}$$

Para el tramo BC usamos el mismo, un tubo comercial schedule 40 de acero sin costura de 1 1/4 ". Por ser el más cercano.

$$d_{22} := 42.2\text{mm}$$

Los tramos DE-FG-HI-JK-LM-NO-PQ-RS, son todos iguales de largo, por lo tanto realizaremos un solo cálculo para ellos.

Tramo DE.

$$l_{DE} := 0.5\text{m}$$

$$Q_{DE} := \frac{Q_{\text{solución}}}{8} = 0.00062 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$



$$d_{DE} := \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{DE}}{\pi \cdot v_{NaOH}}} = 11.494 \text{ mm}$$

Tomamos un tubo comercial schedule 40 de acero sin costura de 3/8". Por ser el más cercano.

**:: Dimensiones y Peso Unitario**

Diametro Nominal			Schedule	Espesor de pared		Peso Nominal Kg/m	Presion de Prueba	
Interior pulg.	Exterior pulg.	mm		pulg.	mm		lb/pulg <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
3/8"	0.675	17.1	40	0.091	2.31	0.84	700	49.2
			80	0.126	3.20	1.10	850	60.0
1/2"	0.840	21.3	40	0.109	2.77	1.27	700	49.2
			80	0.147	3.73	1.62	850	60.0
3/4"	1.050	26.7	40	0.113	2.87	1.69	700	49.2
			80	0.154	3.91	2.20	850	60.0

$$d_{33} := 17.1 \text{ mm}$$

La presión total en la bomba será la necesaria para vencer las pérdidas éstas sean máximas.

$$\lambda_{\text{tramos}} := 0.02$$

$$\lambda_{\text{codo}} := 0.2$$

$$\lambda_{\text{tt}} := 0.7$$

$$\eta_{\text{bom}} := 0.9$$

$$H_{\text{tt}} := \frac{v_{NaOH}^2}{2 \cdot g} \left[ \lambda_{\text{tramos}} \cdot \left( 8 \cdot \frac{l_{DE}}{d_{33}} + 1 \cdot \frac{l_{BC}}{d_{22}} + \frac{l_{AB}}{d_{11}} \right) + 1 \cdot \lambda_{\text{codos}} + 8 \cdot \lambda_{\text{tt}} + 1 \right] = 35.801 \text{ m}$$

$$\Delta P_{\text{solucion}} := H_{\text{tt}} \cdot g \cdot \rho_{NaOH} = 7.478 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$N_{\text{bomba}} := \frac{(\Delta P_{\text{solucion}} \cdot Q_{\text{solucion}})}{\eta_{\text{bom}}} = 4.138 \text{ kW}$$

#### e) Selección del la bomba.

La bomba la seleccionamos del catálogo "SACI pumps". Es una bomba centrífuga serie "MN"





Tipo Type	Potencia		"A"		Caudal m <sup>3</sup> /h / Flow m <sup>3</sup> /h												Diámetro	
	HP	KW	III 400	III 690	Altura m.c.a. / Height w.c.m.												ASP	IMP.
					0	24	27	30	36	42	48	54	60	66	72			
MN 50-125 B	4	3	7,4	-	19,9	19,8	19,3	19,1	18,3	17,4	16,4	15,3	14	12,7	11,2	65	50	
MN 50-125 A	5,5	4	9,9	-	24,7	24,6	24,4	24,2	23,5	22,7	21,8	20,8	19,6	18,1	16,5	65	50	
MN 50-160 B	7,5	5,5	11,6	6,7	30,4	30,3	30,1	29,8	29	28	26,7	25,1	23,3	21,3	19,1	65	50	
MN 50-160 A	10	7,5	15,8	9	37	36,9	36,8	36,6	36,1	35,1	34	32,6	31	29,1	26,9	65	50	
MN 50-200 C	12,5	9,2	18,5	10	47	45,7	45,1	44,5	42,9	40,2	38,5	35,9	33	29	24,5	65	50	
MN 50-200 B	15	11	21	12	52	51	50,5	50	48,5	46,8	44,7	42,2	39,5	35,9	32	65	50	
MN 50-200 A	20	15	27	16	58,5	58,1	58	57,5	56,4	55	53,2	51,3	49	46,3	42,8	65	50	
MN 50-250 C	20	15	32,5	18	71,5	70,8	70,8	70,3	69	67,6	66	64	61,5	58,6	55	65	50	
MN 50-250 B	25	18,5	41,5	24	78	78	78	77,4	76,1	74,5	72,8	70,6	68,2	65,5	62,2	65	50	
MN 50-250 A	30	22,5	51,5	30	90	89,5	89,5	88,8	87,7	86,1	84,5	82,7	80,5	78	75,2	65	50	

f) **Selección de eliminador de roció**

Por medio de un catálogo de GEA seleccionamos un eliminador de roció de PVC, TEC 130. Cuyas dimensiones son 2400x800x125mm.

## Eliminadores de Roció.

Ficha técnica.

Tipo.	TEP 130	TEC 130	TAP 160 with Spacer TAS 033
			
Material	PP	PVC	PP
[mm]Max. longitud	2400	2400	6000
[mm]Max. amplitud	700	800	330
[mm]altura	125 / 250	125 / 250	160
[%]perdida de roció*	≥ 0,002	≥ 0,002	≥ 0,005
[°C]Max. Temperatura de aplicación.	75	55	75
[m/s]Max. velocidad de flujo	4,5 (consultar diagrama)	4,5 (consultar diagrama)	4,0 (see diagram)
Coefficiente de arrastre.	2,2	2,2	2,6
[mm] Inclinación.	18	18	33 / 38
[mm]Max. Distancia entre soportes.	1000	1000	1200
Información adicional.	Diseños especiales: TEP 130 con refuerzos adicionales.	Diseños especiales: TEC 130 con refuerzos adicionales.	Spacer: TAS 033 with 33 mm / 10 profiles per spacer TAS 738 with 38 mm / 7 profiles per spacer





# ***4- TRATAMIENTO DE CENIZAS***



---

## TRATAMIENTO DE CENIZAS.

Los residuos patológicos contienen elementos que pueden convertirse en óxidos o hidróxidos, que contribuyen a la alcalinidad de las cenizas residuales o bien pueden reaccionar con HCl o cloruros alcalinos originando cloruros metálicos volátiles.

Por otra parte las posibles sustancias minerales presentes sufren transformaciones, como ocurre con el  $\text{CaCO}_3$ , que a temperaturas cercanas a  $1000^\circ\text{C}$ , se descomponen en  $\text{CaO}$  y  $\text{CO}_2$ .

En la combustión de residuos, junto con las cenizas de fondo, se generan también cenizas volantes, que producen riesgos en la salud y daños al medio ambiente, por tanto deben ser adecuadamente tratadas.

Las cenizas volantes son arrastradas por los gases y fluyen por los demás equipos. Estas cenizas quedan atrapadas en filtros adecuadamente dispuestos para que estas no sean liberadas a la atmosfera.

En la corriente efluente, junto a los gases de combustión, aparecen gases no combustibles (Óxidos de Nitrógeno, Óxidos de Azufre, compuestos halogenados, etc.), partículas en suspensión, metales pesados volátiles como Cd, Pb, Zn y Hg. Todas estas sustancias deben ser eliminados mediante un adecuado tratamiento.

Las cenizas y materiales volantes son tratados y retenidos por el sistema de tratamiento de gases. Estos son obtenidos por medio de lixiviación en estos sistemas.

En los productos obtenidos por la lixiviación deben tenerse dos factores importantes como el pH de la disolución extraída y la relación líquido/sólido. En el caso del Cd, su solubilidad aumenta cuando el pH es menor a 8, mientras que para el Pb es menor a 6, aunque en este último su lixiviación aumenta cuando el pH es mayor a 10.

Para el tratamiento de cenizas de fondo y de cenizas volantes propondremos un método de *SOLIDIFICACIÓN / ESTABILIZACIÓN*.

Este método, con la *SOLIDIFICACIÓN*, lo que se logra es inmovilizar física y químicamente componentes peligrosos contenidos en lodos o suelos.

A su vez, con la *ESTABILIZACIÓN*, los aditivos son mezclados con las cenizas, para obtener un producto más estable física y químicamente.

Como agente estabilizante se utilizará *FOSFATO*, formándose sales de de baja solubilidad. El elemento mayormente utilizado para el tratamiento de cenizas es el *ORTOFOSFATO* ( $\text{PO}_4^{3-}$ ). Este tiene gran eficacia en la inmovilización de elementos como  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  y  $\text{Zn}^{2+}$  al formar fosfatos de muy baja solubilidad al mismo tiempo que mejora la estabilidad geoquímica.

---

Para lograr una estabilidad física, después de ser tratados con fosfatos, estos compuestos serán mezclados con cemento.

En grandes países de Europa, estas cenizas correctamente tratadas, son utilizadas en la construcción de carreteras o formulación de hormigones y de asfaltos. Esto es posible debido a que sus compuestos químicos favorecen a la fabricación de cementos.

## PROCESO

Luego de la incineración de residuos se obtendrán cenizas de fondo y cenizas volantes.

Las cenizas de fondo caerán al cenicero, el cual se encuentra por debajo de horno. Este será construido por de cemento donde se colocarán un recipiente donde las cenizas caerán. Una vez terminado el proceso de incineración, este depósito será retirado manualmente. El mismo tendrá un sistema de ruedas para poder trasladarlo.

Las cenizas volantes serán retiradas en forma de lodos en el sistema de limpieza de gases. Por medio de una purga, éstas serán trasladadas al depósito y serán mezcladas con las cenizas de fondo.

Una vez realizada la mezcla de cenizas, se agregará el aditivo de *ORTOFOSFATO*.

Cuando el material se ah estabilizado adecuadamente y no existe peligros de contaminación, se buscará el método de venderla a empresas de construcción como aditivos de cemento.



# ***5- EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL***



---

## **EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL**

### **BREVE RESUMEN DEL PROYECTO**

#### **UBICACIÓN**

La planta de tratamiento de residuos patológicos se encontrara en el departamento de San Rafael, provincia de Mendoza, en los terrenos aledaños al parque de saneamiento, situado en dicha localidad.

#### **CARACTERÍSTICAS:**

El predio ocupará un área de 10.000 metros cuadrados. En un proyecto siguiente, se analizará la plantación de un bosque para separar este complejo y así evitar que los malos olores generados por éste que afecten la calidad de vida de los habitantes locales.

#### **DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

##### **FASE DE FORMULACIÓN:**

En ésta, se intenta lograr obtener todos los valores de los factores puestos en juego que determinarán el dimensionamiento final de la planta. Como así todas las consideraciones necesarias para su funcionamiento y todo lo que éste implica:

- Tratamiento de residuos patológicos.

##### **FASE DE CONSTRUCCIÓN:**

La primera tarea a realizar es el cercado perimetral y señalización, seguido de la operación de desmonte y nivelación. Para la ejecución de estas tareas se deben realizar movimientos de suelos, transporte de materiales, movimiento de maquinaria pesada, deposito de materiales, estructuras metálicas, áreas de servicio y zona de descanso.

Una vez acondicionado el sector, se comienza con la construcción de la estructura civil que albergara al horno de tratamiento como así también a la cámara de depósito de los

residuos. Posteriormente se realiza toda la instalación eléctrica y electromecánica, necesitándose una mayor cantidad de mano de obra.

#### FASE DE FUNCIONAMIENTO:

Se inicia una vez finalizada la etapa anterior. Se pone en funcionamiento la planta de tratamiento de residuos. Esto implica el traslado y almacenamiento de residuos patológicos; el tratamiento de los mismos en el horno; empaquetado final de los efluente del horno y disposición final en el parque de saneamiento.

Esta etapa comprende, además, acciones como el control y mantenimiento permanente de los procesos, lo que requerirá mano de obra calificada.

#### FASE DE ABANDONO:

Esta fase comienza cuando culmina la vida útil de la instalación. En ese momento se deben analizar dos alternativas: que la obra sea desmantelada o reacondicionada para continuar con la actividad. La primera opción es la considerada en la presente evaluación; y la segunda, requerirá del desarrollo de un nuevo proyecto a continuación del éste.

#### SISTEMA DE VALORACIÓN

Para analizar el impacto que produce cada acción sobre cada factor consideraremos los siguientes aspectos:

- **Intensidad (I)**, grado de destrucción: este término se refiere al grado incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa. La valoración de este término será:

✓ <b>Baja:</b>	1
✓ <b>Media:</b>	2
✓ <b>Alta:</b>	4
✓ <b>Muy alta:</b>	8
✓ <b>Total:</b>	12



- **Extensión (E):** se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto (% área en que se manifiesta el efecto). En este caso, la valoración será:
  - ✓ **Puntual:** 1
  - ✓ **Parcial:** 2
  - ✓ **Extenso:** 4
  - ✓ **Total:** 8
  - ✓ **Crítica:** E+4
- **Periodicidad (P):** se refiere a la regularidad de la manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante el tiempo (efecto continuo). La valoración de estos términos será:
  - ✓ **Irregular:** 1
  - ✓ **Periódico:** 2
  - ✓ **Continuo:** 4
- **Recuperabilidad (R),** reconstrucción por medios humanos: se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales introduciendo medidas correctoras. La valoración de este punto será:
  - ✓ **Recuperable inmediatamente:** 1
  - ✓ **Recuperable a medio plazo:** 2
  - ✓ **Mitigable:** 4
  - ✓ **Irrecuperable:** 8

#### IMPORTANCIA DEL IMPACTO AMBIENTAL

La relación entre estos aspectos para obtener la importancia (I) del impacto del proyecto sobre el medio es:

$$I = \pm [3I + 2E + P + R]$$

Del análisis de esta ecuación se puede obtener un valor máximo de 72 y un mínimo de 6, siempre considerando valores absolutos. Dependiendo de su naturaleza, el impacto puede ser positivo o negativo.

La disposición de estos ítems, en la matriz de datos, es la siguiente:

	<b>Factor</b>	
<b>Acción</b>	<b>I</b>	<b>E</b>
	<b>P</b>	<b>R</b>

### ANÁLISIS DE LA MATRIZ

En la matriz cada cuadrícula se coloreará de acuerdo a la valoración del impacto de la forma siguiente:

- **Positivo:** (mayor que 0): verde
- **Negativo:** (menor que 0):
  - *alto impacto* (menor que -30): rojo
  - *medio impacto* (entre -10 y -30): celeste
  - *bajo impacto* (entre -10 y 0): blanco

### ACCIONES DEL PROYECTO CONSIDERADAS

Se dividió por etapas:

- ✓ Etapa de Construcción
- ✓ Etapa de Funcionamiento
- ✓ Etapa de Abandono

### ETAPA DE CONSTRUCCIÓN:



- 
- ▶ Construcción de cierres (cercos y vallados)
  - ▶ Clasificación y deposición de RSU
  - ▶ Clasificación y deposición de Escombros
  - ▶ Desmonte y nivelación
  - ▶ Construcción del obrador
  - ▶ Excavación
  - ▶ Transporte de materiales
  - ▶ Construcción - Obra civil-
  - ▶ Equipo e instalación eléctrica
  - ▶ Montaje y obra de ingeniería
  - ▶ Instalación de red interna de gas
  - ▶ Retiro del obrador y limpieza de obra

**ETAPA DE FUNCIONAMIENTO:**

- ▶ Transporte de residuos patológicos hasta la planta
- ▶ Depósito de Residuos
- ▶ Quema de residuos
- ▶ Empaquetado de desechos del horno
- ▶ Transporte de desechos hasta el basural
- ▶ Disposición de desechos en el basural.

**ETAPA DE ABANDONO:**

- ▶ Desmantelamiento de instalaciones fijas.
- ▶ Clasificación y deposición de RSU
- ▶ Clasificación y deposición de Escombros
- ▶ Limpieza del sector.
- ▶ Reforestación

**FACTORES AMBIENTALES CONSIDERADOS**

Se cuenta con tres grupos:



---

✓ Medio Físico:

- medio biótico
- medio abiótico

✓ Medio Socio – Cultural

✓ Medio Económico

**MEDIO FÍSICO:**

**Medio Biótico:**

***Flora:***

- Autóctona
- Agricultura

***Fauna:***

- Autóctona
- No autóctona

**Medio abiótico:**

***Aire:***

- Calidad del aire (humo, olores, etc.)
- Ruidos y vibraciones
- Polvo en suspensión

***Agua:***

- Agua superficial
- Agua subterránea
- Pluvial - aluvional



---

**Suelo:**

- Características mecánicas
- Contaminación del suelo

**Paisaje**

**MEDIO SOCIO – CULTURAL:**

- Calidad de vida del vecindario
- Aceptación ciudadana

**MEDIO ECONÓMICO:**

- Población, nivel de empleo, distribución
- Actividades afectadas, comercio zonal
- Valor de la tierra



**ANÁLISIS DE LA MATRIZ**

**ETAPA DE CONSTRUCCIÓN**

ACCIONES FACTORES	MEDIO BIOTICO				MEDIO ABIOTICO											
	FLORA		FAUNA		AIRE			AGUA			SUELO		Paisaje			
	Autóctona	Agricultura	Autóctona	No Autóctona	Calidad del aire	Ruidos y Vibraciones	Pelvo en susp.	Agua superficial	Agua subteranea	Pluvial - aluvional	Características mecánicas	Contaminación del suelo				
<b>ETAPA DE CONSTRUCCION</b>																
Construcción de cierres	-1	-2	-1	-2	-1	-1	-1	-2	-1	-2					-2	-1
Clasificación y deposición de RSU					-1	-1									-1	-1
Clasificación y deposición de Escombros					-1	-1		-1	-1						-1	-1
Desmonte y nivelación	-12	-4	-1	-1	-1	-2	-4	-4	-8	-4			-2	-2	-2	-1
Construcción del obrador			-1	-1	-1	-2	-4	-4	-4	-4			-1	-2	2	1
Excavación	-1	-1	-1	-1	-4	-2	-4	-4	-4	-4			-2	-2	-2	-1
Transporte de materiales	-1	-2	-1	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2			-1	-2	-1	-1
Construcción - Obra civil-					-1	-2	-4	-4	-2	-2	-2	0	-1	-2	-2	-4
Equipo e instalación eléctrica					-1	-1	-1	-1	-2	-1	-2	-1	-2	-1	-2	4
Montaje y obra de ingeniería																
Instalación de red interna de gas																
Retiro del obrador y limpieza de obra					-1	-2	-2	-2	-2	-2	-1	-2			-1	-2

ACCIONES FACTORES	SOCIO-CULTURAL				ECONOMICA			
	Calidad de vida del vecindario	Aceptación ciudadana	Población, nivel de empleo, distribución	Actividades afectadas, comercio zonal	Valor de la tierra			
<b>ETAPA DE CONSTRUCCION</b>								
Construcción de cierres			-2	-2	1	1		
Clasificación y deposición de RSU			0	0	1	0		
Clasificación y deposición de Escombros								
Desmonte y nivelación	-8	-2	-2	-1	2	1	-4	-1
Construcción del obrador	-1	-2	-4	0	1	0	-1	-4
Excavación			-1	-1	1	1	-2	-1
Transporte de materiales			-1	0	1	0	-4	-4
Construcción - Obra civil-	-8	-2	-2	-1	1	1	-4	-1
Equipo e instalación eléctrica	-1	-2	-1	0	1	0	-1	-4
Montaje y obra de ingeniería								
Instalación de red interna de gas								
Retiro del obrador y limpieza de obra								

**ETAPA DE FUNCIONAMIENTO**

ACCIONES FACTORES		MEDIO BIOTICO				MEDIO ABIOTICO											
		FLORA		FAUNA		AIRE			AGUA			SUELO		Paisaje			
		Autoctona	Agricultura	Autoctona	No Autoctona	Calidad del aire	Ruidos y Vibraciones	Poivo en Susp.	Agua superficial	Agua subteranea	Pluvial - aluvional	Características mecánicas	Contaminación del suelo				
<b>ETAPA DE FUNCIONAMIENTO</b>																	
Transporte de residuos patológicos hasta la planta						-1	-2	0	-2	-2	-1					-2	-4
Deposito de Residuos						-2	-1	0	0	-2	-2					-1	-1
Quema de residuos						0	0									-2	-1
Empaquetado de desechos del horno						-8	-4									-4	-2
Transporte de desechos hasta el basural						-4	-2									-4	-1
disposición de desechos en el baural						-2	-1		-2	-1	-1					-1	-2
						-1	-1									-1	-1
						-1	-4									-1	-2

ACCIONES FACTORES		SOCIO - CULTURAL				ECONOMICA			
		Calidad de vida del vecindario	Aceptación ciudadana	Población, nivel de empleo, distribución	Actividades afectadas, comercio zonal	Valor de la tierra			
<b>ETAPA DE FUNCIONAMIENTO</b>									
Transporte de residuos patológicos hasta la planta		-4	-4	-4	-2	-2	-1		
Deposito de Residuos		-2	-1	-4	0	-2	-1		
Quema de residuos		-4	-4	-8	-4	-4	0		
Empaquetado de desechos del horno		-4	-2	-4	-4	-2	-2		
Transporte de desechos hasta el basural		-4	-2	-2	-2				
Disposición de desechos en el baural		-1	-2	-2	-2				
		-2	-1	-2	0				
				-1	-1				
				-2	0				

**ETAPA DE ABANDONO**

ETAPA DE ABANDONO																							
Desmantelamiento de las instalaciones fijas					-2	-2	-4	-2	-4	-2	-1	-1	-1	-2	-1	-2	-4	-4	-2	-1	-8	-1	
					-1	-2	-1	-1	-1	-2	-1	-2	-1	-2	-1	-2	-1	-4	-1	-4	-1	-4	
Clasificación y deposición de RSU					-1	-1														-1	-1	-1	-1
					-1	-1			-1	-1					-1	-1				-1	-1	-1	-1
Clasificación y deposición de Escombros					-1	-1			-1	-1					-1	-1				-1	-1	-1	-1
					-1	-1			-1	-1					-1	-1				-1	-1	-1	-1
Limpieza del sector					-4	-4	-4	-4	-4	-4					-2	-2				-1	-2	-4	-2
					-1	-2	-4	-1	-1	-2					-1	-2				-1	-2	-1	-4
Reforestación	8	1		4	2													12	1		8	2	
	4	0		4	0												4	0		4	0		

ETAPA DE ABANDONO											
Desmantelamiento de las instalaciones fijas	-4	-2	-4	-1	-2	-1	-1	-1	-2	-1	
	-1	-1	-1	0	-1	0	-1	0	-1	-2	
Clasificación y deposición de RSU											
Clasificación y deposición de Escombros					1	1					
					1	1					
Limpieza del sector	-2	-2	4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
	-1	-1	-1	0	-1	0	-1	-1	-1	-2	
Reforestación	4	2	8	1				4	2	2	1
	4	0	4	0				4	0	4	0



DE LAS MATRICES ANTERIORES PUDIMOS OBTENER LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

ACCIONES	FACTORES	MEDIO BIÓTICO				MEDIO ABIÓTICO								
		FLORA		FAUNA		AIRE			AGUA			SUELO		Paisaje
		Autoctona	Agricultura	Autoctona	No Autoctona	Calidad del aire	Ruidos y vibraciones	Polvo en Susp.	Agua superficial	Agua subterránea	Pluvial - aluvional	Características mecánicas	Contaminación del suelo	
<b>ETAPA DE CONSTRUCCIÓN</b>														
Construcción de cimientos		-10	0	-10	0	-8	-9	-10	0	0	0	0	0	-13
Clasificación y deposición de RSU		0	0	0	0	-7	0	0	0	0	0	0	-7	-10
Clasificación y deposición de Escombros		0	0	0	0	-7	0	-7	0	0	0	0	0	0
Desmonte y nivelación		-52	0	-10	0	-12	-22	-35	0	0	-13	-20	-8	-22
Construcción del obrador		0	0	-11	0	-10	-22	-23	0	0	-9	12	-11	-22
Excavación		-8	0	-8	0	-19	-22	-23	0	-15	-15	-16	-8	-13
Transporte de materiales		-10	0	-10	0	-13	-9	-13	0	0	0	0	0	-14
Construcción - Obra civil-		0	0	0	0	-9	-22	-13	-9	-10	-17	30	-8	-19
Equipo e instalación eléctrica		0	0	0	0	0	-18	0	0	0	0	0	0	-7
Montaje y obra de ingeniería		0	0	0	0	0	-5	0	0	0	0	0	0	0
Instalación de red interna de gas		0	0	0	0	0	-6	0	0	0	0	0	0	0
Retiro del obrador y limpieza de obra		0	0	0	0	-10	-12	-13	-10	0	-10	-7	-7	-7



ACCIONES	FACTORES	SOCIO - CULTURAL		ECONOMICA		
		Calidad de vida del vecindario	Aceptación ciudadana	Población, nivel de empleo, distribución	Actividades afectadas, comercio zonal	Valor de la tierra
<b>ETAPA DE CONSTRUCCION</b>						
Construcción de cierras		0	-10	6	0	0
Clasificación y deposición de RSU		0	0	0	0	0
Clasificación y deposición de Escombros		0	0	0	0	0
Desmante y nivelacion		-31	-12	9	-19	-13
Construccion del obrador		0	-6	6	-16	-13
Excavación		-31	-9	6	-19	-13
Transporte de materiales		-8	-7	0	0	0
Construcción - Obra civil-		-16	-27	9	6	6
Equipo e instalación eléctrica		-10	0	9	11	0
Montaje y obra de ingeniería		-11	0	9	0	0
Instalación de red interna de gas		0	0	6	0	0
Retiro del obrador y limpieza de obra		0	0	6	-7	0

### ETAPA DE FUNCIONAMIENTO

ACCIONES	FACTORES	MEDIO BIOTICO				MEDIO ABIOTICO								
		FLORA		FAUNA		AIRE			AGUA			SUELO		
		Autocitona	Agricultura	Autocitona	No Autocitona	Calidad del aire	Ruidos y vibraciones	Pelvo en Susp.	Agua superficial	Agua subteranea	Pluvial - alluvional	Características mecánicas	Contaminación del suelo	Paisaje
<b>ETAPA DE FUNCIONAMIENTO</b>														
Transporte de residuos patologicos hasta la planta		0	0	0	0	-10	-4	-12	0	0	0	0	0	-17
Deposito de Residuos		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-8	-7	
Quema de residuos		0	0	0	0	-38	0	0	0	0	0	0	-21	
Empaquetado de desechos del homo		0	0	0	0	-11	0	-11	0	0	0	0	0	
Transporte de desechos hasta el basural		0	0	0	0	-10	-8	-12	0	0	0	0	0	
Disposición de desechos en el baural		0	0	-10	0	0	0	0	0	0	-10	-8	-15	

ACCIONES	FACTORES	SOCIO - CULTURAL		ECONOMICA		
		Calidad de vida del vecindario	Aceptación ciudadana	Población, nivel de empleo, distribución	Actividades afectadas, comercio zonal	Valor de la tierra
<b>ETAPA DE FUNCIONAMIENTO</b>						
Transporte de residuos patológicos hasta la planta		-23	-20	-12	0	0
Deposito de Residuos		0	0	-12	0	0
Quema de residuos		-26	-40	-14	0	-40
Empaquetado de desechos del horno		0	0	0	0	0
Transporte de desechos hasta el basural		-10	-12	0	0	0
Disposición de desechos en el baural		-7	-7	0	0	0

### ETAPA DE ABANDONO

ETAPA DE ABANDONO													
Desmantelamiento de las instalaciones fijas	0	0	0	0	-13	-18	-19	-8	-10	-10	-25	-13	-31
Clasificación y deposición de RSU	0	0	0	0	-7	0	0	0	0	0	0	-7	-10
Clasificación y deposición de Escombros	0	0	0	0	-7	0	-7	0	0	-7	0	-7	-7
Limpieza del sector	0	0	0	0	-23	-25	-23	0	0	-13	0	-10	-21
Reforestación	30	0	20	0	36	0	0	0	0	0	42	0	32

ETAPA DE ABANDONO					
Desmantelamiento de las instalaciones fijas	-18	-15	-9	-6	-11
Clasificación y deposición de RSU	0	0	0	0	0
Clasificación y deposición de Escombros	0	0	7	0	0
Limpieza del sector	-12	9	-6	-7	-8
Reforestación	20	30	0	20	12



# **6- AUTOMATIZACIÓN**



---

## **AUTOMATIZACIÓN DEL HORNO Y SISTEMA DE TRATAMIENTO DE GASES**

Para poder llevar a cabo la automatización del horno de incineración y de los sistemas de tratamiento de gases vamos a contar con una herramienta muy importante, como va a ser el controlador (PLC) que en este caso trabajaremos con uno de la firma SIEMENS, tipo SIMATIC S7-200.

Para nuestro tipo de aplicación contaremos con un CPU 216, debido a que este tipo de CPU cuenta con 21 entradas y 14 salidas.

### **Entradas digitales.**

- I0.0\_ Termomagnética del motor
- I0.1\_ Pulsador de parada del motor
- I0.2\_ Pulsador de marcha directa del motor. Cierre del horno
- I0.3\_ Fin de carrera
- I0.4\_ Pulsador de marcha inversa del motor. Apertura del horno
- I0.5\_ Fin de carrera
- I0.6\_ Pulsador de marcha de arranque del horno
- I0.7\_ Pulsador de parada del horno
- I1.0\_ Sensor del flujo de aire de inyección. Pasa a NA si detecta el aire
- I1.1\_ Sensor del flujo. Pasa a NA si detecta los gases en la salida
- I1.2\_ Sensores toroides que detectan el paso de corriente en las resistencias
- I1.3\_ Contacto activado por el relé del comparador de tensión
- I1.4\_ Contacto activado por el relé del comparador de tensión
- I1.5\_ Contacto activado por el relé del comparador de tensión
- I1.6\_ Contacto activado por el relé del comparador de tensión
- I1.7\_ Contacto activado por el relé del comparador de tensión
- I2.0\_ Contacto activado por el relé del comparador de tensión
- I2.1\_ Sensor de toroide que detecta el paso de corriente en la resistencia
- I2.2\_ Sensor de toroide que detecta el paso de corriente en la resistencia
- I2.3\_ Sensor de toroide que detecta el paso de corriente en la resistencia
- I2.4\_ Sensor de toroide que detecta el paso de corriente en la resistencia
- I2.5\_ Sensor de toroide que detecta el paso de corriente en la resistencia
- I2.6\_ Contacto activado por el relé del comparador de tensión de cámara de post – comb.
- I2.7\_ Sensor de toroide que detecta el paso de corriente por la resistencia en cámara.
- I3.0\_ Sensor del flujo de aire de cámara de post combustión.

### **Temporizadores**

- T37\_ Temporizador. Detiene el horno al finalizar el proceso luego de 8 hs
- T38\_ Temporizador. Luego de 20 seg. indica que el ventilador falla.
- T39\_ Temporizador. Indica falla del ventilador de extracción de gases.
- T40\_ Temporizador. Al activarse el ventilador pasa de máx. rpm a la mitad de estas.
- T41\_ Temporizador. Indica falla del ventilador de cámara de post combustión.

### Salidas digitales.

- Q0.0\_ Contactor del motor en giro directo y produce autoenclavamiento.
- Q0.1\_ Contactor de la bobina del motor que produce giro inverso
- Q0.3\_ Bobina de autoenclavamiento del funcionamiento del horno
- Q0.4\_ Bobina de accionamiento de ventilador de inyección de aire
- Q0.5\_ Encendido de luz y alarma de indicación de falla.
- Q0.6\_ Relé que activa el interruptor 1 del variador de velocidad.
- Q0.7\_ Relé que activa el interruptor 2 del variador de velocidad. Lleva el vent. a máx.
- Q1.0\_ Bobina que activa las resistencias que funcionan durante todo el proceso.
- Q1.1\_ Encendido de luz y alarma de indicación de falla.
- Q1.2\_ Bobina que activa las resistencias controlados por la termocupla
- Q1.3\_ Bobina que activa las resistencias controlados por la termocupla
- Q1.4\_ Bobina que activa las resistencias controlados por la termocupla
- Q1.5\_ Bobina que activa las resistencias controlados por la termocupla
- Q1.6\_ Bobina que activa las resistencias controlados por la termocupla
- Q1.7\_ Bobina que activa las resistencias controlados por la termocupla
- Q2.0\_ Activación de luz y alarma de indicación de falla de alguna de las resistencias
- Q2.1\_ Bobina que activa las resistencias controlados por la termocupla de cámara.
- Q2.2\_ Bobina que activa el ventilador de cámara de post combustión.
- Q2.3\_ Bobina que activa la bomba de inyección de agua.
- Q2.4\_ Bobina que activa la bomba de NaOH.

### 1) DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO.

El funcionamiento comienza con la apertura y cierre del horno. Para los mismos se realizará una automatización que consta de un autoenclavamiento y con un funcionamiento del motor con inversión de giro.

Como inicio de la automatización, se considera al horno abierto. Con el termomagnética del motor I0.0 en condiciones normales de funcionamiento, se accionará el pulsador de marcha I0.2, accionando así el inicio de trabajo del motor que producirá el cierre. En la puerta del horno se colocará un fin de carrera I0.3, que al activarse detendrá este movimiento abriendo el contacto NC.

Aquí se tiene un pulsador de parada I0.1, que será activado ante cualquier emergencia o falla del sistema.

Una condición para este movimiento es que la puerta debe estar en su posición inicial, es decir completamente abierta y que no se esté realizando un movimiento previo. Lo cual estará controlado el contacto NC Q0.1 del contactor que produce la inversión de giro.

---

Para la apertura del horno, el procedimiento será el mismo que se utilizó en el cierre de este.

Para comenzar con el proceso de incineración, como condición inicial se debe tener el horno cerrado. Esto será controlado por el fin de carrera I0.5. Si este no está activado, el contacto permanecerá NA y no comenzará el funcionamiento del horno.

Con el horno cerrado se procederá a activar el pulsador de marcha I0.6. Así se activará la bobina Q0.3 que pone en funcionamiento todos los elementos constituyentes y producirá el autoenclavamiento.

Ante cualquier falla, el horno consta de un pulsador de parada I0.7.

De esta manera comienza el proceso de incineración. Activado Q0.3, todos los contactos NA que este controla, pasan a NC y comienza el funcionamiento de todos los dispositivos. El proceso durará 8hs, el cual será controlado por el temporizador T37. Llegado a este tiempo, el contacto T37 NC pasa a NA y se detienen los procesos.

El **ventilador de inyección de aire de combustión** es activado por Q0.4. Este comenzará su trabajo cuando esta bobina se setea al detectar el número binario 1. De no ser así, si se tiene un 0, se activará un contacto que producirá el conteo del temporizador T38. Al llegar a los 20 seg el contacto NA de este pasa a NC y se activa la marca M0.0 la cual indica la falla del ventilador, sacando de servicio al motor de este. Para indicar la falla, se producirá la activación de Q0.5 que enciende una luz y alarma de indicación de falla.

Para que este ventilador funcione correctamente, se colocará un sensor de flujo de aire I1.0. Si el aire circula correctamente, el sensor mantendrá su contacto NC. De no ser así, este pasará a NA activando la marca anterior y sacando de trabajo al motor de este.

El **ventilador de extracción de gases** es activado por Q0.6 y Q0.7, los cuales activa los contactos de un variador de velocidad. El ventilador comenzará su trabajo al comienzo del proceso de incineración. Pulsando el pulsador de marcha comienza el funcionamiento de este a máximas revoluciones. Esto se hará para realizar un barrido de gases que se puedan que puedan quedar.

Este ventilador trabajará a dos estados de giro, siendo estos activados por contactos conectados a los interruptores del variador de velocidad que contrala las revoluciones de giro. Al comienzo del proceso, para realizar el barrido, estos dos contactos son activados y el ventilador gira a máximas revoluciones.

Luego de 30 segundos, controlados por un temporizador T40 con retardo a la desconexión (TOF), el contacto del variador Q0.7 se desactiva y el ventilador empieza a girar a mitad de revoluciones. Esto se realiza para evitar consumo de energía eléctrica ya que al principio del proceso de incineración los gases emitidos son mínimos.

El ventilador de extracción de gases volverá a girar a máximas revoluciones luego de dos horas, las cuales comienzan a contarse desde el inicio del funcionamiento. Un

temporizador T40 (TON) activa nuevamente el contacto del variador de velocidad. Aquí se ha considerado que los residuos comienzan su incineración completa, por lo tanto el caudal de gases es máximo y por lo tanto se necesita que el ventilador gire a máximas revoluciones.

Si el ventilador no funciona correctamente, comenzará un conteo del temporizador T39, que luego de 20 segundos activa la marca M0.1, la cual indica la falla del ventilador. Sacando de servicio al motor de este y al variador de velocidad.

A su vez, Para que este ventilador funcione correctamente, se colocará antes de del ventilador, cerca de la chimenea de salida, un sensor de flujo de gases I1.1. Si los gases circulan correctamente, el sensor mantendrá su contacto NC. De no ser así, este pasará a NA activando la marca anterior y sacando de trabajo al motor de este.

Para la incineración se tienen resistencia de NICROM 80/20. Para un correcto funcionamiento se tendrán resistencias que siempre estarán encendidas y resistencias que estarán controladas por termocuplas, que al pasar 1200°C de temperatura detectada por estas, se apagarán y si la temperatura disminuye de este valor, se volverán a encender.

Las **resistencias del horno (siempre encendidas)** son activadas por Q1.0. Si estas no encienden se activa la marca M0.2 y saca de servicio al circuito que controla esta resistencia y a su vez indica la falla con una luz encendida por Q1.1.

Se tendrá un sensor de toroide que indica el paso de corriente en el circuito, cuyos contactos son I1.2. Si se activa el funcionamiento y no se detecta paso de corriente, el contacto pasará a NA sacando de servicio al circuito de las resistencias.

Las **resistencias controladas por termocuplas y la resistencia de la cámara de post – combustión** tendrán un idéntico funcionamiento. Estas encienden en el principio del proceso, pero serán controladas por termocuplas y un circuito de comparación de tensión que activará un contacto NC. Si la temperatura es mayor a 1200°C el comparador activará el contacto del relé pasando a NA y sacando de servicio a la resistencia. Si la temperatura cae por debajo de este valor, el contacto pasa nuevamente a NC y la resistencia vuelve a funcionar.

El control del funcionamiento de estas resistencias es idéntico al utilizado para resistencias siempre encendidas.

El **ventilador de inyección de aire de cámara de post – combustión** tendrá un idéntico funcionamiento y control que el **ventilador de inyección de aire del horno**.





## 2) AUTOMATIZACIÓN. MICRO WIN 32

### AUTOMATIZACIÓN DE HORNO Y SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE GASES

**Network 1** Giro directo del motor. Cierre del horno

I0.0 Termomagnética del motor

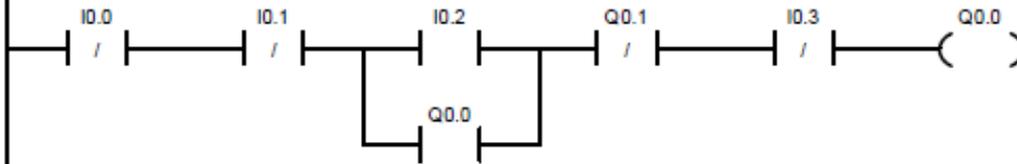
I0.1 Pulsador de parada del motor

I0.2 Pulsador de marcha directa del motor. Cierre del horno

I0.3 Fin de carrera

Q0.0 Bobina del contactor que enciende el motor en giro directo y produce autoenclavamiento

Q0.1 Contacto de la bobina del motor que produce giro inverso



**Network 2** Giro Inverso del motor. Apertura del horno

I0.0 Termomagnética del motor

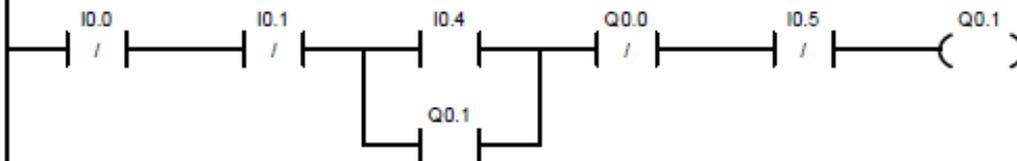
I0.1 Pulsador de parada del motor

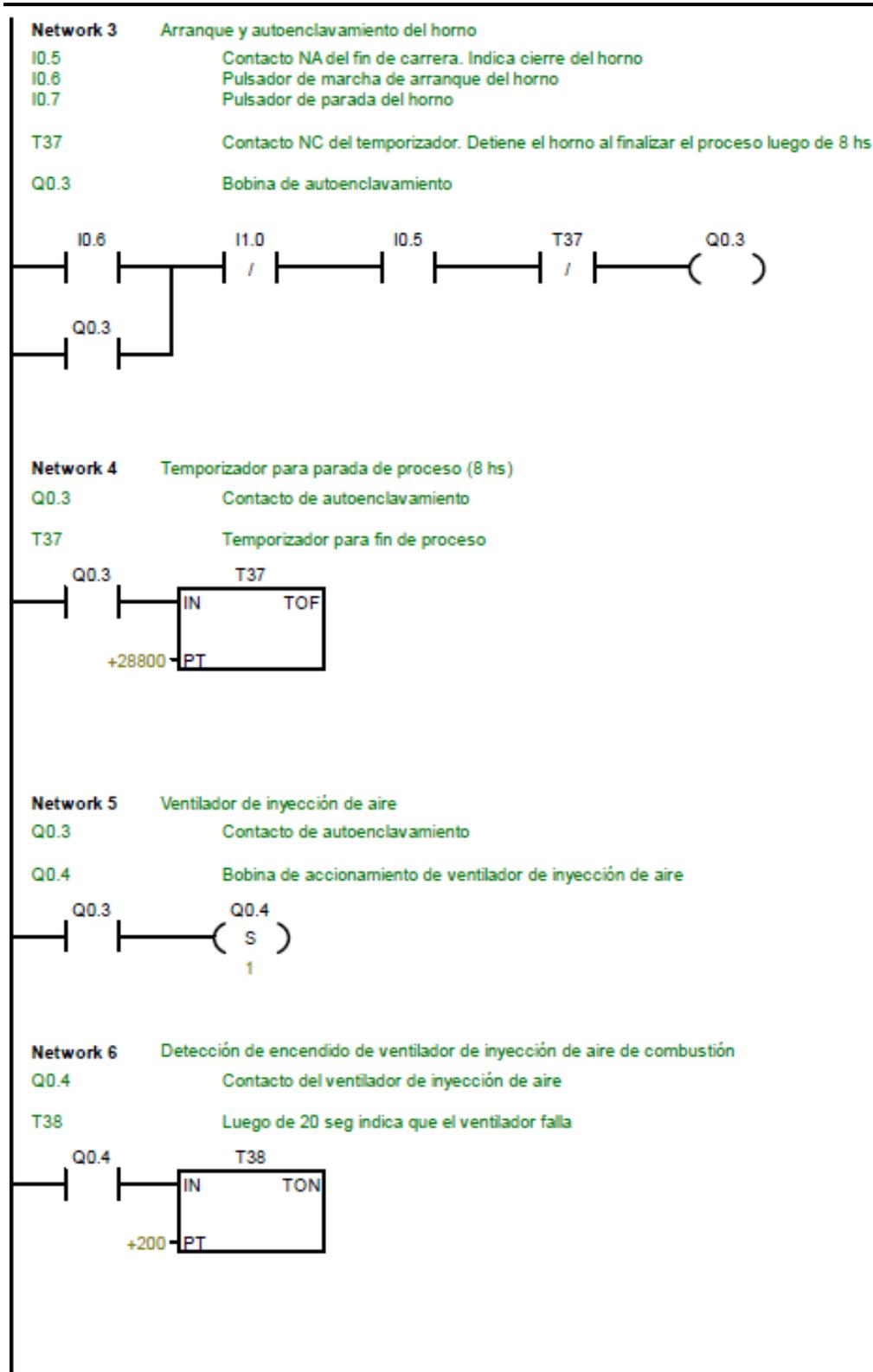
I0.4 Pulsador de marcha inversa del motor. Apertura del horno

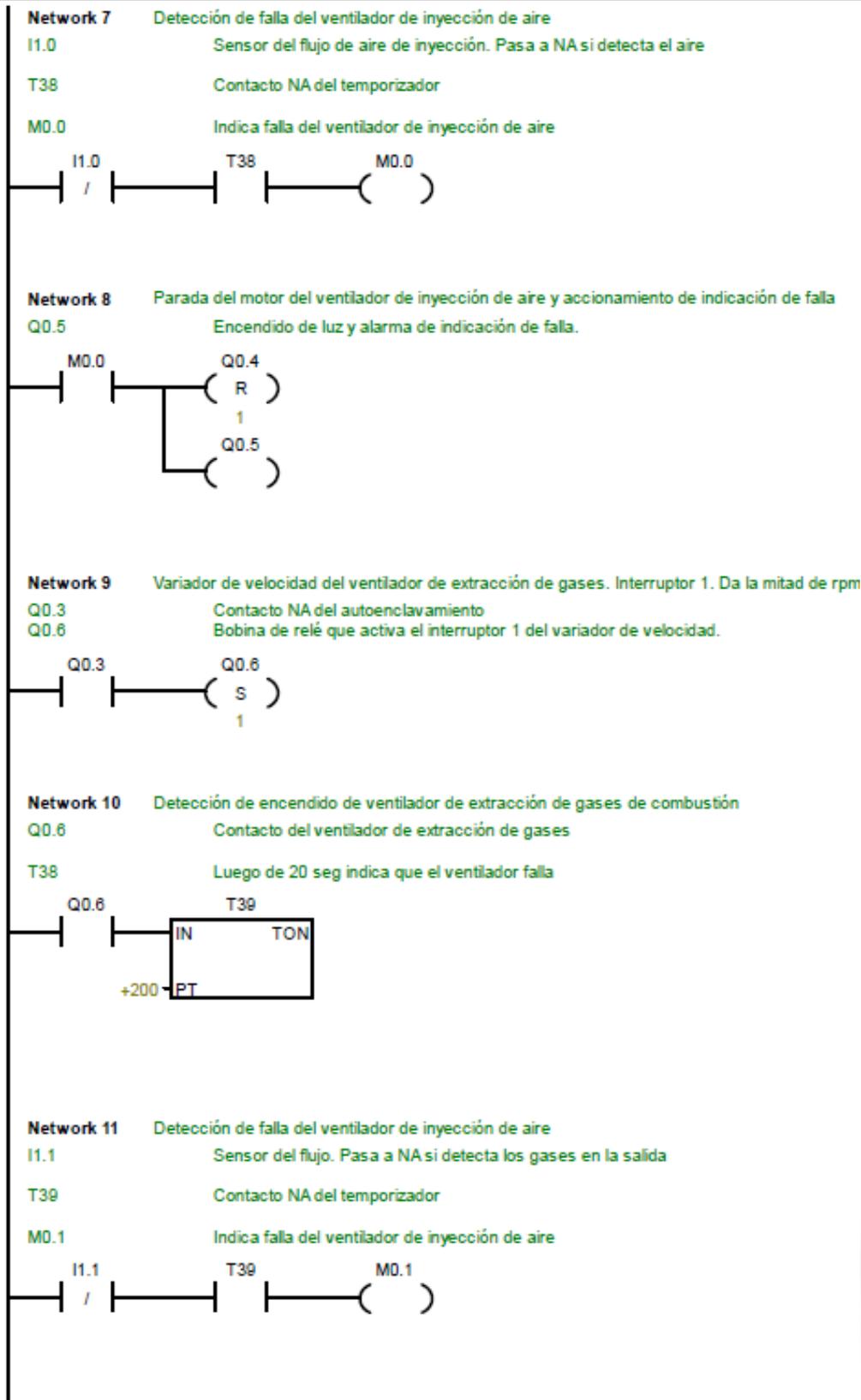
I0.5 Fin de carrera

Q0.1 Bobina del contactor que enciende el motor en giro inverso y produce autoenclavamiento

Q0.0 Contacto de la bobina del motor que produce giro inverso.



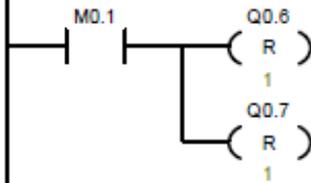






**Network 12** Parada del motor del ventilador de extracción de gases

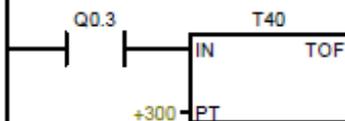
Al detectarse la falla, indicada por M0.1, las entradas del variador de velocidad son desactivadas.



**Network 13** Temporizador de ventilador de extracción de gases (barrido de gases). Al activarse, el ventilador pasa a mitad de rpm

Q0.3 Contacto NA de autoenclavamiento

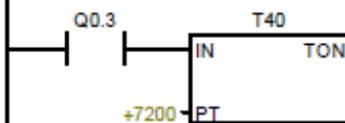
T40 Temporizador. Al activarse el ventilador pasa de máx rpm a la mitad



**Network 14** Temporizador de ventilador de extracción de gases. Al activarse, el ventilador pasa a máx de rpm

Q0.3 Contacto NA del autoenclavamiento

T40 Temporizador. Al activarse el ventilador vuelve a máx rpm luego de 2hs.



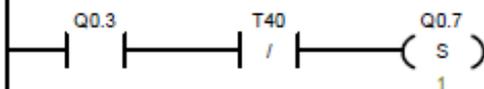
**Network 15** Ventilador de extracción de gases. Interruptores de variador de velocidad

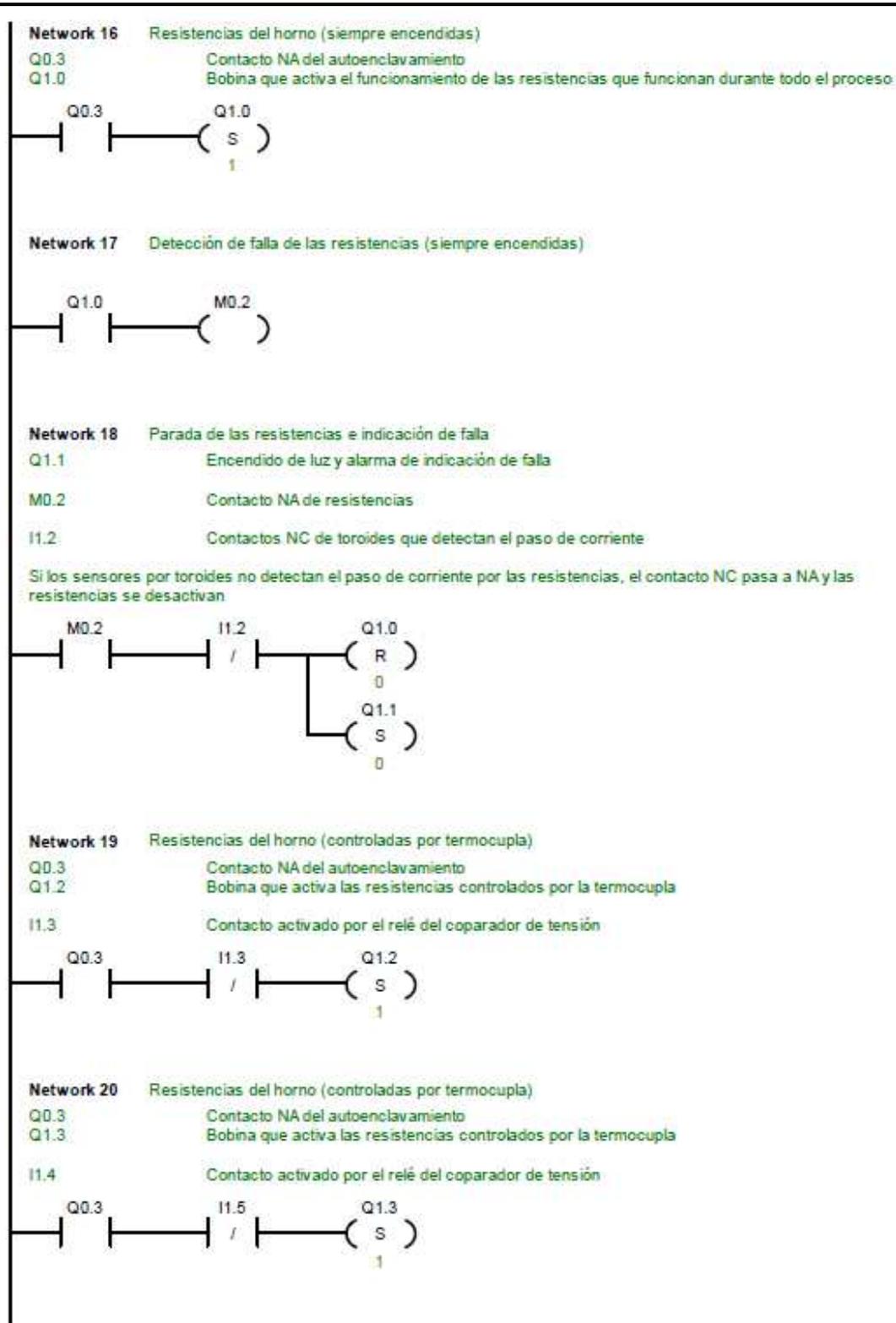
Q0.3 Contacto NA del autoenclavamiento

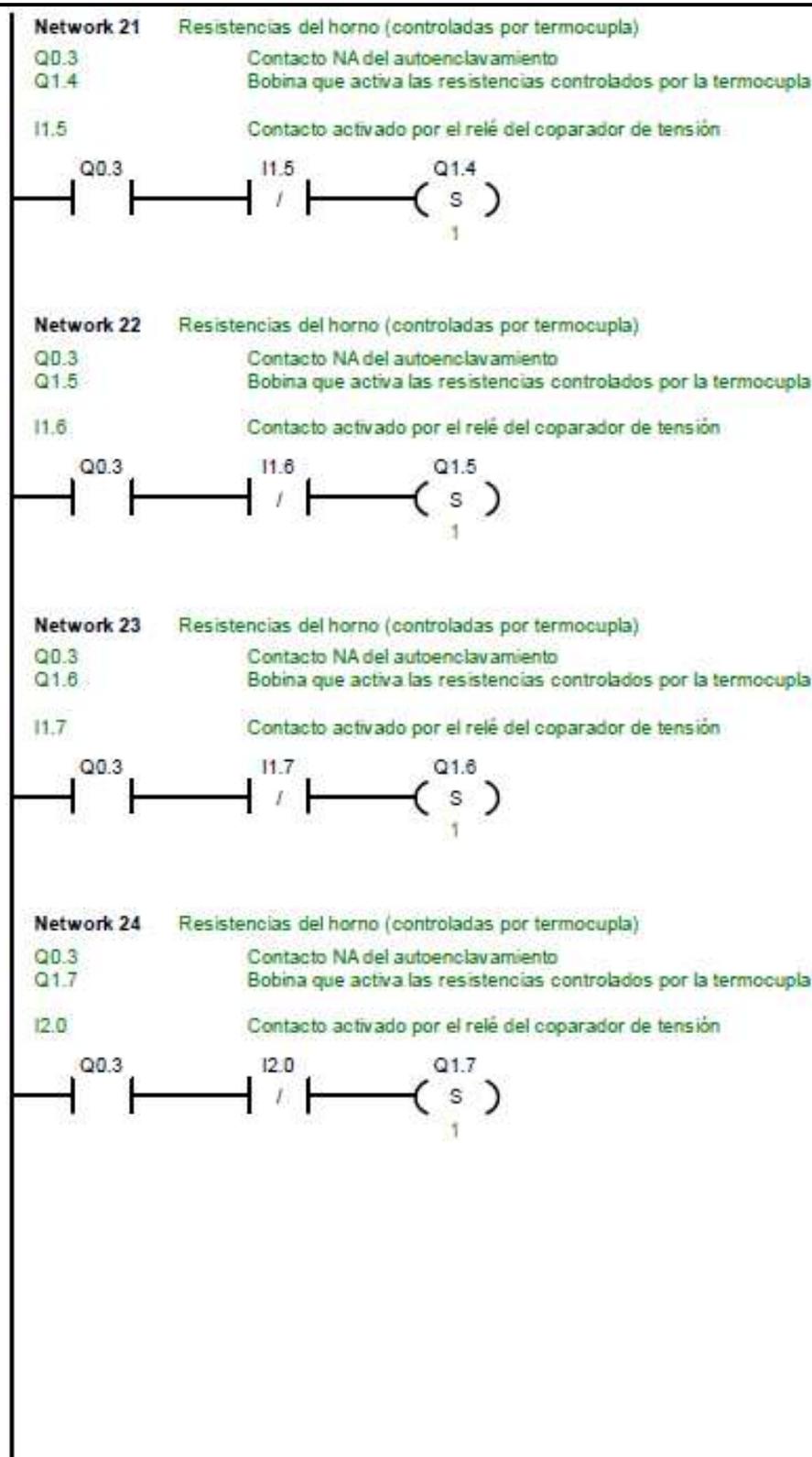
Q0.7 Bobina de relé que activa y desactiva el interruptor 2 del variador de velocidad. Lleva el vent. a máx

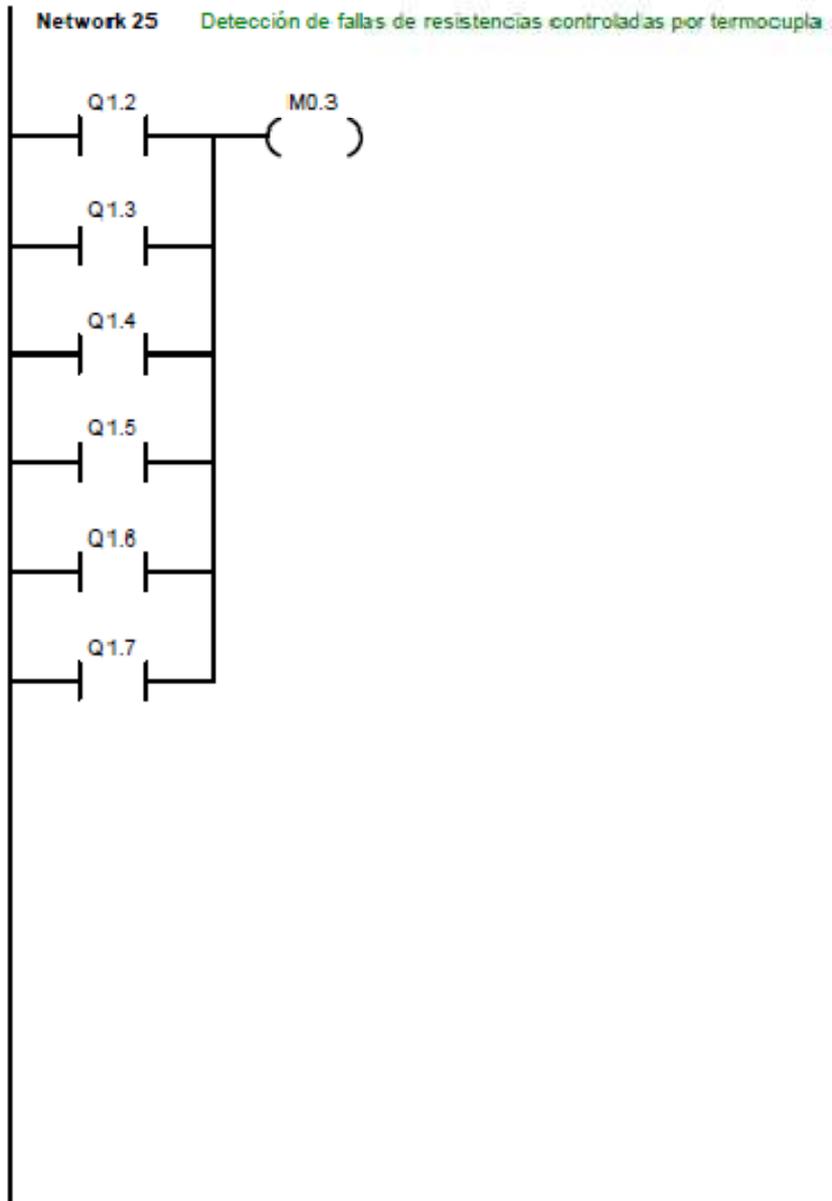
T40 Contacto NC de temporizadores. 1ro se desactiva y luego se vuelve activar

El interruptor 1 del variador se encuentra siempre activado. Así, el ventilador gira a máx rpm. Luego de los tiempos propuestos el interruptor dos se desactiva y activa llevando el ventilador a mitad de rpm y luego a máx rpm.









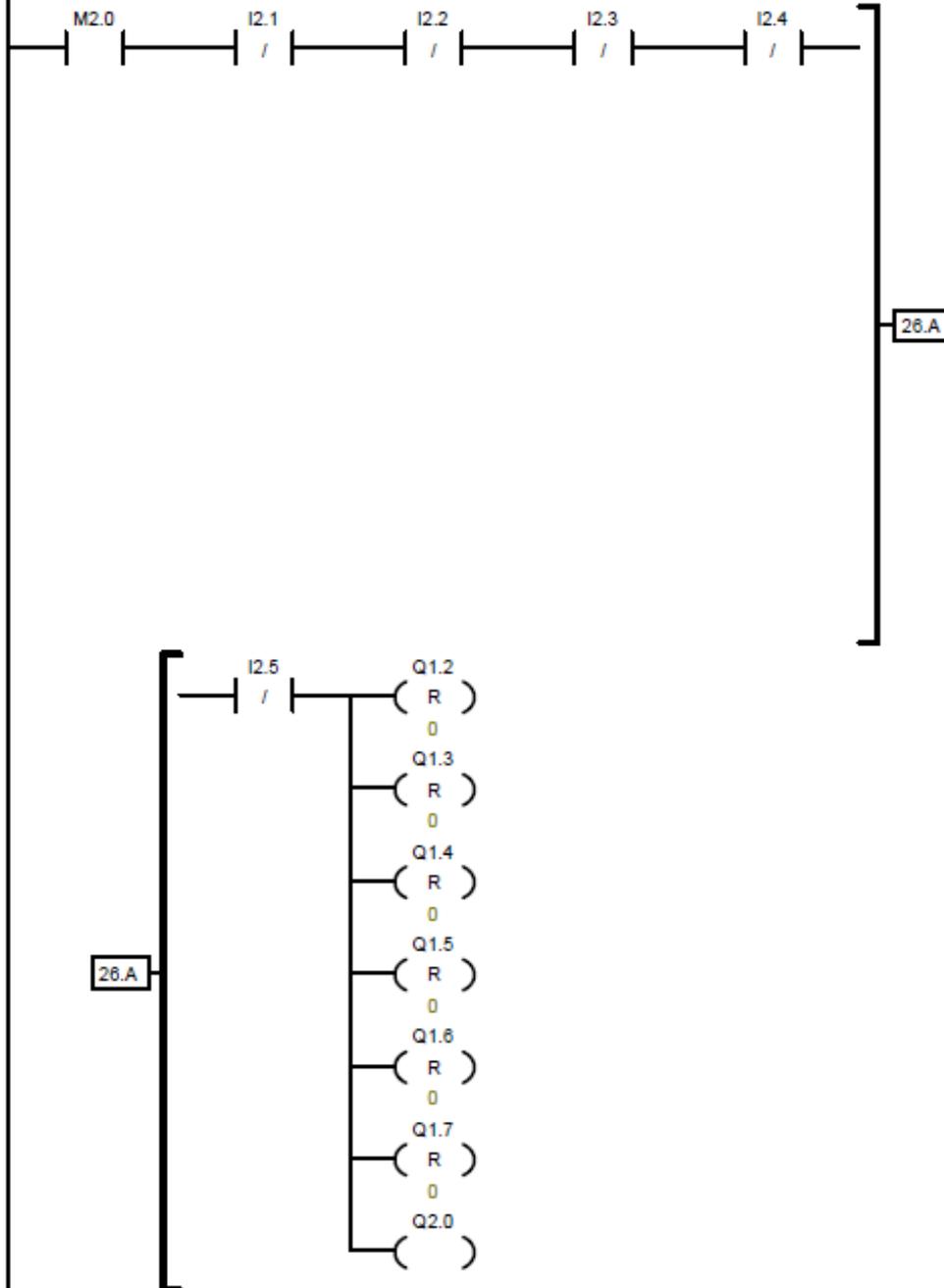


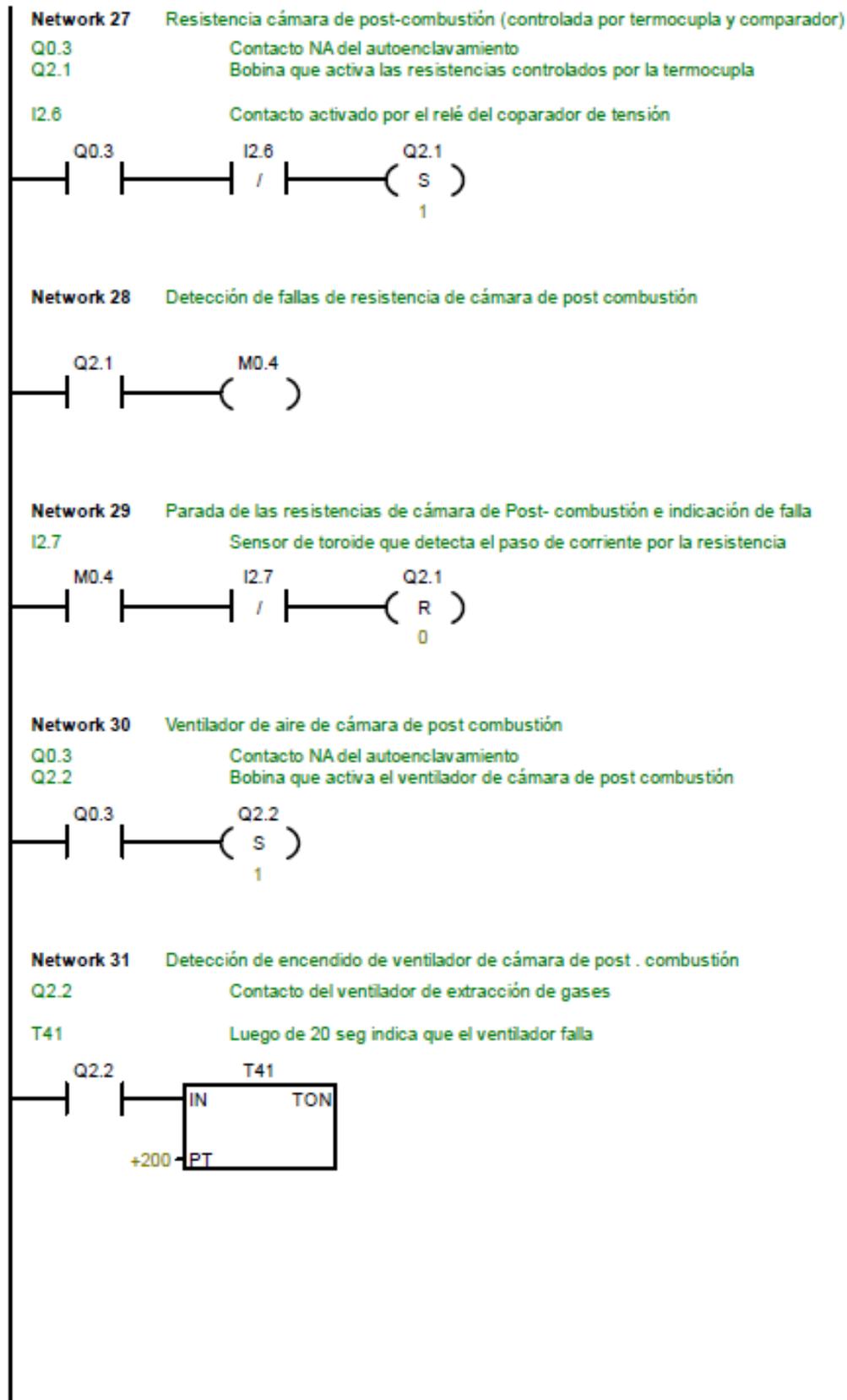
**Network 26** Parada de las resistencias e indicación de falla

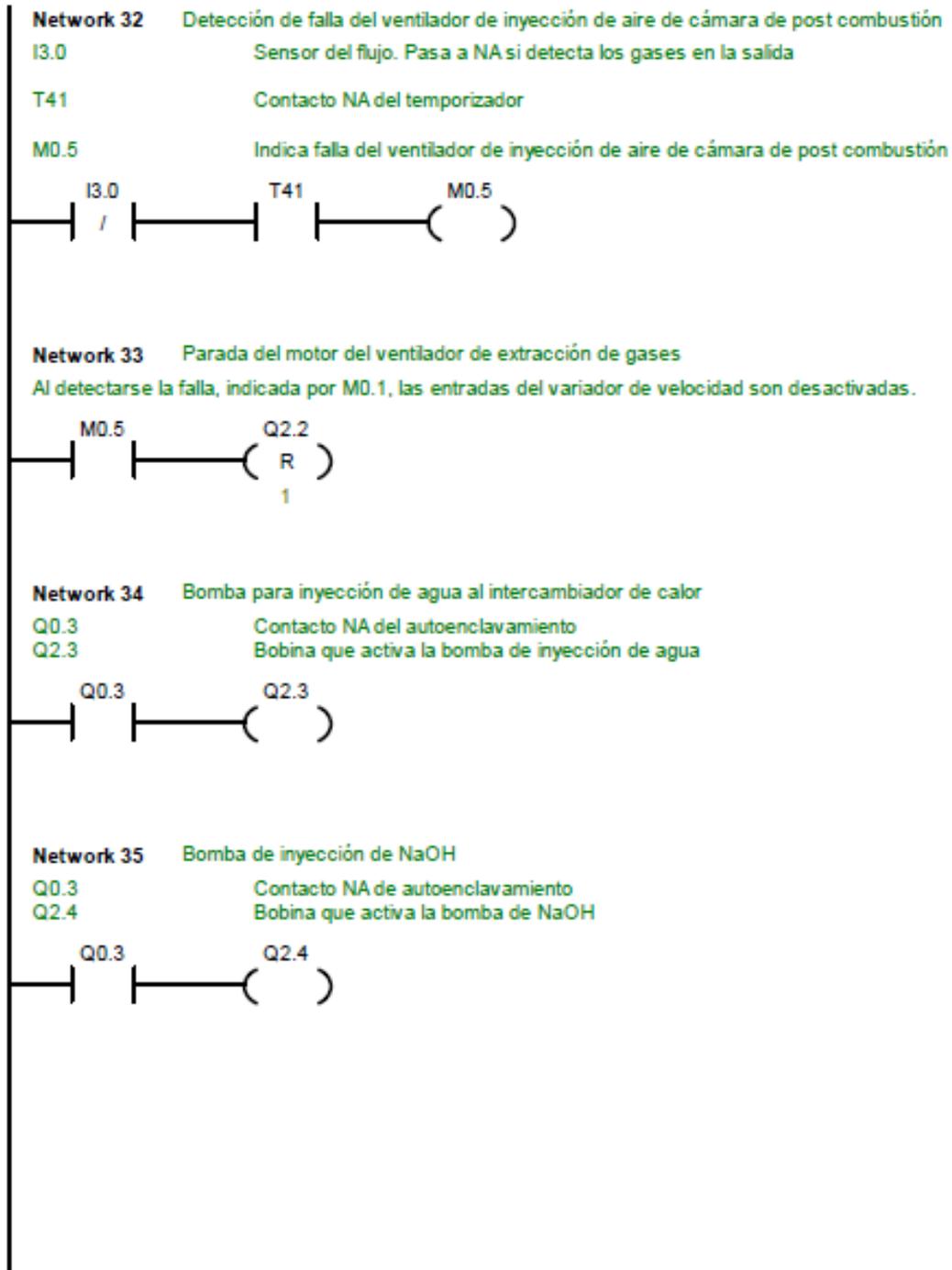
Q Desactiva el circuito de la resistencia  
Q2.0 Activación de luz y alarma de indicación de falla de alguna de las resistencias

I Contacto NC del toroide que detecta el paso de corriente

Si los sensores por toroides no detectan el paso de corriente por las resistencias, el contacto NC pasa a NA y las resistencias se desactivan







## Variador de velocidad

Para el control de velocidad del ventilador de extracción de gases seleccionaremos un variador de velocidad SIEMMENS de la serie MICROMASTER 420. Los datos técnicos son:



Tensión de red 3 AC 380 V a 480 V							
0,37	0,50	1,1	1,2	A	6SE6420-2UD13-7AA0	-	
0,55	0,75	1,4	1,6	A	6SE6420-2UD15-5AA0	-	
0,75	1,0	1,9	2,1	A	6SE6420-2UD17-5AA0	-	
1,1	1,5	2,8	3,0	A	6SE6420-2UD21-1AA0	-	
1,5	2,0	3,9	4,0	A	6SE6420-2UD21-5AA0	-	
2,2	3,0	5,0	5,9	B	6SE6420-2UD22-2BA0	6SE6420-2AD22-2BA0	
3,0	4,0	6,7	7,7	B	6SE6420-2UD23-0BA0	6SE6420-2AD23-0BA0	
4,0	5,0	8,5	10,2	B	6SE6420-2UD24-0BA0	6SE6420-2AD24-0BA0	
5,5	7,5	11,6	13,2	C	6SE6420-2UD25-5CA0	6SE6420-2AD25-5CA0	
7,5	10,0	15,4	17,0	C	6SE6420-2UD27-5CA0	6SE6420-2AD27-5CA0	
11	15,0	22,5	26,0	C	6SE6420-2UD31-1CA0	6SE6420-2AD31-1CA0	

El código de pedido es:

**6SE6420 – 2AD31 - CAO**

## Variación de velocidad de ventilador de cámara de combustión.

El ventilador de extracción de gases, funciona a dos velocidades. Es decir, en un intervalo de tiempo, trabajará a mitad de revoluciones y luego, cuando sea necesario, trabajará al máximo número de vueltas.

Este cambio de velocidades estará controlado por el PLC.

Finalizado un intervalo de tiempo, manejado por temporizador del mismo, se dará una señal al variador de velocidad y este modificará el número de vueltas de giro del motor del ventilador, pasando de máximo número de vueltas a mitad de revoluciones y viceversa, cuando los temporizadores los requieran.

La variación de velocidad se realiza cuando los temporizadores finalizan su conteo. Así, se activan los contactos del variador.

En el inicio del proceso, el ventilador girará a máximas revoluciones. Luego de 30 segundos, un temporizador TOF, desactivará un contacto y así el ventilador comenzará a girar a mitad de revoluciones.

Luego de 2 horas, un temporizador TON finaliza su conteo y activa nuevamente al contacto antes desactivado y el ventilador volverá a girar a las revoluciones del inicio.



### 3) CONTROL DE TEMPERATURA. TERMOCUPLAS Y COMPARADOR DE TENSIÓN.

Para el control de temperatura se utilizarán termocuplas que medirán el valor de temperatura en el horno.

El horno posee cinco pares de resistencias en paredes laterales y en la del fondo. De las cuales, dos pares en cada pared siempre estarán encendidas. Las demás serán activadas y desactivadas por su respectiva termocupla según el valor de temperatura.

Se dispondrá de tres termocuplas por cada pared, las cuales controlarán un par de resistencias. Es decir, que se tendrán un total de 6 termocuplas.

#### Termocuplas

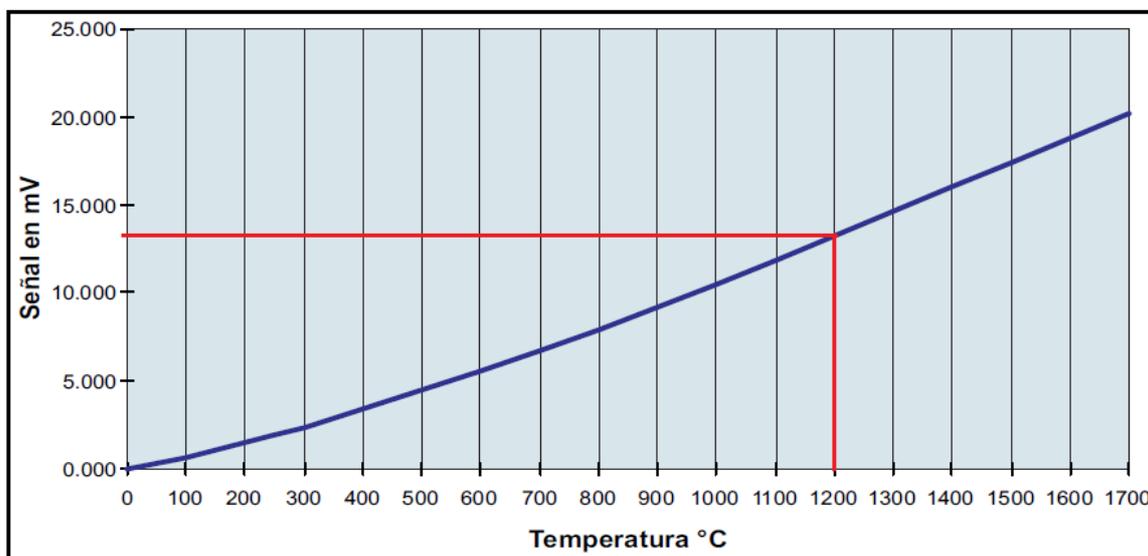
Las termocuplas a utilizar para el control de temperatura del horno son del TIPO S. Estas son construidas por una aleación de 90% de Platino y 10% de Rhodio.

Estas poseen un rango de temperatura de 0°C a 1600° C.

#### Termocupla tipo S (PtRh-Pt)

Clase	Rango de operación	Tolerancia $\square \pm$
Clase 1	0 ... +1600 $\square$ C	1 $\square$ C o $[1+(t-1100).0.003]$ $\square$ C
Clase 2	0 ... +1600 $\square$ C	1.5 $\square$ C o 0.0025.t
Clase 3	-	-

La curva y valor de señal en mV para la temperatura de 1.200°C son:



La termocupla transforma el valor detectado de temperatura en una señal de tensión en mV. Para 1200°C, la termocupla tipo S dará como resultado un valor de 14,5 mV.

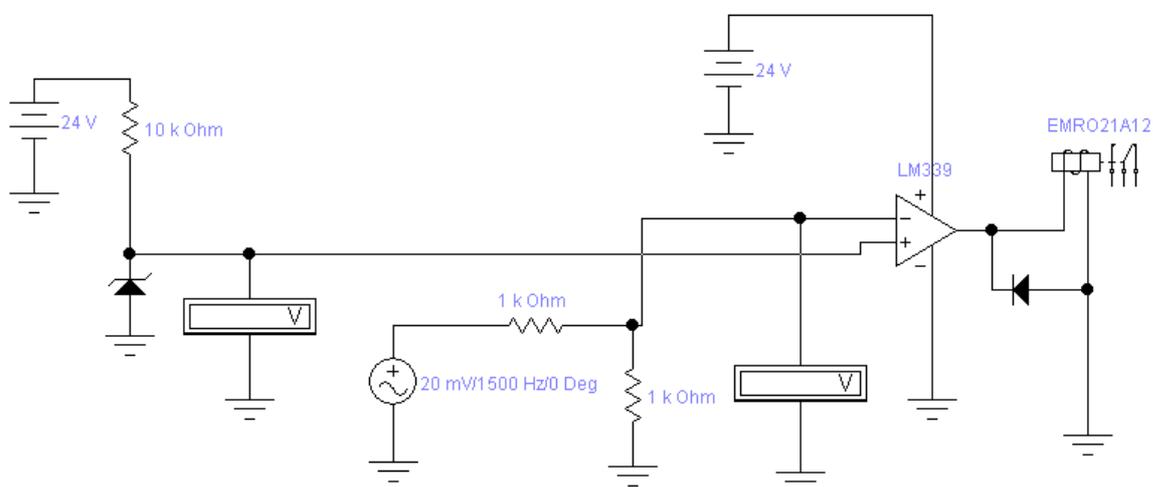
Para completar el circuito que controlará las resistencias, se contará con un comparador de tensión.

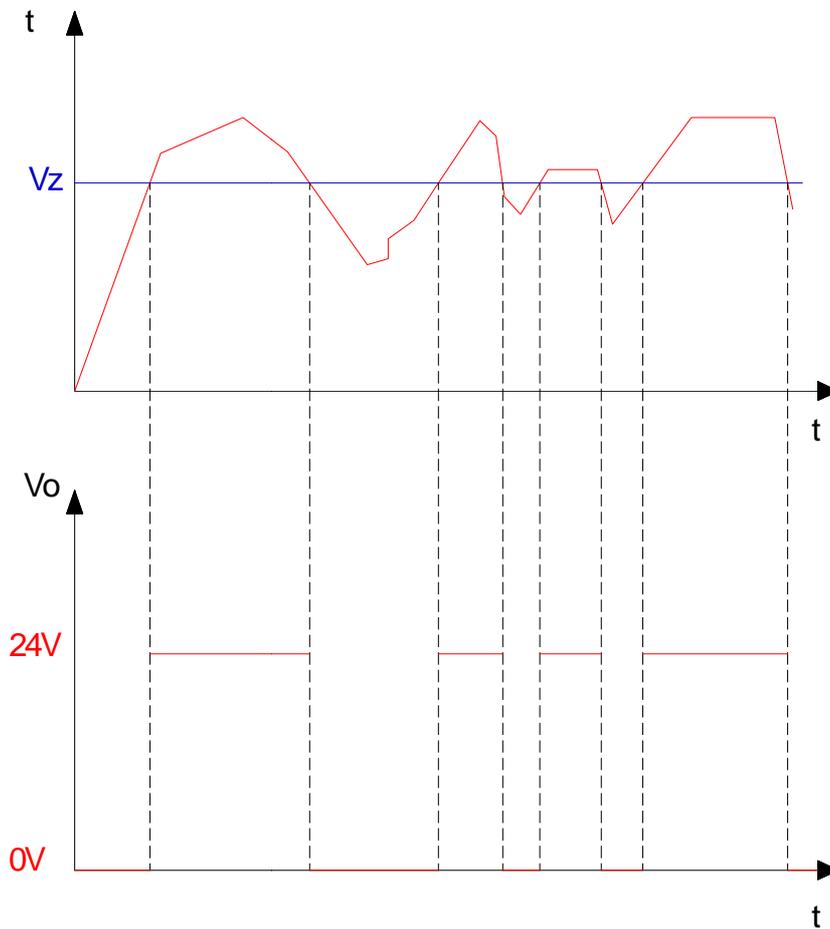
Utilizaremos un circuito detector de nivel. La función de este circuito es detectar cuando una variable física, en nuestro caso valor de tensión entregada por la termocupla, es inferior o superior a un valor de referencia. La salida es binaria y es adecuada para controlar un relé.

En este, la tensión de entrada (tensión entregada por la termocupla) es comparada con una tensión de referencia dada por un diodo zener. Si la tensión de entrada es mayor a la de referencia, en la salida del comparador se tendrán 0V, por lo tanto la bobina del relé se desenergizará y abrirá el contacto de este. Así, el circuito que controla la resistencia saldrá de funcionamiento.

Cuando la temperatura caiga por debajo del valor indicado, la tensión de entrada será menor a la de referencia, por lo tanto en la salida se tendrá un valor de Vcc utilizado para alimentar el circuito. Por lo tanto, la bobina del relé se energizará y cerrará los contactos poniendo en funcionamiento nuevamente a las resistencias.

EL circuito está basado por un amplificador operacional LM339.







# ***7- EVALUACIÓN DE PROYECTO***



**CÁMARA FRIGORÍFICA**

<b>Camara Frigorifica</b>			
Material	costo materiales por unidad	cantidad	costo total
Paneles	\$ 300,00	48	\$ 14.400,00
equipos de aire frio	\$ 3,00	100000	\$ 300.000,00
accesorios instalación	\$ 100,00	20	\$ 2.000,00
puertas	\$ 4,00	1000	\$ 4.000,00
burlonería	\$ 1.000,00	1	\$ 1.000,00
caños Schedule	\$ 30,00	140	\$ 4.200,00
insumo varios	\$ 200,00	5	\$ 1.000,00
<b>Total</b>			<b>\$ 326.600,00</b>

<b>Costos instalación cámara</b>	
Detalle	Costo mano de obra
instalación cámara	\$ 10.000,00
instal. de equipos de frío	\$ 5.000,00
estructura	\$ 2.000,00
<b>Total</b>	<b>\$ 17.000,00</b>

<b>COSTO TOTAL CAMARA</b>	<b>\$ 343.600,00</b>
---------------------------	----------------------



**HORNO ELÉCTRICO**

HORNO			
Material	costo materiales unit	cantidad	costo total
Pared fondo refractario 1000x1200x12.7mm	\$ 300,00	9	\$ 2.700,00
pared lateral refractario 1000x1200x12.7mm	\$ 300,00	18	\$ 5.400,00
techo refractario 1000x1200x12.7mm	\$ 300,00	8	\$ 2.400,00
Pared ladrillo trasera 3554x3104mm	\$ 1,65	2000	\$ 3.300,00
columnas de cemento	\$ 200,00	4	\$ 800,00
pared de ladrillo lateral de 3554x2977mm	\$ 1,65	2000	\$ 3.300,00
losa	\$ 2.000,00	1	\$ 2.000,00
pared de chapa lateral 6000x1500x12.7mm	\$ 160,00	1	\$ 160,00
pared de chapa de fondo 6000x1500x12.7mm	\$ 160,00	1	\$ 160,00
techo chapa 6000x1500x12.7mm	\$ 160,00	1	\$ 160,00
bridas salidas de gases	\$ 150,00	1	\$ 150,00
piso refractario 1000x1200x12.7mm	\$ 300,00	8	\$ 2.400,00
puerta de chapa 6000x1500x12.7mm	\$ 160,00	1	\$ 160,00
puerta refractaria 1000x1200x12.7mm	\$ 300,00	9	\$ 2.700,00
perfil L 125x125x12mm	\$ 50,00	2	\$ 100,00
perfil UPN200x3000mm	\$ 70,00	2	\$ 140,00
perfil UPN300x3000mm	\$ 78,00	1	\$ 78,00
Tornillo p/chapa 9.5x50mm	\$ 1,50	30	\$ 45,00
buje y porta buje	\$ 20,00	3	\$ 60,00
arandela de presión A10 (porta buje)	\$ 1,50	12	\$ 18,00
perno de cabeza hexagonal M10x25mm (porta buje)	\$ 1,25	6	\$ 7,50
tuerca hexagonal M10 (porta buje)	\$ 1,25	6	\$ 7,50
tubería Φ300x6000mm	\$ 150,00	2	\$ 300,00
tubería Φ200x6000mm	\$ 120,00	5	\$ 600,00
tubería Φ100x6000mm	\$ 100,00	3	\$ 300,00
brida ciega Φ300mm	\$ 150,00	4	\$ 600,00
brida ciega Φ200mm	\$ 175,00	12	\$ 2.100,00
brida Φ200mm	\$ 150,00	48	\$ 7.200,00
brida Φ100mm	\$ 120,00	192	\$ 23.040,00
brida Φ300mm	\$ 145,00	12	\$ 1.740,00
Redondo Φ63.5x3544mm (eje)	\$ 230,00	1	\$ 230,00
chaveta rueda 18x11x61mm	\$ 8,00	2	\$ 16,00
Redondo Φ340mm (rueda)	\$ 1.150,00	2	\$ 2.300,00
fundación	\$ 1.000,00	1	\$ 1.000,00
riel burbach 45x3200mm	\$ 230,00	2	\$ 460,00
resistencia nicromo 80/20	\$ 100,00	30	\$ 3.000,00

ventilador centrifugo sodeca de 9.2KW	\$ 4.500,00	1	\$ 4.500,00
ventilador centrifugo sodeca de 5.5KW	\$ 3.200,00	1	\$ 3.200,00
motor trifásico WEG W-21 IEC 100L	\$ 1.299,00	1	\$ 1.299,00
Reductor LENTAX TP 160 I=50	\$ 1.600,00	1	\$ 1.600,00
Cadena doble 1/2"x2000mm	\$ 550,00	1	\$ 550,00
Cadena doble 1/2"x6000mm	\$ 1.243,00	1	\$ 1.243,00
Acoplamiento GUMMI A80-CN/CN-ES	\$ 120,00	1	\$ 120,00
PLC siemens	\$ 4.959,00	1	\$ 4.959,00
Módulo PLC siemens	\$ 700,00	3	\$ 2.100,00
Contactores	\$ 124,00	20	\$ 2.480,00
circuito comparador de tensión	\$ 180,00	9	\$ 1.620,00
Termocuplas tipo s	\$ 150,00	11	\$ 1.650,00
Sensores de corriente a toroide	\$ 148,00	12	\$ 1.776,00
Sensor de flujo de aire	\$ 385,00	2	\$ 770,00
sensor de flujo de gases	\$ 385,00	1	\$ 385,00
variador de velocidad siemens micromaster 420	\$ 3.350,00	1	\$ 3.350,00
final de carrera	\$ 100,00	2	\$ 200,00
pulsador de marcha	\$ 20,00	3	\$ 60,00
pulsador de parada	\$ 20,00	2	\$ 40,00
tablero de comando	\$ 1.080,00	1	\$ 1.080,00

<b>TOTAL</b>	\$ 102.114,00
--------------	---------------

<b>Costo instalación</b>	
Detalle	Costo mano de obra
Instalación horno	\$ 25.000,00
Instal. De equipos	\$ 5.000,00
<b>TOTAL</b>	\$ 30.000,00

<b>COSTO TOTAL DEL HORNO</b>	\$ 132.114,00
------------------------------	---------------



**SISTEMA DE TRATAMIENTO DE GASES**

<b>CHIMENEA DE EMERGENCIA</b>			
MATERIAL	COSTO MATERIAL UNITARIO	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
Ladrillos refractario 229x114x63mm	\$ 11,00	5656	\$ 62.216,00
Arena refractaria m3	\$ 265,00	25	\$ 6.625,00
Cemento refractario	\$ 82,00	50	\$ 4.100,00
Chapa galvanizada lisa 6000x1500x6.35mm	\$ 135,00	14	\$ 1.890,00
Tornillo cabeza hexagonal inoxidable 1"x2.5"	\$ 1,15	195	\$ 224,25
Tuerca hexagonal inoxidable 1"	\$ 1,00	195	\$ 195,00
Arandela lisa inoxidable 1"	\$ 0,80	390	\$ 312,00
Tornillo cabeza hexagonal inoxidable 3"x3.5"	\$ 5,55	10	\$ 55,50
Arandela lisa inoxidable 3"	\$ 3,25	10	\$ 32,50
Fibra cerámica moldeable x 20lt	\$ 240,00	300	\$ 72.000,00
Caño cuadrado inoxidable 50x4x6000mm	\$ 178,00	7	\$ 1.246,00
Planchuela inoxidable 1 1/2"x1/4"x6000mm	\$ 279,99	6	\$ 1.679,94
Chapa antideslizante inoxidable 1500x3000x5mm	\$ 490,00	2	\$ 980,00
Caño inoxidable $\Phi$ 2"x6000mm	\$ 130,00	7	\$ 910,00
Caño galvanizado $\Phi$ 300x3000mm	\$ 340,00	1	\$ 340,00
Brida de cara plana soldable M300 galvanizada	\$ 522,00	2	\$ 1.044,00
		<b>TOTAL</b>	\$ 153.850,19

<b>Chimenea de salida</b>			
Chimenea salida	Costo unit	cantidad	Costo total
ladrillos refractarios	\$ 2,00	15000	\$ 15.002,00
cemento ref	\$ 40,00	60	\$ 100,00
arena ref	\$ 35,00	2	\$ 37,00
material aislante por 20lt	\$ 60,00	100	\$ 160,00
chapas ac gal.	\$ 450,00	18	\$ 468,00
buloneria	\$ 2.000,00	1	\$ 2.001,00
bridas	\$ 300,00	2	\$ 302,00
		<b>Total</b>	\$ 18.070,00



<b>CÁMARA POST-COMBUSTIÓN</b>			
<b>MATERIAL</b>	<b>COSTO MATERIAL UNITARIO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
Ladrillo refractario 229x114x63mm	\$ 11,00	1183	\$ 13.013,00
Arena refractaria m3	\$ 265,00	5	\$ 1.325,00
Cemento refractario x 50kg	\$ 82,00	10	\$ 820,00
Fibra cerámica moldeable x 20lt	\$ 240,00	200	\$ 48.000,00
Chapa galvanizada lisa 1500x6000x5mm	\$ 128,00	3	\$ 384,00
Resistencia nicromo 80/20 Ø5.4x45000mm	\$ 146,25	4	\$ 585,00
Ventilador SODECA modelo TSAT CJTSA 12/6-0.75	\$ 3.660,00	1	\$ 3.660,00
Schedule 40 acero inoxidable Ø3 1/2"x3000mm	\$ 235,00	3	\$ 705,00
Codo a 90° acero inoxidable soldable 3 1/2"	\$ 72,00	2	\$ 144,00
Reducción concéntrica acero inoxidable soldable 3 1/2" a 2 1/2"	\$ 67,00	1	\$ 67,00
Schedule 40 acero inoxidable Ø2 1/2"x3000mm	\$ 206,25	1	\$ 206,25
Cruz acero inoxidable soldable 2 1/2"	\$ 86,00	1	\$ 86,00
Codo a 90° acero inoxidable soldable 2 1/2"	\$ 59,00	2	\$ 118,00
T acero inoxidable soldable 2 1/2"	\$ 60,00	8	\$ 480,00
Reducción concéntrica acero inoxidable soldable 2 1/2" a 1"	\$ 61,50	11	\$ 676,50
Schedule 40 acero inoxidable Ø1"x3000mm	\$ 173,20	2	\$ 346,40
Caño galvanizado Ø300x3000mm	\$ 340,00	1	\$ 340,00
Brida de cara plana soldable M300 galvanizada	\$ 522,00	2	\$ 1.044,00
Tornillo cabeza hexagonal inoxidable 1"x1.5"	\$ 20,23	40	\$ 809,20
Tuerca hexagonal inoxidable 1"	\$ 20,23	40	\$ 809,20
Arandela lisa inoxidable 1"	\$ 16,40	80	\$ 1.312,00
		<b>TOTAL</b>	\$ 74.930,55



MANO DE OBRA			
ITEM	h	PUNIT.	TOTAL
Cálculo y Diseño profesional (Incluye realización de planos, puesta en marcha)	240	\$ 55,00	\$ 13.200,00
Mecanizado general 30 días de 8h cada uno.... Total: 240hs	240	\$ 50,00	\$ 12.000,00
Armado y puesta en marcha	48	\$ 50,00	\$ 2.400,00
<b>SUBTOTAL MANO DE OBRA</b>			<b>\$ 27.600,00</b>
<b>COSTO TOTAL DE LA PLANTA</b>			<b>\$ 1.259.337,69</b>

**Costo de tratamiento y transporte Hospital Teodoro J Shestakow**

costo mensual trat. y transp. \$	Cant kg
50000	2000

costo \$ trat. y transp. por kg de res	
	25

**Gasto personal**

Personal p/ ejecución planta	salario men.
operario horno	5000
operario cámara clark	4000
operario recepción	4000
<b>Total</b>	<b>13000</b>

**Gasto electricidad y otros.**

Elemento	con*día	con*mes	Costo kw/h	costo men.
Camara frigorifica	840	25200	0,26	6552
Horno	12352	370560	0,26	96345,6
luminotecnia	30	900	0,26	234
<b>Total</b>				<b>103131,6</b>

Gastos varios	500
---------------	-----

Gastos totales	116631,6 egresos
----------------	------------------

VAN	520868,4
-----	----------

Amortización proyecto(meses)	2,417765581
------------------------------	-------------

**Recaudación**

costo \$ trat	kg mensual	Recaudación proyecto
25	25500	637500 ingresos





# ***ANEXOS***



## ANEXO 1

### GENERACIÓN DE RESIDUOS PATOLÓGICOS. INFORME DE ING. LAURA

#### NAJAR.

Nuestra sociedad no está ajena a los problemas de "CONTAMINACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE". Podemos definir conceptualmente a éste como el entorno vital y conjunto de factores físico-naturales, estéticos, culturales, sociales y económicos que interactúan con el individuo y la comunidad en que vive.

Los cambios en el medio ambiente afectan a los seres vivos, y si llegan a ser muy importantes y prolongados, puede llevar a la aparición de una nueva especie, formada por organismos, íntimamente relacionados con el medio ambiente o al exterminio de otras especies.

Dentro de la gran variedad de temas que engloba la contaminación ambiental, se encuentra uno que cada día tiene más importancia a nivel mundial, como es el de los RESIDUOS URBANOS; una gran masa producida por una diversidad de generadores, entre los cuales se encuentran: casa de familias, comercios, industrias, etc.

Esta gran masa de residuos, aumenta en función al crecimiento demográfico urbano, producido por las limitaciones y la falta en las áreas rurales. La ciudad por más grande que sea, depende de un ambiente más grande que ella para obtener sus recursos básicos y eliminar sus desechos.

La actividad que va mas allá de las funciones biológicas del hombre, ocasiona efectos sobre el ambiente. Los niveles que alcanzan estas actividades hacen imperioso el análisis de los efectos producidos, los cuales dan origen al IMPACTO AMBIENTAL

---

Este impacto, es la alteración del ambiente, que afecta positiva o negativamente la calidad de vida y el desarrollo económico - social.

Una de las causas del Impacto Ambiental, se origina a partir de los generadores, que producen desechos urbanos, que en pequeñas cantidades, no representan un peligro significativo, sin embargo al aumentar, formando parte de una masa residual considerable, pueden tornarse nocivos.

A grandes rasgos, y con criterio según el tipo de tratamiento y el origen de los residuos, se los clasifica en, domiciliarios, patógenos e industriales, y según su estado físico en: sólidos, líquidos y gaseosos.

Dentro de lo que hace a la problemática ambiental, trataremos la generación y eliminación de los residuos patológicos, ya que es uno de los temas menos estudiado y su importancia radica en que la contaminación se realiza en las zonas totalmente urbanizadas, sin ningún control, clasificación, precaución y esterilización.

La información relativa a este tema, es muy difícil de obtener, debido a que no hay ningún organismo encargado específicamente del mismo.

### **Objetivos**

Realizar un estudio y proponer una solución a la problemática relativa a la sanidad urbana, calidad de vida y mejora del medio ambiente, y para que sirva de base a futuras organizaciones.

Proponer un sistema único de recolección y tratamiento de los desechos patológicos.

Los objetivos fueron elegidos, en base a la falta de un sistema potencialmente efectivo tanto para la recolección como para el tratamiento, como así también teniendo en cuenta el alto grado de peligrosidad de este tipo de residuos.

El tratamiento actual tiene fallas, fundamentalmente en sus sistemas, tanto en el tema legal como social; aunque es obvio que existe una interrelación entre ambos aspectos. El



---

sistema actual no cumple con las reglamentaciones mínimas que se han fundamentado para preservar una digna sanidad de la comunidad.

La importancia social radica, en que los desechos patológicos se juntan con los desechos comunes, contaminando a estos últimos.

La gran cantidad de enfermedades generadas y transmitidas por dichos residuos puede en un futuro acarrear epidemias, originadas por actividades de cirujeo, mosquitos, roedores, perros, etc.

El círculo comienza con el deterioro del suelo debido a la falta de un tratamiento de los residuos, siguiendo con la contaminación de las napas subterráneas, de las cuales un sector de la población se surten de las aguas subterráneas para cultivos y hasta su propio consumo. Además la quema de dichos residuos, con métodos inapropiados provocan serias consecuencias sobre el aire; los gases despedidos pueden tener, en algunos casos, componentes nocivos para la salud de la población.

Finalmente, los habitantes de zonas cercanas a los basurales, son los que sufren las mayores consecuencias, debido a las diferentes maneras en que se transmiten las infecciones, ya sea por contacto a través de los transmisores más comunes como son: moscas, mosquitos, vinchuca, ratas, perros ó gatos que viven en zonas cercanas.

Estas enfermedades transmitidas ya sea por animales ó insectos se denominan "ZONOSIS" y se dividen en: parasitosis internas y ectoparasitosis.

Generalmente los más afectados son los menores, que aunque no vayan a terrenos infectados, tienen contacto directo con los animales que se alimentan en los basurales que rodean dicho zona.

Otras de las variables a tener en cuenta, es la contaminación de los cultivos por medio del riego por perforaciones subterráneas, aunque esta posibilidad en nuestra zona está descartada, debido a la profundidad que se encuentran las napas freáticas.

---

**Análisis de la Situación Actual**

## 1) Relevamiento de generadores de residuos patológicos en San Rafael.

Se visitaron los principales generadores, entre los cuales figuran:

Hospitales, Clínicas, Sanatorios, además los Consultorios Odontológicos, Veterinarias, Laboratorios de Análisis Clínicos, Enfermerías y Hogares de Ancianos registrados en la Municipalidad de San Rafael.

En las encuestas se obtuvieron datos relativos a cantidad, tipo, recipientes de depósito, forma en que se despachan, horarios y tratamiento de los residuos, como así también, información del sistema actual de recolección.

Debido a la poca colaboración de la gente y a la complejidad del tema, respecto a la obtención de datos precisos, las encuestas no pueden utilizarse para generar datos estadísticos, pero sin embargo, nos da una idea general sobre el tipo y la cantidad de desechos que se producen en San Rafael. A causa de la gran cantidad de variables actuales como por ejemplo: las épocas del año, el clima, la situación económica, el crecimiento demográfico, etc.; la información obtenida no tiene la precisión necesaria para poder hacer un estudio más profundo de este tema.

Como se mencionó anteriormente, la información obtenida es tratada con mucho cuidado, debido a que los generadores de dichos residuos, no llevan un control adecuado y no se han planteado seriamente el problema que nos afecta a todos.

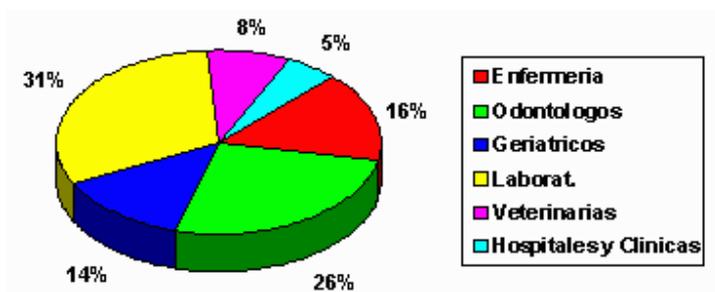
Mediante esta investigación, se aportan datos que pueden mejorar el actual sistema.

**Residuos Biopatológicos Generados en San Rafael**

Cantidad total de	TOTAL	VISITADOS
Generadores	96	62
Consultorios y Clínicas Odontológicas	25	23
Geriátricos, hogares de Ancianos	13	7

Laboratorios de Análisis Clínicos	30	16
Enfermerías	15	7
Veterinarias	8	4
Hospital Teodoro J. Shestacow	1	1
Hospital Español	1	1
Clínica San Roque	1	1
Policlínica Privada	1	1
Sanatorio Central	1	1

### Comparación Gráfica de Generadores

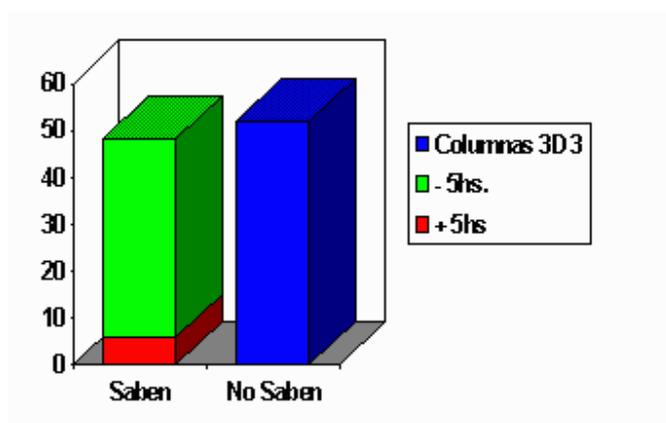
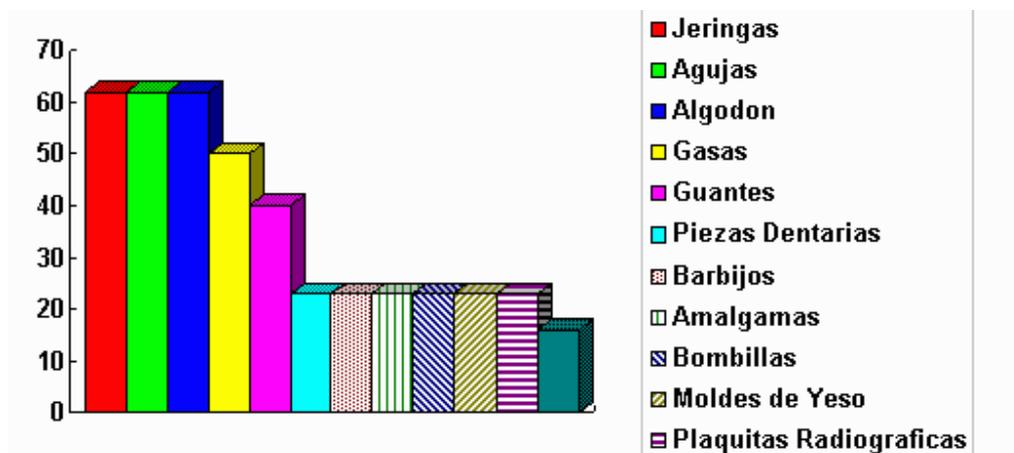


### Representación Gráfica de la cantidad de generadores en función al tipo de residuos

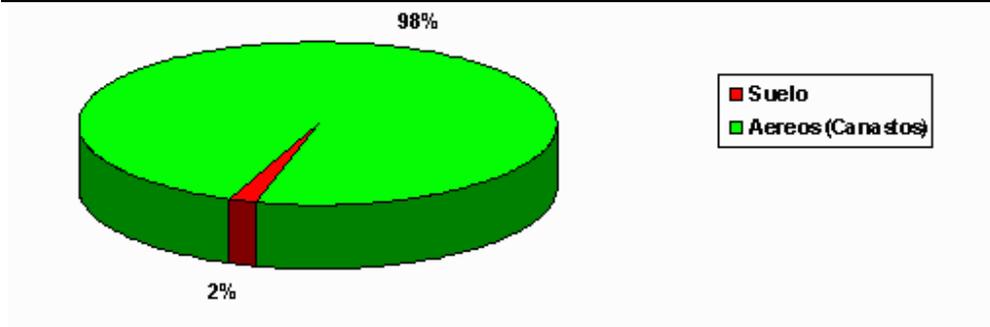
TIPOS DE RESIDUOS	Nº DE ESTABLECIMIENTOS QUE LO GENERAN	CANTIDAD MENSUAL GENERADA
Agujas inyectables	62	7820
Jeringas Descartables	62	7700
Algodón	62	820 bolsas de 100 gr.
Gasas	50	130 unidades de 100 gr.
Guantes Descartables	40	4000
Piezas Dentarias	23	1000
Barbijos Descartables	23	700
Amalgamas Dentales	23	-----

Bombillas	23	-----
Plaquetas Radiográficas	23	-----
Pañales Descartables	12	5000
Moldes de Yeso	23	-----

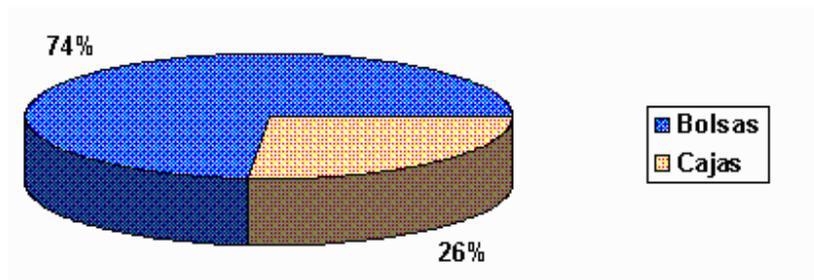
Representación Gráfica de la cantidad de generadores en función al tipo de residuos



Las encuestas determinan que el porcentaje de los generadores que depositan sus desechos en recipientes aéreos (canastos), o en el suelo, es el siguiente.



El porcentaje de la forma en que los generadores despachan sus residuos, ya sea en bolsas o en cajas (con bolsas en su interior), es el siguiente.



Las encuestas nos proporcionan los siguientes datos, de acuerdo al tiempo que permanecen los desechos en la calle desde la hora en que el generador los saca hasta que pasa el recolector de basura:

El 52 % de los encuestados no sabe el horario de recolección, mientras que del 48% restante, un 12% asegura que sus desechos permanecen mas de 5 horas en la calle y un 88% deposita sus residuos de manera que pasen menos de 5 horas al aire libre.



---

## ANEXO 2

### NORMATIVA VIGENTE.

La municipalidad de San Rafael no cuenta con ninguna ley ni normativa para este tipo de situación. Por lo tanto, para proponer un diseño de una planta de tratamiento para residuos patológicos que se adecue a las normas, se seguirá las imposiciones impuestas por la LEY DE RESIDUOS PATOGENICOS N° 11.347 de la Ciudad de Buenos Aires.

### LEY DE RESIDUOS PATOGENICOS N° 11.347

DECRETO REGLAMENTARIO N° 450/94 - modificado por DECRETO 403/97

Tratamiento, manipuleo, transporte y disposición final de residuos patogénicos.

El Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires, sancionan con fuerza de:

### LEY

**Artículo 1º:** El tratamiento, manipuleo, transporte y disposición final de residuos patogénicos, será regido exclusivamente por la presente ley y las reglamentaciones que en su consecuencia se dicten.

**Artículo 2º:** A los efectos de la presente ley, deberá entenderse por:  
Residuos patogénicos: Todos aquellos desechos o elementos materiales en estado sólido, Semisólido, líquido o gaseoso, que presentan características de toxicidad y/o actividad biológica que puedan afectar directa o indirectamente a los seres vivos, y causar contaminación del suelo, del agua o la atmósfera; que sean generados con motivo de la atención de pacientes (diagnóstico, tratamiento, inmunización o provisión de servicios o seres humanos o animales), así como también en la investigación y/o producción comercial de elementos biológicos.

---

**Artículo 3º:** El Poder Ejecutivo Provincial fijará oportunamente el órgano de Aplicación de la presente ley.

**Artículo 4º:** El Órgano de Aplicación, establecerá a los efectos de esta ley, Regiones Sanitarias y Centros de despacho, transferencia y/o disposición final de los residuos.

**Artículo 5º:** El órgano de Aplicación coordinará la actividad de los Organismos Públicos y/o Privados que generen residuos patogénicos, pudiendo conceder o concesionar su tratamiento, transporte y/o disposición a Entidades Privadas.

**Artículo 6º:** El Órgano de Aplicación designará la Entidad u Organismo que tendrá a su cargo el Registro y clasificación de los residuos a efectos de esta Ley, con el fin de posibilitar un mejor contralor y cumplimiento de la misma.

**Artículo 7º:** Autorízase al órgano de Aplicación a celebrar Convenios con organismos Nacionales, Provinciales y Municipales, en el marco de los dispuesto en esta Ley.

**Artículo 8º:** Serán pasibles de las penas que imponga el Código de Faltas, sin perjuicio de otras accesorias que establezca la Reglamentación, los Organismos o Entidades que transgreden disposiciones de la presente ley. (Vetado por Decreto nº 3232/92).

**Artículo 9º:** El Poder Ejecutivo reglamentará esta ley dentro de los sesenta (60) días de promulgación.

**Artículo 10º:** Derógase toda otra normativa que se oponga a la presente ley.

**Artículo 11º:** Comuníquese al Poder Ejecutivo. Dada en la Sala de Sesiones de la Honorable Legislatura de la Provincia de Buenos Aires, en la ciudad de La Plata, a los veintidós días del mes de octubre de mil novecientos noventa y dos.

Registrada bajo el número once mil trescientos cuarenta y siete (11.347).



---

Decreto de Promulgación nº 3232/92

La Plata, 3 de marzo de 1994.

VISTO el Expediente Nº 2.100-26.906/92 y dado que por el Artículo 9º de la Ley 11.347, se faculta al Ministerio de Salud y Acción Social a elaborar la reglamentación de la citada Ley, y  
CONSIDERANDO:

Que resulta necesario establecer una reglamentación que instituya un sistema de generación, manipuleo, transporte, tratamiento y disposición ambientalmente adecuada y sustentable de los residuos patogénicos, dada la gran peligrosidad que los mismos representan en la actualidad para la población, que a fojas 105 y vuelta, se ha expedido la Asesoría General de Gobierno con dictamen favorable.

POR ELLO, EL GOBERNADOR DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES DECRETA:

**Artículo 1º:** Apruébase la siguiente reglamentación de la Ley Nº 11.347.

## **CAPITULO I**

### **DISPOSICIONES GENERALES**

**ARTICULO 1º:** OBJETO DE LA REGLAMENTACIÓN: El objeto de la presente reglamentación es asegurar la generación, manipuleo, transporte, tratamiento y disposición final ambientalmente sustentable de los residuos patogénicos, a fin de evitar perjuicios a la salud de los habitantes de la Provincia y promover la preservación del ambiente. Prohíbese en todo el territorio provincial la disposición de residuos patogénicos sin previo tratamiento que garantice la preservación ambiental y en especial la salud de la población.

### **ARTICULO 2º:**

**RESIDUOS PATOGENICOS TIPO A:** Son aquellos residuos generados en un establecimiento asistencial, provenientes de tareas de administración o limpieza general de los mismos, depósitos, talleres, de la preparación de alimentos, embalajes y cenizas. Estos



---

residuos podrán recibir el tratamiento similar a los de origen domiciliario, a excepción de lo que se prevé en el presente régimen en razón de poseer los mismos, bajo o nulo nivel de toxicidad.

**RESIDUOS PATOGENICOS TIPO B:** Son aquellos desechos o elementos materiales en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso, que presentan características de toxicidad y/o actividad biológica, que pueden afectar biológicamente en forma directa o indirecta a los seres vivos y/o causar contaminación del suelo, agua o atmósfera. Serán considerados en particular residuos de este tipo, los que se incluyen a título enunciativo a continuación: vendas usadas, residuos orgánicos de parto y quirófano, necropsias, morgue, cuerpos y restos de animales de experimentación y sus excrementos, restos alimenticios de enfermos infectocontagiosos, piezas anatómicas, residuos farmacéuticos, materiales descartables con y sin contaminación sanguínea, anatomía patológica, material de vidrio y descartable de laboratorio de análisis, hemoterapia, farmacia, etc.

**RESIDUOS PATOGENICOS TIPO C:** Son los residuos radioactivos de métodos diagnósticos, terapéuticos o de investigación, que puedan generarse en servicios de radioterapia, medicina por imágenes, ensayos biológicos u otros. Los residuos de este tipo requieren, en función de la legislación nacional vigente y por sus propiedades fisicoquímicas, de un manejo especial. Los establecimientos asistenciales podrán desechar drogas, fármacos, medicamentos y sus envases como residuos señalados en TIPO B. Cuando la escala de producción de este tipo de desechos responda a niveles industriales, éstos serán considerados Residuos Espaciales, encuadrándose el establecimiento generador en los alcances y previsiones de la respectiva reglamentación.

**ARTICULO 3º: AUTORIDADES DE APLICACIÓN:** La Secretaria de Política Ambiental será Autoridad de Aplicación de la Ley 11.347 y del presente Decreto reglamentario respecto del manipuleo, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos patogénicos, estará facultada para fiscalizar y ejercer la auditoria permanente en los establecimientos dedicados a tales actividades.

La Dirección Provincial de Coordinación y Fiscalización Sanitaria, dependiente de la  
Planta Para Tratamiento de Residuos Patológicos

---

---

Subsecretaría de Control Sanitario del Ministerio de Salud será Autoridad de Aplicación de la Ley 11.347 y del presente Decreto reglamentario respecto de los establecimientos generadores de residuos patogénicos, estará facultada para ejercer el control y fiscalización de las condiciones de generación, manipuleo y áreas de depósito en dichos establecimientos.

**ARTICULO 4º:** COMISION PERMANENTE: Créase una Comisión Consultiva Permanente, integrada por un representante de cada Ministerio o secretaría de Estado, cuyo representante será designado especialmente por sus titulares, y su función será la de realizar una evaluación permanente de los efectos de la Ley 11.347.

Asimismo se invitará a las respectivas Cámaras de la Honorable Legislatura Provincial a enviar 2 representantes por cada Cámara. La Comisión propondrá al Poder Ejecutivo las normas de funcionamiento de la misma.

**ARTICULO 5º:** REGIONES SANITARIAS: En una primera etapa, se establecen en el territorio provincial, a fin de asegurar un adecuado manejo de los residuos patogénicos generados por la actividad asistencial pública provincial, cuatro zonas de manejo, según criterios de prestación compensada en cada zona, de acuerdo al mapa que integra la presente como Anexo VIII.

**ARTICULO 6º:** Todo concesionario que resulte adjudicatario para prestar en estas zonas, el servicio de recolección, transporte, tratamiento y/o disposición final de residuos patogénicos estará obligado a prestarlo a la totalidad de los establecimientos públicos provinciales de la zona asignada, en igualdad de condiciones. Asimismo podrán prestarse los servicios a generadores privados.

**ARTICULO 7º:** Créanse los siguientes Registros:

1. Registro Provincial de Generadores de Residuos Patogénicos. Este Registro funcionará en el ámbito del Ministerio de Salud.
2. Registro Provincial de Unidades y centro de tratamiento y Disposición.
3. Registro Provincial de Transportistas de residuos Patogénicos.

Estos dos últimos registros funcionarán en el ámbito de la Secretaría de Política Ambiental.

---

Los Centros de tratamiento registrados bajo el régimen de la Resolución 2341/91 del Ministerio de Salud, mantendrán el número de registro otorgado para esta Reglamentación.

**ARTICULO 8º:** La autoridad de aplicación podrá celebrar convenios con organismos nacionales, provinciales y municipales, según lo previsto en el artículo séptimo de la Ley 11.347 a los efectos de realizar una correcta fiscalización del sistema de manejo de residuos patogénicos.

## **CAPITULO II**

### **DE LOS SUJETOS GENERADORES DE RESIDUOS PATOGENICOS**

**ARTICULO 9º :** Todo generador de residuos patogénicos deberá asegurar el adecuado tratamiento, transporte y disposición final de tales residuos, ya sea que lo haga por sí o por terceros. Asimismo deberá solicitar a la autoridad de aplicación la aprobación de todo método y/o sistema de tratamiento de los residuos regulados por esta ley, en forma previa a su utilización, y de transporte y disposición final, cuando correspondiere.

**ARTICULO 10º:** Los establecimientos públicos y privados; y las personas físicas y jurídicas generadoras de residuos patogénicos deberán inscribirse en el Registro Provincial de generadores de la Dirección Provincial de Coordinación y Fiscalización sanitaria, en un plazo máximo de 60 días, acompañando una declaración jurada, con las características de los residuos generados y su forma de tratamiento, según se detalla en el Anexo II de la presente.

**ARTICULO 11º:** El Generador será responsable de la supervisión e implementación de programas que incluyan:

a. la capacitación de todo el personal que manipule residuos patogénicos, desde lo operarios hasta los técnicos y/o profesionales de la medicina, especialmente aquellos que mantengan contacto habitual con residuos patogénicos.

---

b. Tareas de mantenimiento, limpieza y desinfección para asegurar las condiciones de higiene de equipos, instalaciones, medios de transporte internos y locales utilizados en el manejo de residuos hospitalarios.

## II.1. CONDICIONES DE MANIPULACIÓN DE LOS RESIDUOS EN EL GENERADOR.

**ARTICULO 12º:** La disposición transitoria de los residuos patogénicos dentro del establecimiento generador, se efectuará en bolsas de polietileno, las que deberán tener las siguientes características:

a. Para los residuos patogénicos Tipo A

1. espesor mínimo 60 micrones
2. de color verde
3. Llevarán inscripto a 30 cm de la base en color negro, el número de Registro del generador ante la Dirección Provincial de Coordinación y Fiscalización Sanitaria, dependiente de la Subsecretaría de Control Sanitario del Ministerio de Salud, repetido por lo menos cuatro (4) veces en su perímetro, en tipos de letra cuyo tamaño no será inferior a 3 centímetros.

b. Para los residuos patogénicos Tipo B

1. espesor mínimo 120 micrones
2. tamaño que posibilite el ingreso a hornos incineradores u otros dispositivos de tratamiento de residuos patogénicos
3. impermeables, opacas y resistentes
4. de color rojo
5. Llevarán inscripto a 30 cm de la base en color negro, el número de Registro del Generador ante la Dirección Provincial de Coordinación y Fiscalización Sanitaria dependiente de la Subsecretaria de Control Sanitario del Ministerio de Salud, repetido por lo menos (4) cuatro veces en su perímetro, en tipos de letra cuyo tamaño no será inferior a 3 centímetros. El cierre de ambos tipos de bolsas se efectuará en el mismo lugar de generación del residuo, mediante

la utilización de un precinto resistente y combustible, el cual una vez ajustado no permitirá su apertura.

Asimismo se colocará en cada bolsa la tarjeta de control, según modelo similar al que se detalla en el Anexo VII de la presente reglamentación.

Sin perjuicio de lo dispuesto en el presente artículo y los siguientes, cualquier otro sistema de disposición transitoria de los residuos patogénicos dentro del establecimiento generador podrá autorizarse por Resolución del Ministerio de Salud de la Provincia de Buenos Aires.

**ARTICULO 13º:** Los recipientes destinados a contener las distintas bolsas de residuos patogénicos de diversos tipos, serán retirados diariamente de sus lugares de generación, siendo reemplazados por otros de iguales características, previamente higienizadas.

**ARTICULO 14º:** Las bolsas de polietileno que contengan residuos patogénicos tipo B se colocarán en recipientes tronco cónicos ( tipo balde ), livianos, de superficies lisas en su interior, lavables, resistentes a la abrasión y a golpes, con tapa de cierre hermético y asas para facilitar su traslado, con capacidad adecuada a las necesidades de cada lugar. Estos recipientes se identificarán de la siguiente manera: color negro con una banda horizontal roja de 10 cm de ancho.

Las bolsas de residuos patogénicos tipo A, se colocarán en recipientes de color blanco, con una banda horizontal color verde de 10 centímetros de ancho. Los colores a utilizar, tanto en las bolsas como en los recipientes, serán los que establece la Norma IRAM DEF 10-54, según corresponda a:

Blanco 11-2-010

Negro 11-2-070

Verde 01-1-160

Rojo 03-1-050



---

**ARTICULO 15º:** Cada lugar de generación de residuos deberá tener una cantidad suficiente de recipientes para la recepción de los mismos.

**ARTICULO 16º:** Los residuos constituidos por elementos desechables, cortantes o punzantes (agujas, hojas de bisturíes, etc.) serán colocados en recipientes resistentes a golpes y perforaciones, tales como botellas plásticas o cajas de cartón, o envases apropiados a tal fin, antes de su introducción en las bolsas.

**ARTICULO 17º:** Aquellos residuos patogénicos B con alto contenido de líquido, serán colocados en sus bolsas respectivas (rojas) a las que previamente se les haya agregado material absorbente que impida su derrame.

**ARTICULO 18º:** Cuando por la modalidad de la recolección interna, por el peso o por el volumen de las bolsas resulte necesario utilizar un carro para su traslado, éste deberá reunir las siguientes características: ruedas de goma o similar, caja de material plástico o metal inoxidable, de superficies lisas que faciliten su limpieza y desinfección.

**ARTICULO 19º:** El sitio de almacenamiento final de los residuos, dentro de los establecimientos, consistirá en un local ubicado en áreas exteriores al edificio y de fácil acceso.

Cuando las características edilicias de los establecimientos ya construidos impidan su ubicación externa, se deberá asegurar que dicho local no afecte, desde el punto de vista higiénico, a otras dependencias tales como cocina, lavadero, áreas de internación, etc. El mismo contará con:

- a. Piso, zócalo sanitario y paredes lisas, impermeables, resistentes a la corrosión, de fácil lavado y desinfección.
- b. Aberturas para la ventilación, protegidas para evitar el ingreso de insectos o roedores.
- c. Suficiente cantidad de recipientes donde se colocarán las bolsas de residuos patogénicos, los que se identificarán siguiendo el mismo criterio establecido en el Artículo N° 14 de esta

---

reglamentación. Los recipientes para residuos patogénicos B poseerán las siguientes características: tronco cónico (tipo balde), livianos, de superficie lisa para facilitar su lavado y desinfección, resistente a la abrasión y golpes, tapa de cierre hermético, asas para su traslado, de una capacidad máxima de 150 litros y mínima de 20 litros.

d. Amplitud suficiente para permitir el accionar de los carros de transporte interno.

e. Balanzas para pesar los residuos patogénicos generados y cuyo registro se efectuará en planillas refrendadas por el responsable de su manejo y por la empresa contratada para su tratamiento, según modelo de Anexo VII

f. Identificación externa con la leyenda "AREA DE DEPOSITO DE RESIDUOS HOSPITALARIOS – ACCESO RESTRINGIDO". A este local accederá únicamente personal autorizado y en él, no se permitirá la acumulación de residuos por lapsos superiores a las 24 hs. Salvo que exista cámara fría de conservación, de características adecuadas. Fuera del local y anexo a él, pero dentro del área de exclusividad, deberán existir instalaciones sanitarias para el lavado y desinfección del personal y de los recipientes y carros del transporte interno.

## II.2- OBLIGACIONES DEL GENERADOR

**ARTICULO 20º:** El generador deberá colocar en cada bolsa de residuo patogénico B una TARJETA DE CONTROL, con los datos sobre la generación de tales residuos y datos referentes al despacho de los mismos. Los primeros deberán completarse en el momento del precintado de las bolsas; los segundos al momento del retiro de los residuos del establecimiento. Se agrega a la presente, modelo similar al que deberá utilizarse, en el Anexo VII.

**ARTICULO 21º:** Todos los sujetos alcanzados por la presente reglamentación, deberán llevar la siguiente documentación:



---

a. Una planilla de control de residuos patogénicos en la que se consignarán los datos esenciales de generación, tipo de residuo generado, tratamiento y destino final de los mismos, similar al modelo de las planillas que se adjuntan en el Anexo VII.

b. Toda documentación que acredite el tratamiento y destino final de sus residuos. Esta documentación deberá estar en forma permanente a disposición de la autoridad de aplicación y de la Subsecretaría de Control Sanitario del Ministerio de Salud. Los datos que se requieren en las planillas podrán ser periódicamente actualizados por la autoridad de aplicación respectiva.

**ARTICULO 22º:** Las personas físicas que acrediten ejercer su llevar la planilla de control en sus consultorios y de cumplir con los requisitos del artículo 14 respecto de los recipientes para la contención de las bolsas de residuos. Solo deberán exhibir, en sus consultorios o establecimientos, los comprobantes de recepción de sus residuos patogénicos, por parte del centro de tratamiento que hubieren contratado.

**ARTICULO 23º:** Los residuos contaminados con patógenos de enfermedades catalogadas bajo regulaciones de "control de epidemias", o que puedan ser consideradas como tales, no deben retirarse de los establecimientos asistenciales sin ser previamente esterilizados.

### CAPITULO III

#### DE LA RECOLECCION Y TRANSPORTE

**ARTICULO 24º:** Las Empresas transportistas de residuos Patogénicos deberán registrarse ante la Secretaría de Política Ambiental, para lo cual procederán de acuerdo a lo establecido en el Anexo II de la presente. Las Empresas Transportistas de Residuos Patogénicos tendrán su vínculo comercial exclusivamente con los Centros de Tratamiento, siendo éstos los que definirán los lugares de recolección.

El transporte de los residuos patogénicos Tipo B deberá realizarse en vehículos especiales, de acuerdo a las especificaciones previstas en los Anexos V y VI y deberá ser

---

Planta Para Tratamiento de Residuos Patológicos

---

aprobado previamente por la Autoridad de Aplicación. Dicha autoridad emitirá la autorización, previa verificación de las condiciones requeridas. La autorización que se emita tendrá una validez de dos años.

**ARTICULO 25º:** El transporte de residuos deberá realizarse con una dotación de vehículos, compuesta por dos (2) unidades como mínimo, aptos, que aseguren la no interrupción del servicio. La aptitud de los vehículos estará condicionada a:

- a. Ser de uso exclusivo para el transporte de residuos patogénicos.
- b. Poseer una caja de carga completamente cerrada, con puertas con cierre hermético y aisladas de la cabina de conducción, con una altura mínima que facilite las operaciones de carga y descarga y el desenvolvimiento de una persona en pie.
- c. Color blanco (IRAM 11-1-010) y se identificarán en ambos laterales y parte posterior con la señalización que se consigna en el Anexo VI. Asimismo, deberán estar provistos de una baliza luminosa, giratoria y de color amarillo.
- d. Que el interior de la caja sea liso, resistente a la corrosión, fácilmente lavable, con bordes de retención para evitar pérdidas por eventuales derrames de líquidos (Anexo V).
- e. Poseer un sistema que permita el alojamiento de los contenedores evitando su desplazamiento (Anexo V).
- f. Contar con pala, escoba y bolsas de repuesto del mismo color y espesor establecido en el Artículo Nº 12 de la presente reglamentación, con la inscripción del número de registro de la empresa ante la Dirección Provincial de Medio Ambiente, y una provisión de agua lavandina para su uso en caso de derrames eventuales (Anexo V)
- g. Que la caja del vehículo sea lavada e higienizada mediante la utilización de antisépticos, de reconocida eficacia, una vez finalizado el traslado o después de cualquier contacto con residuos patogénicos.

h. Contar con radio VHF o método de comunicación telefónica de los vehículos entre sí y con la central.

i. Cumplir con las disposiciones legales vigentes para su libre circulación por el territorio provincial.

**ARTICULO 26º:** Para la higienización de sus vehículos, se deberá disponer de un local exclusivo, dimensionado de acuerdo con el número de vehículos utilizados y con la frecuencia de los lavados, debiendo cumplir los siguientes requisitos:

a. Piso, zócalo sanitario, paredes y techos lisos, impermeables, de fácil limpieza

b. Piso con inclinación hacia un vertedero de desagote a una cámara de retención de líquidos y tratamiento de inocuidad por método de cloración, como paso previo a su destino final.

c. Provisión de agua, manguera, cepillos y demás elementos de limpieza.

d. Elementos de protección personal para los operadores, consistentes en: delantales, ropa de trabajo, guantes y botas, los que serán suministrados diariamente en condiciones higiénicas.

**ARTICULO 27º:** Los conductores de vehículos y sus acompañantes habituales deberán recibir, por cuenta de sus empleadores:

a. Capacitación sobre los riesgos y precauciones a tener en cuenta en el manipuleo y traslado de residuos patogénicos.

b. Atención médica mediante un servicio asistencial a cargo del empleador, en la forma de exámenes médicos pre-ocupacionales y periódicos.



---

c. Elementos de protección personal consistentes en: ropas de trabajo, delantales, guantes, barbijos, botas o calzado impermeable, los que serán provistos diariamente en condiciones higiénicas.

**ARTICULO 28º:** Cuando por accidentes en la vía pública y/o desperfectos mecánicos sea necesario el transbordo de residuos patogénicos de una unidad transportadora a otra, ésta deberá ser de similares características. Queda bajo la responsabilidad del conductor y/o su acompañante la inmediata limpieza y desinfección del área afectada por derrames que pudieran ocasionarse.

**ARTICULO 29º:** En la carga y descarga de residuos patogénicos en sus contenedores, en las etapas de transporte y de tratamiento, deberá preverse la incorporación de tecnología automatizada, a fin de reducir la necesidad de manejar manualmente dichos residuos y sus riesgos consecuentes.

**ARTICULO 30º:** Los empleadores del personal encargado del transporte y del tratamiento final de los residuos patogénicos, deberán suministrar a aquellos por escrito, las instrucciones de seguridad operativa para el manejo de dichos residuos. Estas instrucciones comprenderán como mínimo:

- a. Peligrosidad de los residuos patogénicos.
- b. Procedimientos de seguridad para su manipuleo.
- c. Acciones y notificaciones en caso de accidentes.

## **CAPITULO IV**

### **DEL TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS PATOGENICOS**

#### **IV.1- AUTORIZACIÓN**



---

**ARTICULO 31º:** La autoridad de aplicación solo podrá autorizar sistemas o métodos de tratamiento y disposición final cuya tecnología garantice la muerte de todo agente que contenga y la completa destrucción de dichos residuos. El interesado deberá solicitar la AUTORIZACIÓN AMBIENTAL para el tratamiento de tales residuos, cuya validez no será mayor de cinco años.

**ARTICULO 32º:** Todo generador podrá tratar sus propios residuos patogénicos en Unidades de Tratamiento que funcionen dentro de su establecimiento, u optar por las contratación de un Centro de tratamiento de tales residuos.

**ARTICULO 33º.** A las unidades de tratamiento de residuos patogénicos que funciones dentro de un establecimiento generador, les serán aplicadas las prescripciones del presente Decreto Reglamentario y supletoriamente la Ley 11.459 y su Decreto reglamentario referidas a condiciones de seguridad e higiene, medicina laboral y efluentes industriales.

Los requisitos para el otorgamiento de la Autorización, serán los que se prevén en la presente reglamentación, a saber:

1. Estar inscripto en el registro respectivo.
2. Presentar memoria descriptiva del proyecto de sistema de tratamiento de adoptar, especificando en particular la marca, modelo, tipo y especificaciones técnicas de la o las unidades de tratamiento a instalar.
3. Plano de las instalaciones (existentes y a construir)
4. Sistema de tratamiento de los efluentes que se generen Los requisitos arriba mencionados deberán cumplimentar todas las disposiciones de la presente reglamentación.

Asimismo las Unidades de Tratamiento de residuos patogénicos deberán tener previsto un sistema alternativo de tratamiento para emergencias, de manera tal que quede garantizada la prestación del servicio.

---

#### IV.2- EVALUACIÓN AMBIENTAL:

**ARTICULO 34º:** El interesado deberá presentar conjuntamente con los requisitos del artículo anterior, una EVALUACIÓN AMBIENTAL del proyecto, donde se contemplen como mínimo las condiciones del medio físico, de la atmósfera, del medio socio-cultural, y todas las medidas que deberán tomarse para evitar las repercusiones negativas. La autoridad de aplicación desarrollará las pautas mínimas que deberán ser tenidas en cuenta.

Si el interesado concursara por medio de algún procedimiento licitatorio deberá presentar la Evaluación Ambiental conjuntamente con el pliego de condiciones generales.

#### IV.3- DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO

**ARTICULO 35º:** Los residuos patogénicos podrán ser tratados por:

- a. Incineración, en hornos especiales y de conformidad a las características y especificaciones enunciadas en el Anexo III.
- b. Por irradiación con microondas.
- c. Cualquier otro dispositivo, equipo o instalación que la autoridad de aplicación autorizare.

**ARTICULO 36º:** Aquellos generadores que traten sus propios residuos por incineración, deberán tener como mínimo un horno que reúna las características técnicas previstas en el Anexo III y prever un sitio alternativo de tratamiento de emergencia.

#### IV.4- DE LOS CENTROS DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS PATOGENICOS.

**ARTICULO 37º:** Los centros de tratamiento de residuos patogénicos serán considerados, por su actividad, como establecimientos industriales, encuadrándose en las prescripciones de la Ley 11.459 y su decreto reglamentario, debiéndose radicar en predios ubicados en zonificación tipo D-Industrial exclusiva.

---

Deberán cumplir en lo pertinente con los requisitos exigidos en el capítulo IV puntos 1 y 2.

Se agregan como Anexo IV de la presente reglamentación los aspectos mínimos que la Evaluación Ambiental debe reunir.

**ARTICULO 38º:** Los centros de tratamiento de residuos patogénicos, deberán contar sin excepción, como mínimo, con dos unidades de tratamiento de tales residuos, y tener previsto un sistema alternativo de tratamiento para emergencias, de manera tal que quede garantizada la prestación del servicio.

Asimismo, deberán reunir las siguientes condiciones:

a. Un lugar de recepción que permita el ingreso de vehículos de transporte, el que deberá poseer: paredes laterales y techo y estará directamente vinculado al depósito por una puerta lateral con cierre hermético.

b. Un local destinado a depósito con las siguientes características:

b1) Dimensiones acordes con los volúmenes a receptor, previéndose un excedente para los casos en que se produzca una interrupción en el proceso de incineración.

b2) Paredes lisas con material impermeable hasta el techo, en colores claros; piso impermeable de fácil limpieza; zócalo sanitario y declive hacia un vertedero con desagote a una cámara de retención de líquidos y posterior tratamiento de inocuidad por el método de cloración, previo a su eliminación final.

b3) El mismo contará con una balanza para el pesado de los contenedores con sus bolsas y su inmediato registro en las planillas de acuerdo con el modelo del Anexo VII de esta Reglamentación.

c. Un local destinado a instalaciones sanitarias para el personal, el cual contará con: baño y vestuario (de acuerdo a lo normado en la Ley 19.587 y su decreto reglamentario 351/79).

---

**ARTICULO 39º:** En la modalidad operativa de estos centros deberá contemplarse:

- a. Que las bolsas de residuos permanezcan dentro de sus respectivos contenedores en el área de depósito.
- b. Que los residuos sean tratados dentro de las 24 hs. De su recepción, salvo que se cuente con cámara fría de conservación, de características adecuadas.
- c. Disponer de un grupo electrógeno para casos de emergencia.
- d. Que la entrada de carga a la tolva del sistema de tratamiento, cuando correspondiere, esté preferentemente al mismo nivel que el depósito de residuos; en caso contrario, se instalará el sistema de transporte automatizado que vuelque las bolsas en la tolva.
- e. Se mantendrán condiciones permanentes de orden, aseo y limpieza en el local de recepción y depósito.
- f. Disponer de una cantidad de recipientes suficientes para proveer a quien corresponda, como así también para su recambio, de acuerdo a lo indicado en el artículo N° 14 de la presente, en los casos que corresponda.

**ARTICULO 40º:** Los desechos resultantes del tratamiento que se autorice, deberán ser colocados en bolsas resistentes e identificadas con el número de registro del centro de tratamiento en la Dirección Provincial de Medio Ambiente, en ambas caras, con tipos de tamaño no inferior, y podrán recibir tratamiento similar al de los residuos domiciliarios.

**ARTICULO 41º:** Autorízase a los centros de tratamiento de residuos patogénicos a establecer, previa aprobación por parte de la autoridad de aplicación, centros de despacho de residuos, los que deberán adecuarse a lo explicitado en el Capítulo pertinente.

IV.5- DE LOS CENTROS DE TRATAMIENTO QUE FUNCIONEN FUERA DE LA PROVINCIA.

---

**ARTICULO 42º:** Los centros de tratamiento de residuos patogénicos instalados fuera del ámbito de la Provincia de Buenos Aires, para prestar servicios en la misma deberán solicitar la inscripción en el registro respectivo, cumplir con lo dispuesto por la presente reglamentación y con los siguientes requisitos:

- a. Constituir domicilio legal en la Provincia de Buenos Aires.
- b. Poseer Habilitación municipal o provincial, según corresponda.
- c. Cumplir con las prescripciones de los capítulos de RECOLECCION Y TRANSPORTE

Y DEL TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL de la presente reglamentación.

**ARTICULO 43º:** La inscripción significa adherir voluntariamente al control, fiscalización y régimen sancionatorio a que diere lugar, por parte de la Dirección Provincial de Medio Ambiente. El incumplimiento de la presente reglamentación por parte de estos establecimientos dará lugar a la suspensión o cancelación de la inscripción en el registro a que se refiere el presente artículo, no autorizándose la prestación de servicio alguno y sin perjuicio del decomiso de los elementos en la jurisdicción de la Provincia de Buenos Aires.

#### IV.6- DE LOS CENTROS DE DESPACHO DE RESIDUOS PATOGENICOS.

**ARTICULO 44º:** Los centros despacho de residuos patogénicos son considerados, por su actividad, como establecimientos industriales, encuadrándose en las prescripciones de la Ley 11.459 y su decreto Reglamentario, debiéndose radicar en predios ubicados en zonificación tipo D – Industrial Exclusiva.

Deberán cumplir en lo pertinente con los requisitos exigidos en el capítulo IV puntos 1 y 2.



---

**ARTICULO 45º:** Los residuos patogénicos serán recibidos, almacenados y despachados en sus contenedores originales, los que deberán cumplir con lo establecido en los Artículos Nº 13, 14, 18 y 19 de la presente reglamentación.

**ARTICULO 46º:** Los centros de despacho de residuos patogénicos deberán contar con:

- a. Dos (2) cámaras frigoríficas, con características técnicas acorde con lo establecido en el Anexo III de la presente.
- b. Un lugar de recepción que permita el ingreso de vehículos de transporte, el que deberá poseer: paredes laterales y techo, estando directamente vinculado al depósito por una puerta lateral con cierre hermético.
- c. Dimensiones acordes con los volúmenes a recibir y almacenar.
- d. Balanza para el pesado de los contenedores con sus bolsas y su inmediato registro en las planillas de acuerdo con el modelo del Anexo VII de esta reglamentación.
- e. Un local destinado a instalaciones sanitarias para el personal, el cual contará con baño y vestuario (de acuerdo a lo normado en la ley 19.587 y su Decreto reglamentario 351/79)
- f. De contar con vehículos para la recolección de los residuos patogénicos, éstos deberán ajustarse a lo establecido en el capítulo pertinente.

**ARTICULO 47º:** Los establecimientos asistenciales que instalen hornos u otro sistema autorizado por la autoridad de aplicación para el tratamiento de sus propios residuos patogénicos, a partir de la fecha, deberán ajustarse a lo normado por el Anexo III de la presente. En los casos de hornos incineradores aprobados y habilitados según normativa anterior, se otorgará un plazo máximo de un (1) año para adecuarse a lo explicitado en el Anexo III. Pasado dicho lapso, o durante las tareas de conversión del horno existente, deberá contratarse el servicio de un centro de tratamiento.

---

En aquellos casos donde los generadores de residuos se encuentren alejados de los centros de tratamiento, los generadores deberán informar a la Dirección Provincial de Coordinación y Fiscalización sanitaria dependiente de la Subsecretaría de Control Sanitario del Ministerio de Salud, el modo de gestión de los residuos que originan y la modalidad o tecnología que se ajuste a lograr un residuo no patogénico, acompañando además declaración jurada firmada por el titular del establecimiento o profesional independiente, según el caso.

La situación antes mencionada tendrá validez hasta la adecuación de las instalaciones existentes o hasta la aparición en la jurisdicción de un centro de tratamiento y/o unidad, entendida según el alcance dado en el Anexo I de la presente.

## **CAPITULO V**

### **FABRICANTES E IMPORTADORES**

**ARTICULO 48º:** Todo fabricante de equipos, métodos o sistemas de tratamiento de residuos patogénicos, deberá suministrar al usuario:

- a. Una memoria con los datos de identificación y características técnicas del equipo, que deberá concordar con las disposiciones de la presente.
- b. El correspondiente Manuel de Instrucciones de Uso.
- c. Capacitación en servicio, durante el tiempo necesario, al personal que operará el equipo. Los importadores deberán suministrar a los usuarios las mismas prestaciones.

## **CAPITULO VI**

### **ATRIBUCIONES DEL ORGANO DE APLICACIÓN Y SANCIONES**



---

**ARTICULO 49º:** Los inspectores de la Secretaría de Política Ambiental tendrán acceso sin restricciones de ningún tipo, a cualquier hora del día a los centros de tratamiento, unidades de tratamiento y centros de despacho de residuos patogénicos, incluidos sus vehículos en tránsito; como así también los inspectores de la Dirección Provincial de Coordinación y Fiscalización Sanitaria dependiente de la Subsecretaria de Control Sanitario del Ministerio de Salud, tendrán acceso sin restricciones de ningún tipo, a cualquier hora del día a los generadores de residuos patogénicos.

A los efectos de verificar el cumplimiento de las prescripciones de la presente reglamentación, podrán recabar del propietario o responsable toda la información y/o documentación que juzguen necesaria. En caso de negativa, podrán solicitar el auxilio de la fuerza pública.

**ARTICULO 50º:** Las infracciones a las disposiciones de la presente, por parte de los generadores, serán reprimidas conforme a lo que establecen el Decreto Ley 8.841/77 y el Artículo 40 de la Ley 5.116; para el caso de los Transportistas Centros de Tratamiento y Disposición Final se les aplicará el régimen sancionatorio y cautelar previsto en el Decreto 1.741/96, Reglamentario d la Ley 11.459.

**ARTICULO 51º.** En el caso de que alguna de las operaciones comprendidas en la presente reglamentación para el manejo de los residuos patogénicos, fuere realizada por terceros por algún mecanismo de contratación, deberá incluirse en los contratos respectivos y/o pliegos licitatorios el cumplimiento de la totalidad de las disposiciones de la presente reglamentación, entre las condiciones generales.

**ARTICULO 52º:** Los Anexos I, II, III, IV, VII y VIII forman parte integrante de la presente reglamentación.

**Artículo 2º:** Los plazos establecidos en los artículos en los artículos 10 y 47 deberán computarse a partir de la publicación del presente.

**Artículo 3º:** El presente Decreto será refrendado por los señores Ministros Secretarios en los departamentos de Salud y de Gobierno y Justicia.

---

**Artículo 4º:** Regístrese, comuníquese, publíquese, dese al Boletín Oficial y pase a la Secretaría de Política Ambiental y Ministerio de Salud a sus efectos.

## ANEXO

**ESTABLECIMIENTO ASISTENCIAL:** Hospital, sanatorio, clínica, policlínica, centro médico, maternidad, sala de primeros auxilios, y todo aquel establecimiento donde se practique cualquiera de los niveles de atención a la salud humana o animal, con fines de prevención, diagnóstico tratamiento y/o rehabilitación.

**CENTRO DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS PATOGENICOS:** Es aquel establecimiento industrial que realiza el procesamiento y el tratamiento de los residuos patogénicos asegurando su posterior inocuidad.

**CENTRO DE DESPACHO DE RESIDUOS PATOGENICOS:** Es aquel establecimiento industrial que recepciona, almacena en cámaras frigoríficas apropiadas y despacha hacia los centros de tratamiento final, contenedores con residuos patogénicos.

**GENERADOR:** De conformidad con lo previsto en el art. 2º de la Ley 11.347 se consideran generadores los establecimientos asistenciales, médicos, odontológicos, veterinarios, laboratorios de análisis clínicos o medicinales, farmacias, centros de investigación, gabinetes de enfermería y toda aquella persona física o jurídica que genere residuos patogénicos a consecuencia de su actividad.

**RECIPIENTES:** Elementos destinados a contener las bolsas con residuos patogénicos y no patogénicos dentro de los establecimientos asistenciales y consultorios particulares.

---

**CONTENEDORES:** Elementos destinados a contener y transportar las bolsas con residuos patogénicos y no patogénicos dentro del local de almacenamiento final de los establecimientos.

**Prestación compensada:** Este término debe interpretarse en el sentido de que cada prestatario del servicio de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos patogénicos en las áreas comercialmente más codiciadas (Conurbano bonaerense y Gran La Plata) deberá prestar idéntico servicio en áreas no tan rentables, con un evidente fin social.

**Unidad de Tratamiento:** Todo dispositivo, equipo o mecanismo individual o unitario, tendiente al tratamiento de residuos patogénicos propios, en el supuesto de establecimientos asistenciales privados, y propios y/o regionales cuando se tratare de un establecimiento sanitario de carácter público y provincial, asegurándose en ambos supuestos su inocuidad.

## **ANEXO II**

### **DE LAS INSCRIPCIONES EN LOS REGISTROS**

( FORMULARIOS )

Registro de Generadores de Residuos Patogénicos:

1) De los establecimientos:

A) Nota de presentación indicando:

- Denominación de la firma o razón social
- Domicilio real del establecimiento
- Domicilio legal
- Nombre y Apellido del director o responsable
- Nombre y Apellido del Representante legal.

B) Memoria descriptiva:

---

Planta Para Tratamiento de Residuos Patológicos



B1) Generación:

- Número de expediente del tratamiento de habilitación sanitaria.
- Categorización según decreto N° 3280/90.
- Nombre y apellido del/los responsables del manipuleo de residuos, de acuerdo con el Artículo 10 del presente Decreto.
- Servicios que producen residuos patogénicos, de acuerdo con la clasificación del artículo 2º.
- Servicios que producen servicios no patogénicos, de acuerdo con la clasificación del artículo 2º.
- Cantidad promedio de residuos patogénicos y no patogénicos generados por día.

B2) Tratamiento Propuesto

B2.1- Si el tratamiento propuesto fuere propio:

- Características técnicas del sistema (dimensiones, combustible utilizado, conducto de evacuación de gases, materiales constructivos, características de los quemadores si correspondiere, dispositivos de seguridad).
- Cantidad de residuos incinerados por día.
- Croquis de ubicación de la unidad de tratamiento dentro del establecimiento.

B2.2- Si el sistema fuere contratado: Además de los dos primeros puntos del subítem anterior:

- Denominación del establecimiento de tratamiento final de residuos patogénicos
- Domicilio, localidad y partido.
- Número de Registro ante la Secretaría de Política Ambiental
- Copia autenticada ante Escribano Público Nacional de los contratos celebrados para el tratamiento.

2- De las Personas Físicas:

A) Declaración Jurada, donde conste:

- Nombre y apellido del profesional
- Profesión y especialidad



- 
- Número de matrícula o habilitación correspondiente Distrito.
  - Tipo de residuos que genera y cantidad diaria aproximada.
  - Método propuesto para el tratamiento y servicio o firma contratada a tal fin ( Documentación que lo acredite )
  - Domicilio, localidad y partido a Autoridad de Aplicación podrá adecuar periódicamente estos requisitos.

Registro de Transportistas de Residuos Patogénicos.

1- De las Empresas Transportistas de Residuos Patogénicos.

A) Nota de presentación indicando:

- denominación de la firma o razón social
- domicilio real del establecimiento
- domicilio legal
- Nombre y apellido del director o responsable
- Nombre y apellido del representante legal
- Nombre y apellido del profesional responsable
- Copia autenticada del contrato de constitución de la sociedad.

B) De los vehículos:

- Nómina de vehículos con copia autenticada de cada Cédula de identificación de Automotores (Cédula verde).
- Seguro de Responsabilidad Civil de daños ocasionados por eventuales accidentes.
- Copia autenticada de Certificado de Revisión Técnica Provincial (Decreto 4.103/95 y su modificatorio).

C) De los choferes:

- Nombre y apellido
- Copia autenticada de Licencia de Conductor con categoría habilitante.
- Copia autenticada de examen de Aptitud Psicofísica.

La autoridad de Aplicación podrá adecuar periódicamente estos requisitos.



---

D) Copia autenticada del contrato vinculatorio entre la Empresa Transportista y la Empresa Tratadora, que delimite con claridad las responsabilidades, en las actividades que le son propias a cada una de las mismas.

E) Verificación de la Unidades de Transporte.

F) Establecer dónde se realizará la tarea de lavado e higienizado de la Unidades de Transporte cada vez que finalice el servicio de recolección, hecho que deberá realizarse en forma diaria.

G) Deberá habilitar el Libro Foliado y Rubricado ante la Secretaría de Política Ambiental, en el que se asentarán todos los servicios realizados o novedades producidas en forma diaria y el manifiesto que acompañará el vehículo contemplando aspectos vinculados al generador, transportista y centro de tratamiento, siendo el mismo rubricado por el responsable técnico de cada una de las partes involucradas.

### **ANEXO III**

#### **A) CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL HORNO**

1) Los hornos deberán obligatoriamente funcionar por principio de pirólisis.

2) De cámaras múltiples: Deberá poseer como mínimo una cámara primaria o de quemado propiamente dicha, una cámara secundaria o de recombustión de gases y una cámara terciaria de dilución.

3) Piso del horno:

Deberá ser construido monolíticamente, con materiales refractantes aislantes, de una conductibilidad térmica inferior a 0,1 Kcal.m<sup>2</sup>/h. °C.

4) Paredes interiores:



---

Serán de ladrillos refractarios, con un porcentaje de alúmina no menor del 35%. Deberán soportar una temperatura de trabajo de hasta 1473 K (1200°C); se asentarán directamente sobre la losa de mortero de cemento refractario de fraguado al aire.

5) Superficies de Quemado:

Se construirán con ladrillos y cemento refractario que posean las mismas características térmicas que las paredes interiores.

6) Techo Refractario: Idem al punto 5

7) Puerta de Carga:

Deberá contar con un sistema de enclavamiento que no permita la apertura de la misma durante el ciclo de incineración. Medidas mínimas 800 x 800 mm. Cierre hermético. No podrá realizarse su apertura hasta tanto en el cámara primaria no descienda a valores preseleccionados.

8) Chimenea:

Se diseñará para una temperatura de gases de 1033 K. (760 °C), con una velocidad de pasaje de hasta 6 m/seg; su altura debe poseer un tiraje de 5 mm. De columna de agua en la base (tiraje mínimo para estos incineradores). Si se provee, como es común, el pasaje de los gases calientes bajo la superficie de secado, el tiraje deberá elevarse a 6,35 mm. De columna de agua, para compensar la resistencia adicional por dicho pasaje. Deberá tener salida a los cuatro vientos y su altura deberá superar la topografía de las construcciones más próximas.

9) Sistema de Combustión:

El mismo deberá ser previsto para gas natural y otro combustible líquido.

10) Quemadores:

Deberá contar, como mínimo, con un quemador por cámara, con válvula de seguridad, barrido previo de gases y enclavamiento de las puertas de carga. Cuando el combustible sea gas natural, tanto las instalaciones como el funcionamiento de los quemadores, deberá



---

cumplir con las disposiciones que al respecto establezca el organismo de control con competencia en el tema.

11) Temperatura:

Con el horno a régimen se deberán asegurar las siguientes temperaturas:

- En la cámara primaria, una temperatura mínima de entre los 1073 K y 1123 K (800 y 850 °C).
- En la Cámara secundaria o de recombustión, una temperatura mínima de 1473 K (1200 °C).

12) Tiempo de Residencia de los Gases:

Deberá ser, como mínimo, de:

- En la cámara primaria 0,2 seg. a 1123 K (850°C)
- En la cámara secundaria 2 seg. a 1473 K (1200°C)

13) Velocidad optima de Quemado:

Será de 50 Kg/hora.m<sup>2</sup>.

14) Instrumentación:

- Medidor de temperatura en ambas cámaras con alarma por disminución y corte por sobretemperatura.
- Graficador de la temperatura del proceso y programador de combustión automático.

15) Nivel Sonoro:

A un metro del horno el nivel sonoro no será superior a 85 dBA.

16) Carga Térmica:

Deberán contemplarse los niveles máximos establecidos en la legislación vigente.

17) Sistema de Depuración de los Efluentes:

Se podrá emplear cualquier sistema de tratamiento (retención de partículas, lavado de humos, filtros electrostáticos, etc.) que garanticen los niveles máximos de emisión fijados en la presente.

18) Sistema de Seguridad:

---

Planta Para Tratamiento de Residuos Patológicos



---

-Seguridad por falta de llama; por falta de aire de combustión.

-Prebarrido con aire de las cámaras de combustión antes del encendido.

19) Construcción del Horno:

Se aplicará cualquier norma reconocida internacionalmente (British Standard, USEPA, etc.) conforme a los lineamientos fijados en la presente reglamentación. En todos los casos se deberá asegurar la inexistencia de fugas al medio ambiente.

20) Emisiones:

Se practicará un orificio para la toma de muestras en la chimenea, de un diámetro no inferior a 12,5 mm, ni superior a 20,0 mm. Los valores de las emisiones serán determinados por la autoridad de aplicación.

**B) CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LOS CENTROS DE DESPACHO.**

1) Deberán contar, como mínimo con una (1) cámara fría principal, cuya capacidad estará en concordancia con los volúmenes a recepcionar, y una (1) cámara fría secundaria, de similar tamaño y características que la anterior, para su uso alternativo o en caso de emergencias.

2) Las cámaras frías serán destinadas, en forma exclusiva, al depósito transitorio de residuos patogénicos.

3) deberán operar a una temperatura máxima de 0° C.

4) El tiempo máximo de residencia de los residuos patogénicos en las cámaras frías será de cinco (5) días.

5) Los centros de despacho deberán contar, para casos de emergencia, con equipos electrógenos capaces de suministrar la totalidad de la energía necesaria para el correcto funcionamiento de las cámaras frías.



---

6) Deberán cumplimentar con lo establecido en el artículo N° 46 de la presente reglamentación.

7) El personal deberá ser equipado con indumentaria apropiada para el trabajo en las cámaras frías.

## **ANEXO IV**

### **EVALUACIÓN AMBIENTAL**

1) Toda Persona, física o jurídica, pública o privada, que tenga interés en instalar un centro de tratamiento de residuos patogénicos en el territorio Provincial, deberá presentar ante la Dirección Provincial de Medio Ambiente del Ministerio de Salud y Acción Social, la siguiente documentación:

a. Metodología de trabajo para la realización de un estudio de evaluación ambiental, acorde al tratamiento propuesto.

b. Informe técnico final del estudio de evaluación ambiental.

1) Ambas presentaciones deberán estar firmadas por un profesional habilitado, según incumbencias del Colegio profesional respectivo.

2) Los interesados deberán presentar ante el citado organismo, la metodología de trabajo propuesta, a los fines de ser aprobada por el mismo, previo inicio de las tareas de evaluación y realización del informe final. La autoridad se expedirá en el término de 10 días hábiles.

3) El Certificado de Radicación Industrial será otorgado solo previo informe técnico del área pertinente aprobatoria del informe técnico final presentado por el interesado.



---

4) Se acompaña como Apéndice I los alcances de la evaluación ambiental y normas de presentación de la información, y como Apéndice II los aspectos mínimos a ser tenidos en cuenta en el estudio.

5) Los Apéndices I y II forman parte de este Anexo.

## APÉNDICE I

Alcances de la evaluación ambiental y normas de presentación de la información.

a) Alcance: Evaluar el estado de situación ambiental local, previo a la instalación y operación de la planta de tratamiento.

Prever el impacto ambiental de la misma sobre los recursos naturales en su conjunto (aire, suelo y agua).

b) Normas de presentación de la información: El interesado deberá presentar ante la Dirección Provincial de Medio Ambiente, para su aprobación una metodología de trabajo que se refiera, como mínimo, a cada uno de los aspectos técnicos a evaluar (Apéndice II). En la misma deberá constar el plazo de ejecución estimado, número de muestras representativas, determinaciones químicas a realizar en cada caso y su fundamentación, laboratorio que intervendrá, etc.

El informe técnico final contendrá la totalidad de la información obtenida en las tareas de recopilación de antecedentes y generada en las tareas de campo desarrolladas, el análisis de la misma, de acuerdo con la metodología oportunamente presentada y aprobada, y las conclusiones y recomendaciones que correspondan.

## APÉNDICE II

Aspectos técnicos mínimos a ser tenidos en cuenta en la evaluación ambiental, previo a la instalación de un centro o unidad de tratamiento de residuos patogénicos.

a) MEDIO FISICO.

- Geomorfología del área de asentamiento.
- Inventario de industrias, efluentes y emisiones de áreas vecinas al emplazamiento.

Provisión de obras de saneamiento básico a las industrias y población.

- Estudio de suelos, a nivel de parcela: muestreo análisis físicos – químicos caracterización físico – química.
- Estudio de las aguas subterráneas:

Caracterización hidrogeológica

Hidrometría, determinación de la red de flujo subterráneo local

Construcción de una red monitora de recurso hídrico subterráneo

Muestreo y análisis químicos

Caracterización química de las aguas subterráneas

b) ATMOSFERA

Estudio local de calidad de aire:

- meteorología, régimen de vientos y dinámica atmosférica
- muestreo
- análisis químicos, según normas ASTM. Determinación de óxido de azufre y nitrógeno, cloruro de hidrógeno, fluoruro de hidrógeno, monóxido de carbono y otros contaminantes que surjan del inventario de emisiones. Determinación de material particulado.
- Caracterización de la calidad del aire
- Valorización de las emisiones gaseosas según pautas de diseño
- Concentración de contaminantes a nivel del suelo (Decreto reglamentario N° 7.488/72, art. 353 y 354), aplicación del modelo difusional previsto en la citada reglamentación
- Estimación del área comprometida por las potenciales emisiones.

**ANEXO VII**

**1-TARJETAS DE CONTROL DE RESIDUOS PATOGENICOS**

Planta Para Tratamiento de Residuos Patológicos



A) Para establecimientos generadores

TARJETA DE CONTROL DE RESIDUOS

Nº DE INSCRIPTO:

Generación:

Fecha:

Lugar:

Expedición:

Hora:

Fecha:

Cantidad de Residuos (Kg):

.....

Firma y aclaración del responsable

Los datos correspondientes a la Generación del residuo serán completados en el momento de proceder al precintado de la bolsa.

Los datos referentes a la Expedición se completarán cuando se procede al retiro de los residuos del establecimiento.

B) Para Consultorios particulares

TARJETA DE CONTROL DE RESIDUOS



---

Nombre y Apellido:

Profesión:

Nº de Matrícula profesional:

Domicilio del Consultorio:

Fecha:

.....

Firma y aclaración del profesional

2-PLANILLAS DE CONTROL DE RESIDUOS

A) Para uso del establecimiento generador

Denominación del establecimiento:

Domicilio:

Nro. De registro:

(\*) Marcar con **x** lo que corresponda

TOTAL DE RESIDUOS PATOGENICOS

Número de bolsas: Total de Kg:

TOTAL DE RESIDUOS NO PATOGENICOS

Número de bolsas: Total en Kg:

FECHA DE EXPEDICION:

.....

Firma y aclaración del responsable

B) Para uso del Centro de Tratamiento Final

Denominación del establecimiento:

Domicilio:

Nº de registro del Centro:

.....

Firma y aclaración del responsable

---

Planta Para Tratamiento de Residuos Patológicos



---

C) Para uso de los Centros de Despacho

## ANEXO V

### CARACTERÍSTICA DE LOS VEHÍCULOS DE TRANSPORTE

Sistema de contenedores y porta-contenedores

Identificación Baliza

Escalón borde de Elementos de retención de limpieza, protección líquidos personal y bolsas repuesto

## ANEXO VI

### IDENTIFICACIÓN DE SEGURIDAD PARA VEHÍCULOS DE TRANSPORTE EXTERNO

Se colocarán en ambos laterales y en la parte trasera del vehículo.

Nota 1

6.2: Número de División referido a "*sustancias infecciosas*"

Nota 2

2814: Número de identificación de las Naciones Unidas, referido a "*sustancias infecciosas para el hombre*".

## ANEXO VIII

La documentación se presentará ante la Dirección de Fiscalización Sanitaria, Departamento Establecimientos de Salud.

Domicilio: Calle 51 N° 1120 Planta Baja Oficina 7, CP 1900 La Plata.

Horario de Atención: Lunes a Viernes de 8 a 14 Hs sin excepción.





# ***PLANOS***

