



## MEMORIA TÉCNICA DEL PROYECTO TITULADO:

**“Delimitación de calidad de la mezcla de residuos utilizados como combustible alternativo”**

**que presentan:**

**Alegría López Julieta  
Martínez Muñoz Paulina  
Muñoz de Cote Samaniego Bryan Nahún  
Reséndiz Luna Juan Jesús**

**Estudiantes de 5to semestre de la carrera de Ingeniería en Energías de la Universidad Mondragón México, como parte del proceso de Evaluación del Proyecto Fin de Semestre.**

El Marqués, Querétaro, julio de 2020.



# Índice

Índice .....	1
Resumen.....	2
1. Introducción.....	2
2. Propuesta de trabajo.....	3
3. Diagnóstico y justificación.....	4
4. Ideación y desarrollo conceptual.....	5
5. Memoria descriptiva.....	7
6. Plan de fabricación.....	8
7. Lista de piezas, materiales y herramientas.....	10
8. Planos.....	11
9. Cálculos técnicos.....	18
10. Presupuesto.....	34
11. Pruebas.....	34
12. Problemas encontrados y solución adoptada.....	36
13. Resultados y conclusiones.....	37
14. Valoración del proyecto .....	43
15. Referencias.....	45
16. Anexos.....	45

# Resumen.

A lo largo de este documento, explicaremos el funcionamiento y desarrollo de nuestro proyecto fin de semestre.

No es sorpresa que las empresas alimenten un sistema secundario, sin embargo, la posibilidad que la mayoría decide seguir es consumir gas natural. Sin embargo, la empresa Givaudan ha decidido en pro del medio ambiente, eficiencia energética y disminución de desechos: utiliza sus mismos desechos como combustible alterno para alimentar una caldera.

Comentaremos también sobre la viabilidad del proyecto, y cómo las propiedades extensivas de la mezcla determinan la calidad de ésta.

La importancia de conocer las propiedades de los compuestos con los que trabajaremos recae en la solución que busquemos.

## 1. Introducción.

El objetivo del proyecto es fijar límites superior-inferior en la calidad de la mezcla que se utiliza como combustible alterno que entra a una caldera que puede ser alimentada tanto con gas natural como con este combustible. Las variables que vamos a considerar para la calidad del combustible incluyen: viscosidad, agitación, composición, humedad, porcentaje de cenizas que se queda en la caldera y otras.

Entre los indicadores de éxito considerados para el alcance del proyecto se encuentra la NOM-085-2011, pues tiene como función fijar niveles máximos de emisiones de contaminantes a la atmósfera de los equipos de combustión y calentamiento indirecto, así como emisiones de monóxido de Carbono (CO), bióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) y óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>).

Se sabe pues, que, al generar un combustible a base de residuos, la empresa lo utiliza para suministrar su sistema de calderas, lo cual funciona como sustituto de gas natural, trayendo consigo un beneficio económico, pues ya no tienen que comprar gas natural.

Otro indicador es el reducir el desperdicio de la mezcla que no es apto para la caldera y que se tiene que buscar un comprador para este producto ya trabajado.

Con respecto a lo anterior nace otro indicador, el beneficio económico para la empresa, pues a pesar de que se está comprando este producto “no apto” para la empresa, ésta ya ha invertido recursos para la producción de esta mezcla, lo cual no es lo mismo en vender los residuos en crudo, sin

tratar, que vender un producto, el cual ha pasado por una cantidad de procesos que representan un gasto económico para la empresa.

La justificación del proyecto se desarrolla gracias a que dentro de los procesos de la empresa resultan en residuos químicos que se reutilizan como combustible, éstos se clasifican en ligeros y pesados, y el combustible producido es una mezcla de ambos en una proporción de 70% a 30%, respectivamente. El proceso de vaciado de residuos no cuenta con retroalimentación, por lo que el operador no respeta la proporción, esto resulta en un combustible no apto para su combustión o una quema ineficiente, causando daños en la infraestructura de la caldera, el álabe de la turbina del generador, causando así pérdidas en ventas por mala calidad del producto.

## 2. Propuesta de trabajo.

Para resolver este reto, se propone la implementación de un sistema automatizado en la que se tengan como base las relaciones de los químicos estipulados por parte del beneficiario. Teniendo en cuenta que en cada día de trabajo se realizan obtienen distintas cantidades de residuos, este proyecto se realizará tomando los datos promedio de dicho producto.

En la materia líder Mecánica de Fluidos explicaremos la automatización y optimización del sistema, además de definir la característica que se optimizará. Incluiremos los cambios de la maquinaria dentro del proceso, incluyendo los sensores que se agregarán. Explicaremos los beneficios que se obtendrán a partir de la innovación y se justificará el costo-beneficio con un análisis.

Dentro de la primera materia asociada, Tecnologías en Electrónica Avanzada haremos la selección de sensores, así como los transductores que monitorearán la cantidad de compuestos para la realización del combustible alternativo. Se incluirán los diseños de los acondicionadores de señal, del sistema para automatizar los procesos de transmisión de fluidos y del circuito electrónico.

Automatización Avanzada tendrá como objetivo la identificación de los elementos en el sistema automatizado. nuevamente la selección de sensores, dispositivos de procesamiento o control y actuadores que mejor apliquen. Así como programar dichos dispositivos, y controlar las variables, como lo son el combustible A y B. Finalmente, la integración de los sistemas mecánicos, electrónicos y de programación como un resultado.

Para Conversión de Energía identificaremos las tecnologías para la generación de energía térmica, elaboraremos un balance de materia y energía en el proceso de conversión de energía, incluyendo el análisis energético del ciclo de potencia. Plantearemos el diseño de un ciclo termodinámico que sea: viable, produzca trabajo útil; y que utilice una fuente de energía de calor residual.

Para concluir las Retos de Aprendizaje, para Ciclos de Generación Termoflúidica, haremos el reconocimiento de las variables termodinámicas que se presentan en el ciclo, la evaluación del desempeño de los ciclos de potencia de gas para los que el fluido de trabajo permanezca como gas

durante todo el ciclo. El análisis de los ciclos de potencia de vapor en los cuales el fluido de trabajo se evapora y condensa alternadamente. Conoceremos los principios de las bombas de calor y la medida de su desempeño y aplicaremos el principio de la conservación de la masa a sistemas reactivos para determinar las ecuaciones de reacción balanceadas.

### 3. Diagnóstico y justificación.

En base a los procesos de producción que se realicen en planta, se generan residuos de los diferentes químicos que se manejan, dependiendo de las características de los residuos se clasifican en Qin, que se dividen a su vez en ligeros y pesados, y en Qex, estos últimos no los puede utilizar el beneficiario, pues la quema de estos es contraproducente para la planta, pues tienen que respetar la cantidad de emisiones que pueden producir. Al no poderlos utilizar el beneficiario decide venderlos a otra industria que si pueda darle un uso o mandarlos a confinamiento

El beneficiario toma los residuos Qin (ligeros y pesados) para elaborar una mezcla que funciona como combustible alternativo para alimentar el sistema de calderas de la planta.

Para elaborar la mezcla, se tiene que hacer en proporciones específicas para que esta sea apta para la quema correcta en las calderas.

La mezcla se hace en un tanque solubilizador, donde primero se coloca una cama de 3000 litros de residuos ligeros, pues si se colocan primero los residuos pesados se solidifican inmediatamente, causando así que se pare el proceso para limpiar el tanque solubilizador.

Después de los 3000 litros de residuos ligeros, se comienza una proporción de 67% residuos ligeros y 33% residuos pesados, correspondiendo aproximadamente a 3600 litros de ligeros y de 1200 a 1800 litros de residuos pesados.

En algunas ocasiones, los operadores no realizan las proporciones correctamente, causando así problemas para la quema de la mezcla. Al no poder quemarse esta mezcla, el beneficiario tiene que recurrir a venderla, como se ha mencionado anteriormente, sin embargo, a esta mezcla ya se le han invertido procesos, tiempo, energía y recursos que afectan económicamente a la planta, pues no es la misma situación de vender residuos Qex, que desde el principio se clasificó para su venta, a vender un producto ya tratado.

Entre las restricciones que tiene la caldera sobre la mezcla para ser apta para su quema se encuentran las siguientes:

- No deben ser clorados: Generan toxinas cuando se queman.
- No formen peróxidos. Genera explosión interna. Residuos muy volátiles.

- No poseer agua: No permite que se genere la combustión, causa caídas de presión y apaga la flama de la caldera.
- Residuos que generen sólidos: Generan incrustaciones en la caldera que afectan al intercambio de calor.
- Residuos que sean ácidos: Daña las válvulas y provoca corrosión a la caldera.

Debido a lo anterior, nosotros, y con ayuda del beneficiario, determinamos que las variables en las que basaremos la delimitación de los máximos y mínimos para que sea apta para la quema en la caldera son: la densidad, la viscosidad y la presencia de agua.

Entre las restricciones que podrían afectar el proyecto fin es la producción en planta, pues varía constantemente, provocando que la cantidad de residuos, tanto ligeros como pesados, afecten las características definidas anteriormente. Esto podría delimitar nuestro proyecto a solo tomar en cuenta el resultado de la mezcla, sin considerar los residuos involucrados en la mezcla, sin embargo, la toma de mezclas que se realiza considera la fecha de producción, para así poder identificar qué residuos provocan una mezcla óptima o desechable para la caldera.

Otra restricción que se presenta es la falta del autómata programable, pues al no contar con las instalaciones escolares que nos ofrecen este servicio, se han presentado problemas para descargar el software que se tiene pensado para programar el proyecto, esto causará que se cambie el programa que se había planteado inicialmente o encontrar una solución de igual peso que tiene el programa principal.

## 4. Ideación y desarrollo conceptual.

Nuestro beneficiario está enfocado específicamente a la Industria Química, pues Givaudan es una empresa que elabora fragancias, ingredientes para fragancias, sabores, productos del cuidado personal, del cuidado del hogar, del cuidado de la ropa y cuidado bucal. El proyecto está dirigido principalmente a Givaudan Pedro Escobedo, que es una planta de ingredientes para fragancias.

Se escogió este beneficiario porque había una necesidad dentro de la planta que coincidía con los requerimientos del proyecto fin de semestre.

Entre las propuestas de variables que teníamos para establecer mínimos y máximos para poder desarrollar el programa se encontraban estudios de cromatografía, densidad, viscosidad y presencia de agua, pero una vez que se comentó con la química del laboratorio, dijo que no era lo más apto hacer un estudio de cromatografía, pues iba a arrojar datos que no sabríamos interpretar, por lo tanto, nuestras variables se redujeron a la viscosidad, densidad y la presencia de agua.

Para esto se tomaron muestras de la mezcla de combustible alterno para obtener los datos de viscosidad, densidad y presencia de agua. Esto para comenzar a determinar parámetros entre máximo y mínimo.

Estas muestras se analizarán posteriormente para determinar los valores de máximos y mínimos requeridos en el proyecto.

Para sacar estos valores claves del proyecto se retoman los conocimientos de la materia de Estadística para completar este análisis de datos.

A continuación, se muestra el mapa conceptual respondiendo a las preguntas del ¿qué?, ¿cómo?, ¿por qué?, y ¿quién?



Imagen 1. Mapa conceptual

## 5. Memoria descriptiva.

En prototipo que se maneja y entregará este semestre es de manera conceptual, pues por la pandemia del Covid-19 se ha suspendido la modalidad de la elaboración de un prototipo físico, además, el proyecto fin de este semestre está un poco más enfocado hacia la automatización de un proceso, por lo tanto, necesita más programación que el prototipo físico por nosotros.

Para tener un poco más de contexto sobre el proyecto se describe a continuación todo el proceso para la producción del combustible alterno.

Cómo se menciona en la Sección 3, se dividen los residuos en Qin y Qex dependiente del tipo de residuos que sea, los Qin son los necesarios para la elaboración de la mezcla de combustible alterno, quemado interno, que se dividen a su vez en ligeros y pesados por sus características. Los Qex son los que se venden a proveedores o se envían a confinamiento, pues algunos no pueden ser utilizados en otras industrias.

Los residuos ligeros se envían al Reactor 14, de aproximadamente 12m<sup>3</sup>, se mezclan y una parte se redirige hacia el tanque bota que se encuentra unos metros más arriba del tanque solubilizador, que sirve más para limpiar las tuberías del proceso y para tener un almacén de residuos ligeros que se usarán posteriormente. En el tanque solubilizador se hace la mezcla clave pues se coloca primero la cama de 3000 litros de residuos ligeros, luego comienza una proporción de 67% residuos ligeros y 33% residuos pesados, correspondiendo aproximadamente a 3600 litros de ligeros y de 1200 a 1800 litros de residuos pesados.

Después del tanque solubilizador se envían a los tanques DIA correspondiendo al área donde se quemará esta mezcla, pues no todas las calderas de la planta son aptas para el uso de combustible alterno.

Después del tanque DIA el siguiente paso es la caldera, donde se hace el quemado de este combustible alterno.

El proyecto es un programa que cuenta con una válvula On/Off de tres vías y un sensor de densidad, pues al medir esta característica evitamos que la mezcla que no es viable entre el rango de máximos y mínimos, antes delimitado, pase a la caldera, así como permitir el paso cuando si cumpla con las cantidades adecuadas.

Este pequeño circuito se colocará después del tanque DIA, pues es este tanque receptor que tiene como función almacenar de manera previa a la caldera la mezcla que ha pasado ya por el proceso de solubilización entre los residuos ligeros y pesados en el tanque solubilizador. Se coloca a la salida del tanque DIA por varias razones, entre ellas se encuentra que esta mezcla, al ser el paso previo al quemado de la caldera, ya no va a sufrir más cambios o pasar por otro proceso que afecte alguna de las características que necesitamos medir para entrar entre el rango de mezcla apta.

El segundo motivo por el cual se ha decidido poner después del tanque DIA, es que este último cuenta con un proceso de recirculación para limpieza del tanque, a pesar que no se use de manera frecuente o con un periodo establecido, esto mismo ocasiona que cuando se cargue a este tanque la mezcla de combustible alterno, no tenga contacto con otra sustancia que altere su densidad, y si este fuera el caso, el sensor se encuentra a la salida del tanque, para evitar que no se tomen los datos incompletos.

En un principio se consideró poner el sistema a la salida del tanque solubilizador, pues es aquí donde se hace la proporción necesaria entre los residuos pesados y ligeros, pero esta ubicación tenía enfoques diferentes del proyecto, pues era controlar el porcentaje correspondientes, tanto de residuos ligeros como pesados, cuando este problema se puede encontrar en el área de operaciones, que puede ser desde medidas de seguridad hasta operadores distribuyendo las cantidades de residuos. También se comentó en su momento si se podía colocar a la salida del Reactor 14, que, cómo se mencionó anteriormente, es dónde se hace la mezcla de los residuos ligeros denominados como Qin, pues cuentan con las características mencionadas en la sección 3 de Diagnóstico y Justificación, sin embargo, se determinó que a la salida del tanque DIA se obtienen ya resultados certeros sobre la mezcla de combustible alterno, así como facilitar la etapa para descargar la posible mezcla no apta para la caldera.

Estas razones mencionadas anteriormente justifican por qué se coloca el prototipo a la salida del este tanque DIA.

No se puede adjuntar un plano del proceso detallado debido a términos de confidencialidad con la empresa, pero se adjunta más adelante con discreción y modificado.

La justificación en base a los resultados que se obtendrán posteriormente de las muestras de residuos.

## 6. Plan de fabricación.

Para el proyecto no es necesario la fabricación desde cero, ya que la empresa tiene existente el sistema de tubería por el cual fluye la mezcla que se va a utilizar. Lo que se agregará en esta parte del plan de fabricación será la forma de adaptación de este proceso para tener un mejor control del manejo de dicha mezcla. Para hacer esta adaptación se debe de recalcar que todo el sistema que se utilizará deberá estar vacío de cualquier mezcla que pueda tener. También se debe de recalcar que en esta parte para el uso de herramientas e instalación de los elementos que se mencionan debe ser realizada por personal capacitada, experiencia en el tema y estar autorizada por la empresa, así tener menos problemas de los que se tendría con personal que no tiene los conocimientos ni la práctica para este tipo de actividades.

Para saber si la mezcla es ideal para el uso del caudal (en línea) que va hacía la caldera, se colocará el sensor DT301 SMAR que ayudará a la medición de la densidad en la mezcla. Dicho sensor se

puede poner de manera, intercalando un dispositivo muestreador por el que se hace circular el producto. Como la entrada del producto al muestreador se hace simultáneamente desde la parte superior e inferior, la medición no es afectada por la velocidad de circulación. La representación gráfica de esta explicación es la siguiente:

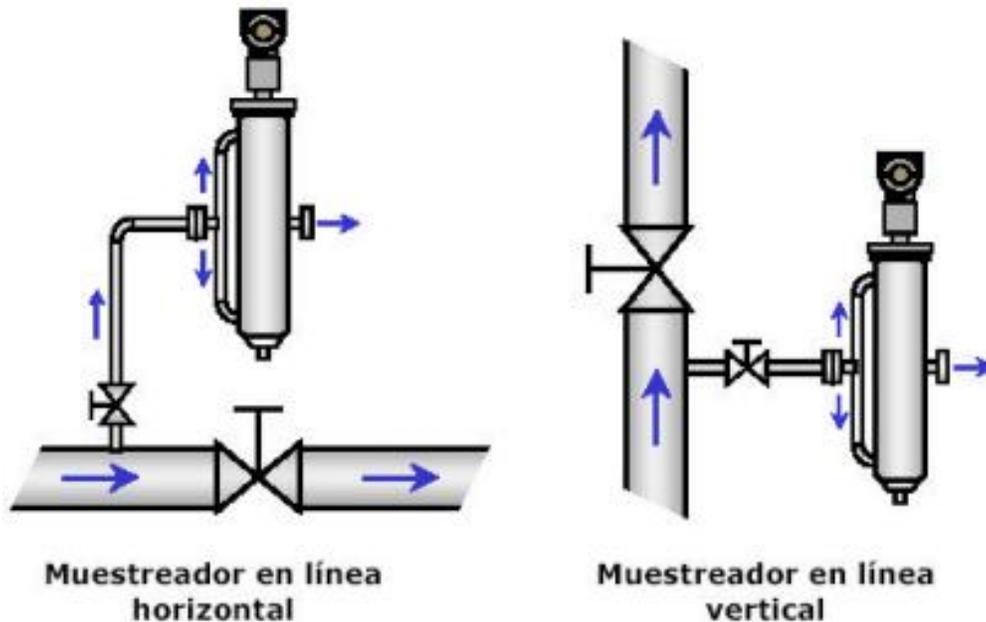


Imagen 2. Recuperada del documento que brinda información técnica del sensor DT301 SMAR.

Para el implemento de la válvula motorizada de tres salidas que es la que llevará la mezcla del tanque (si cumple con la densidad requerida) a la caldera, la otra salida será para llevar a confinamiento o vender la mezcla. Para la instalación se debe de hacer la adaptación necesaria para el buen funcionamiento de la válvula, la válvula será del mismo diámetro de la ya existente de dicha tubería ya mencionada se cortará una fracción para unir la válvula y agregar la tubería que va hacia la opción del confinamiento o venderla.

Para instalar físicamente el PLC, se debe de poner dentro de una caja (para la intemperie) o asignar un lugar para su manejo de la nueva sección automatizada. Si se llega a anclar la caja a la pared, se debe de hacer las perforaciones necesarias y atornillarlos con la medida del orificio. De la misma manera, anclar el PLC a la caja y los demás elementos necesarios como el cableado.

Cuando el sensor, la válvula motorizada y el PLC estén listos, se hará el arreglo eléctrico. El sensor y la válvula motorizada se les añadirá una extensión de cableado para lograr llegar al PLC y conectarlo. El PLC se conecta a una fuente de alimentación para alimentar el DT301 SMAR y la válvula. En caso de tener un sistema automatizado principal de toda la planta, se puede interconectar el PLC.

## 7. Lista de piezas, materiales y herramientas.

Piezas:

1. PLC siemens s7-1200.  
No. de piezas 1.
2. Sensor DT301 SMAR.
3. Válvula motorizada.
4. Tubería 1 (hacia la caldera).
5. Tubería 2 (hacia confinamiento).

No. Asignado	Denominación	No. De piezas	Material	Imagen
1	PLC siemens s7-1200.	1	Polímeros y cobre	
2	Sensor DT301 SMAR	1	Teflón	
3	Válvula motorizada	1	Latón	

Hay que tomar en cuenta que nos basamos en la NOM-005-ASEA-2016, “Diseño, construcción, operación y mantenimiento de Estaciones de Servicio para almacenamiento y expendio de diésel y gasolinas” para poder escoger el sensor adecuado para el sistema.

Los puntos clave que podemos recuperar de la norma para entender las restricciones que hay que seguir son los siguientes:

## 8. Planos.

A continuación, se muestra el diagrama de tuberías de todo el proceso de quemado de residuos brindado por el beneficiario, por cuestiones de privacidad, se eliminaron ciertos tags y especificaciones, así como se eliminaron las áreas que no serán impactadas en el proyecto pero que sí son necesarias para el entendimiento completo del proceso. Se enumeraron las áreas involucradas en el proyecto de la siguiente manera.

- 1.- Reactor R-14
- 2.- Tanque solubilizador.
- 3.- Tanque de DIA (Sección II)
- 4.- Caldera II (Servicios II)
- 5.- **Área a modificar**

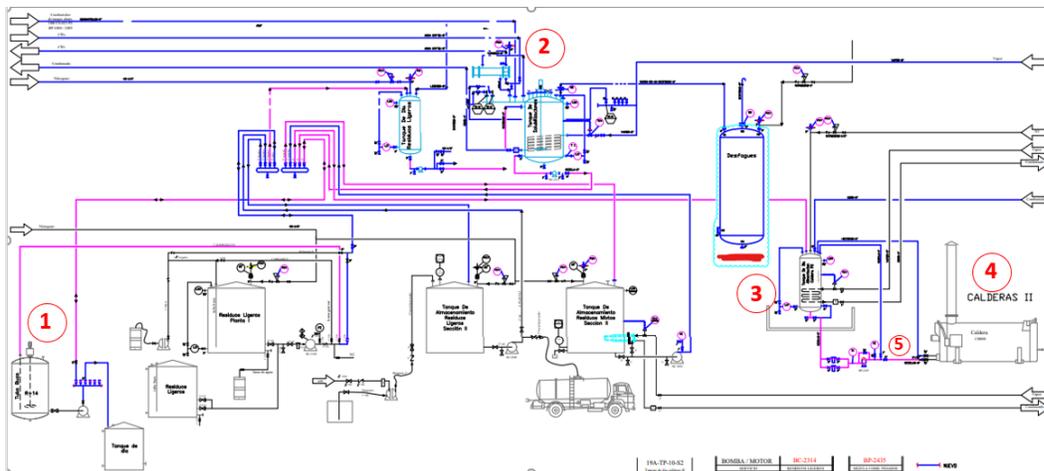


Imagen 3. DTi Proceso de Quemado de Residuos

El siguiente diagrama muestra el área 5, enumerando las modificaciones que se harán en el proceso de quemado de residuos. Las partes que se agregarán son las siguientes.

- 6.- Válvula de tres vías.
- 7.- Sensor DT301-SMAR.
- 8.- Schutz para almacenamiento de mezcla no apta.
- 9.- Manguera para descarga.

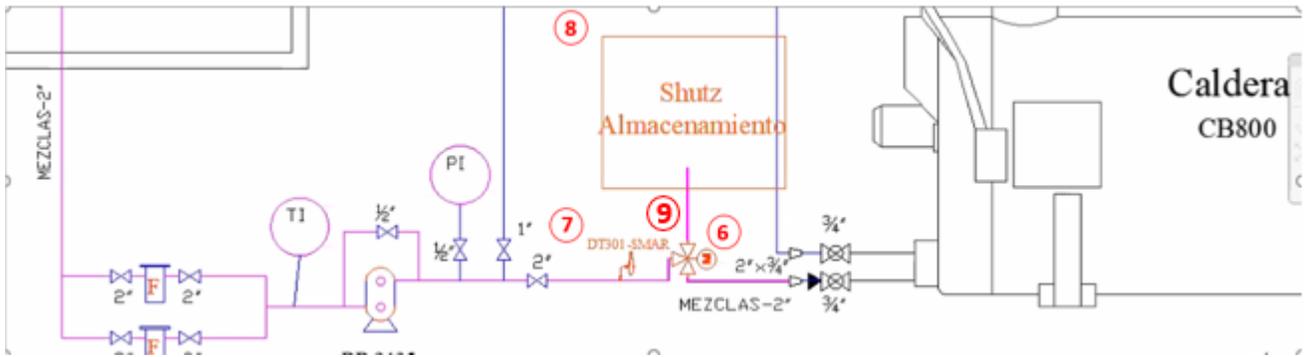
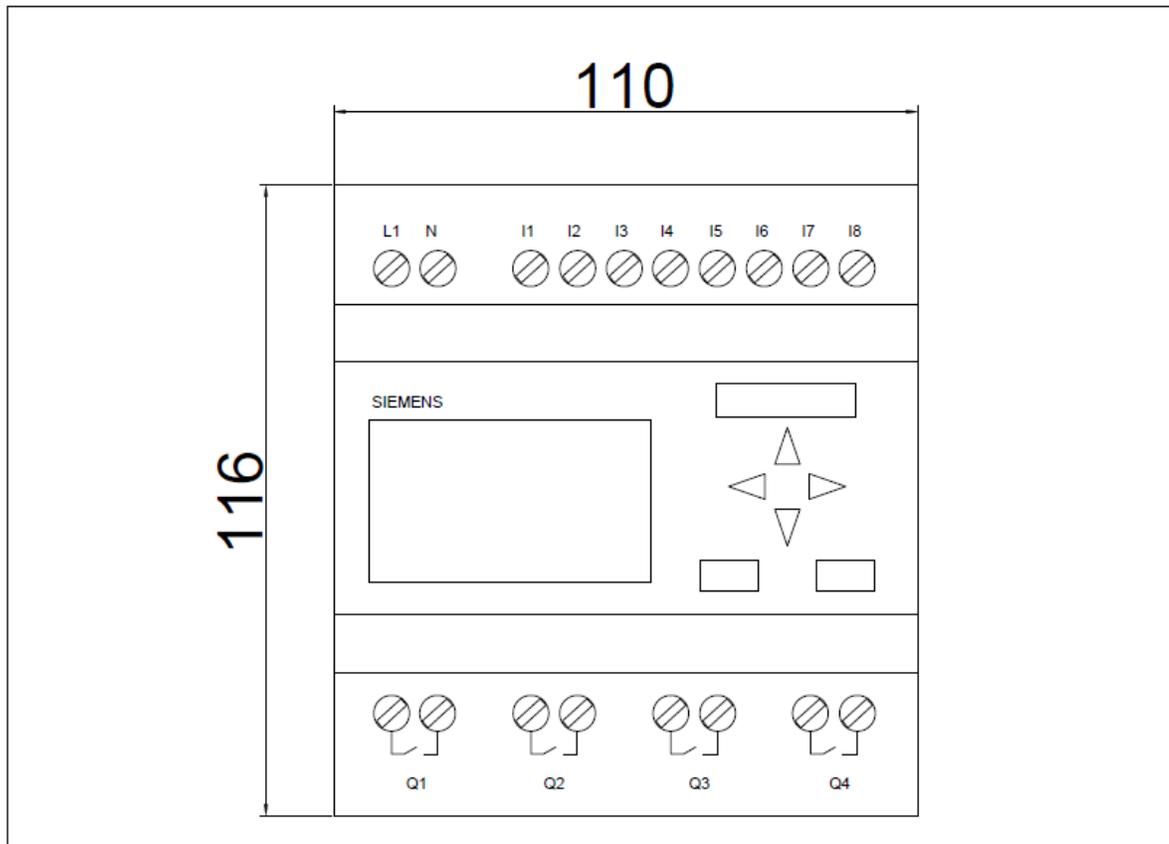


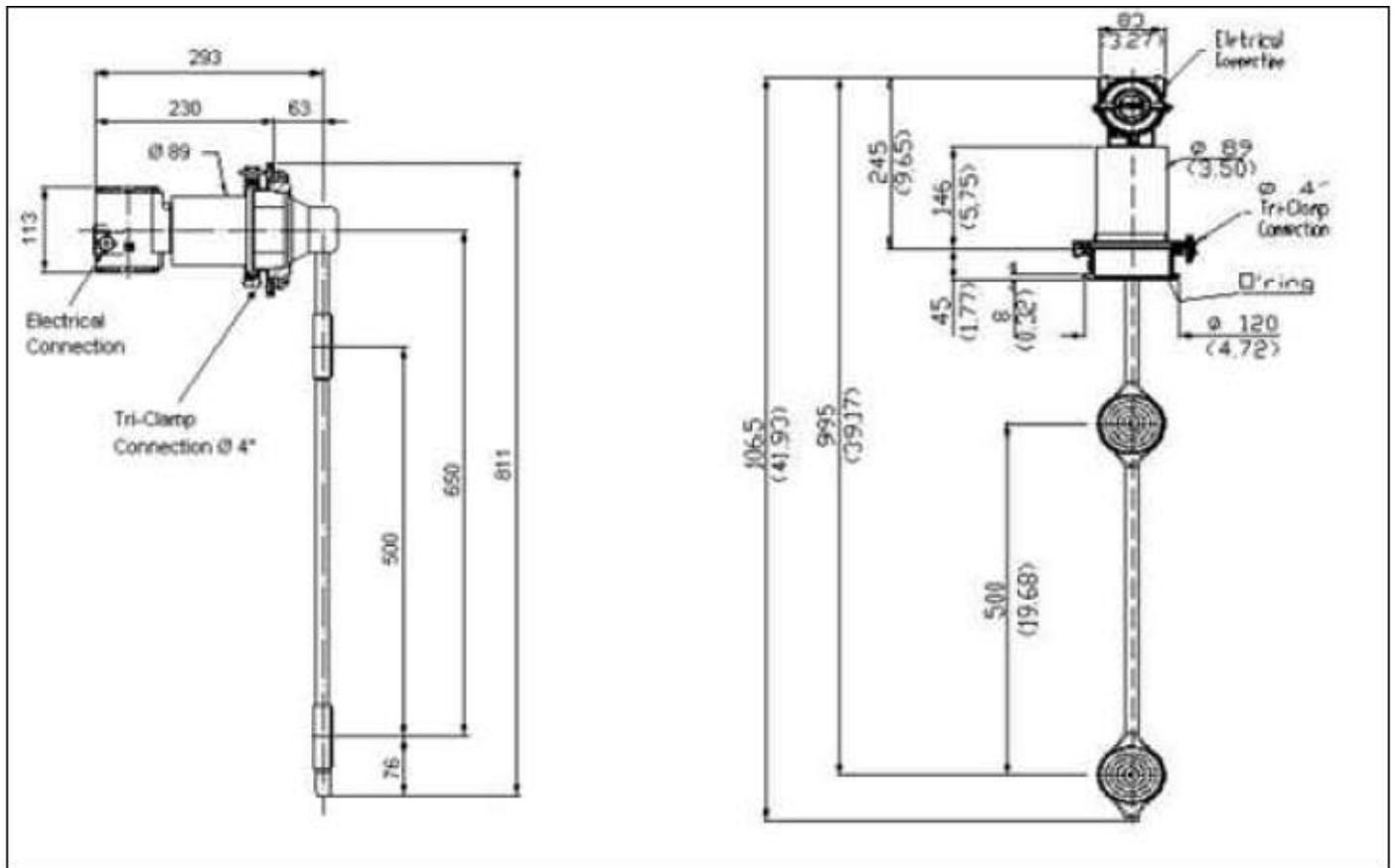
Imagen 4. Plano Modificaciones de quemado de residuo

Para una vista detallada de los elementos que se representan anteriormente, se elaboraron planos de cada una de las piezas con sus respectivas medidas.



Simbologia		PLC.		Pieza
		Datos		
		Equipo: Eolos.		1
		Fecha: 20/11/2020.		
		Unidades: mm.		

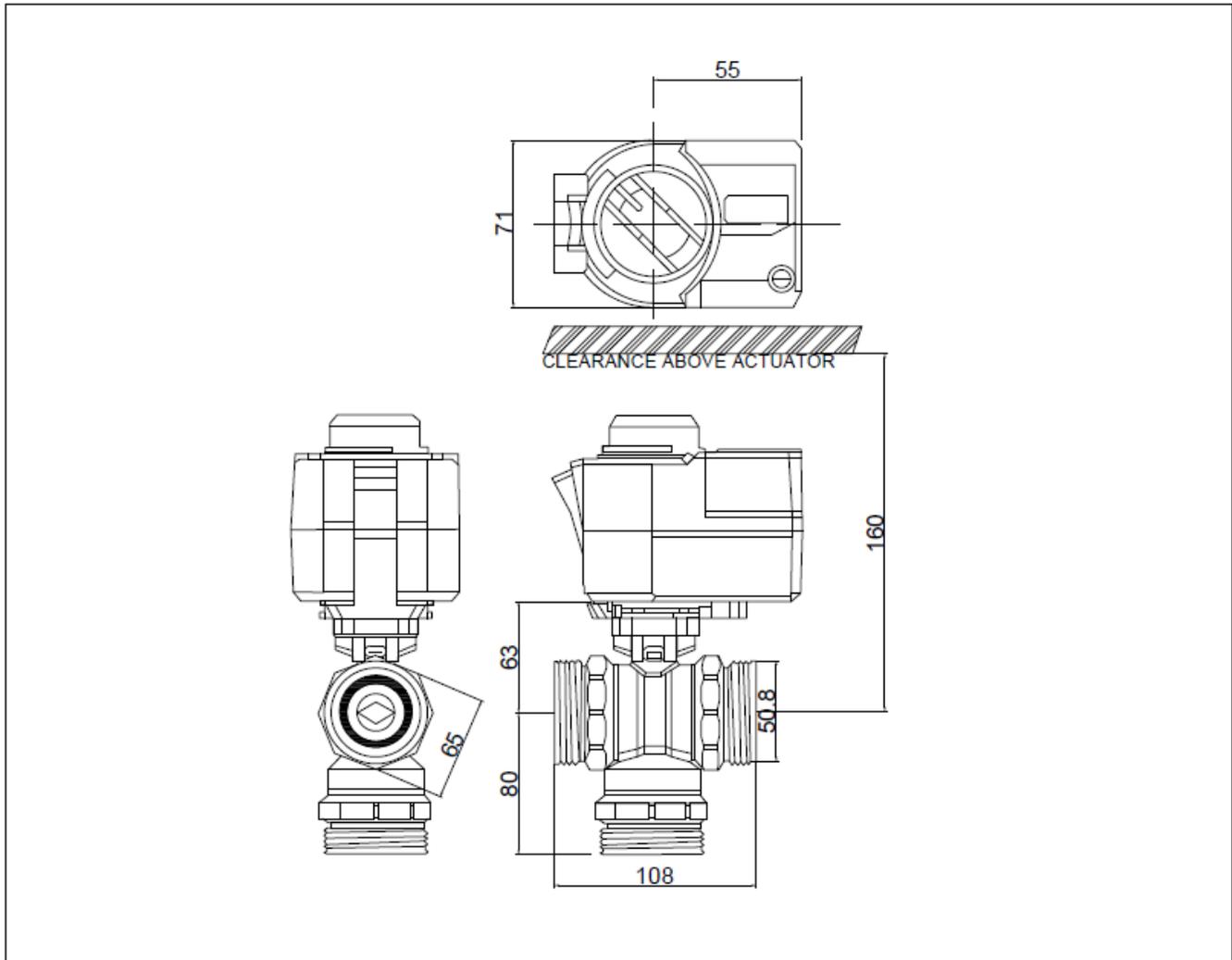
Plano 1. PLC



Representación conceptual de la conexión eléctrica.

Simbología		Datos		Pieza
 Serie DT001-EMAR (Sistema eléctrico)	 Serie DT001-EMAR (Sistema hidráulico)	Equipo: Eolos.	2	
		Fecha: 20/11/2020.		
Unidades: mm.				

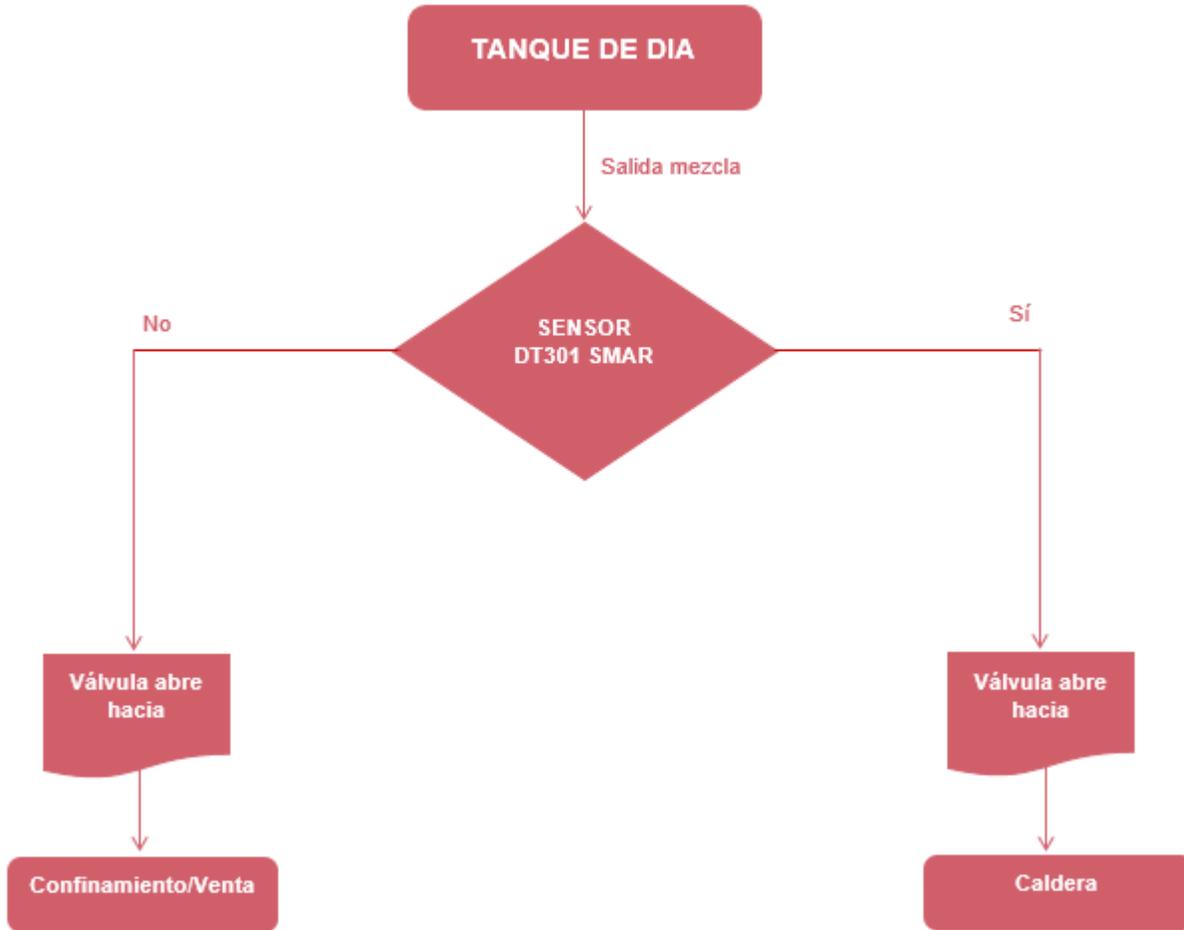
Plano 2. Representación conceptual de la conexión eléctrica



Válvula de 3 vías automatizada.			
Simbología		Datos	
	 Válvula de 3 vías automatizada.	Equipo: Eolos.	Pieza
		Fecha: 20/11/2020.	
		Unidades: mm.	
			3

Plano 3. Válvula de 3 vías automatizadas.

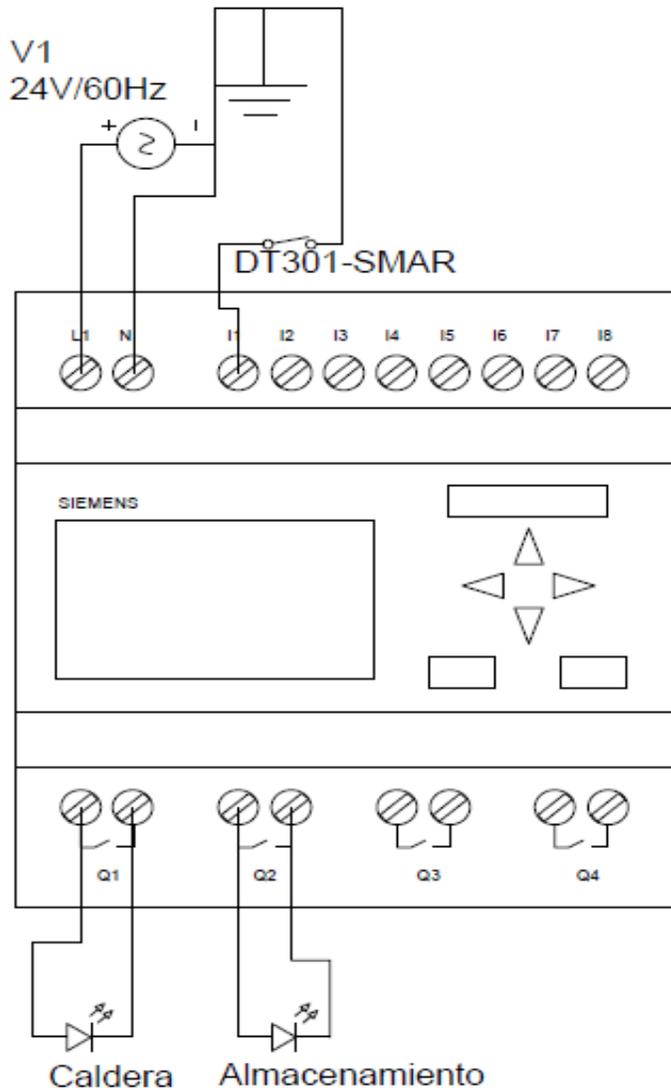
El funcionamiento del PLC para determinar cuándo la muestra es apta o no se basa en el siguiente diagrama de flujo.



Plano 4. Diagrama de Flujo

Y se representa en el siguiente esquema conceptual. Donde la mezcla que se va a utilizar llegará primero al tanque DIA, ahí se prepara la mezcla con los residuos. En el caudal del tanque DIA hacia la caldera se instalará el sensor de densidad DT301 SMAR que midiendo los valores correspondientes a que la mezcla sea apta para el uso de la caldera, la válvula de 3 vías motorizada abra hacia la trayectoria de la caldera. En caso de que el sensor detecte que la mezcla no es apta, la válvula abrirá hacia la trayectoria del confinamiento/venta.

En el diagrama eléctrico y la simulación del proyecto la válvula se va a representar como leds que cuando se enciendan significará la trayectoria destinada. Ejemplo: Cuando el combustible es apto para su uso, el led de caldera se encenderá (representando que se abrió la válvula hacia la caldera). En caso contrario el led de almacenamiento/venta se encenderá (representando que se abrió la válvula hacia dicha trayectoria ya mencionada). Del mismo modo, el sensor se representará como un interruptor representando señales de 0 y 1. El 0 representa que la mezcla no es la correcta, el 1 representa que la mezcla es la correcta.



Representación conceptual de la conexión eléctrica.			Pieza
	Simbología	Datos	
		 Fuente de alimentación.  Conexión hacia la caldera.  Conexión hacia almacenamiento.	 Sensor DT301-SMAR Tera. 
			

Plano 5. Representación conceptual de la conexión eléctrica.

Debido a que una de nuestras limitantes es la ausencia del programa TIA PORTAL para programar el PLC usando entradas analógicas, tuvimos que representar la entrada del sensor DT301-SMAR de densidad como entradas digitales en 2 casos: cuando la densidad del fluido está dentro de los parámetros establecidos y cuando está fuera de ellos.

Cabe mencionar que usamos enclavamiento en los Leds para que en el caso cuando el sensor no arroje valores, pero siga pasando fluido a través de las válvulas, estos sigan indicando la salida del fluido. Para apagarlos una vez que haya pasado todo el fluido, se tendría que accionar el suich de "Paro".

Por lo tanto, el diagrama de escalera del programa sigue la siguiente lógica:

Entrada analógica: Sensor de densidad DT301-SMAR:

ENT00 → Densidad del fluido ideal

ENT01 → Baja o alta densidad del fluido

Entradas digitales:

ENT02 → Inicio

ENT03 → Paro

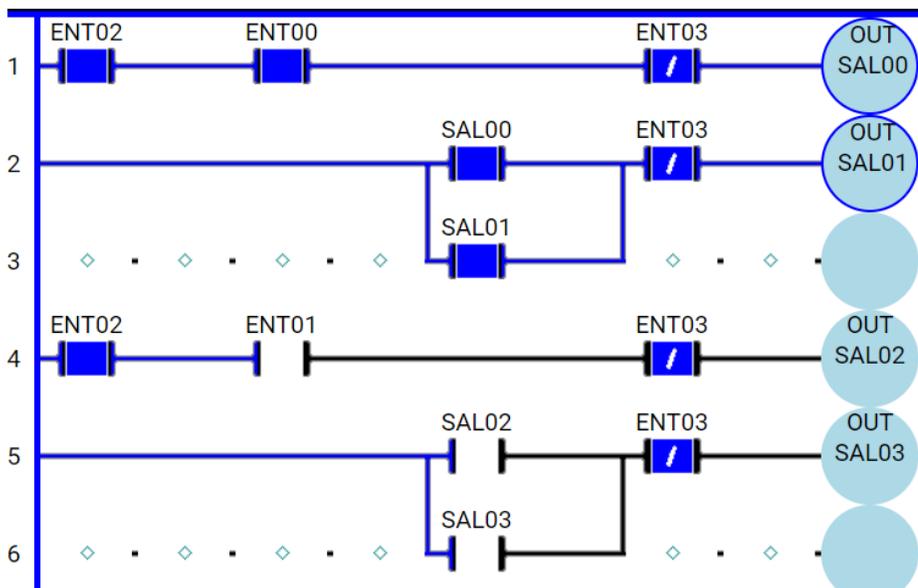
Salidas

SAL00 → Válvula de caldera

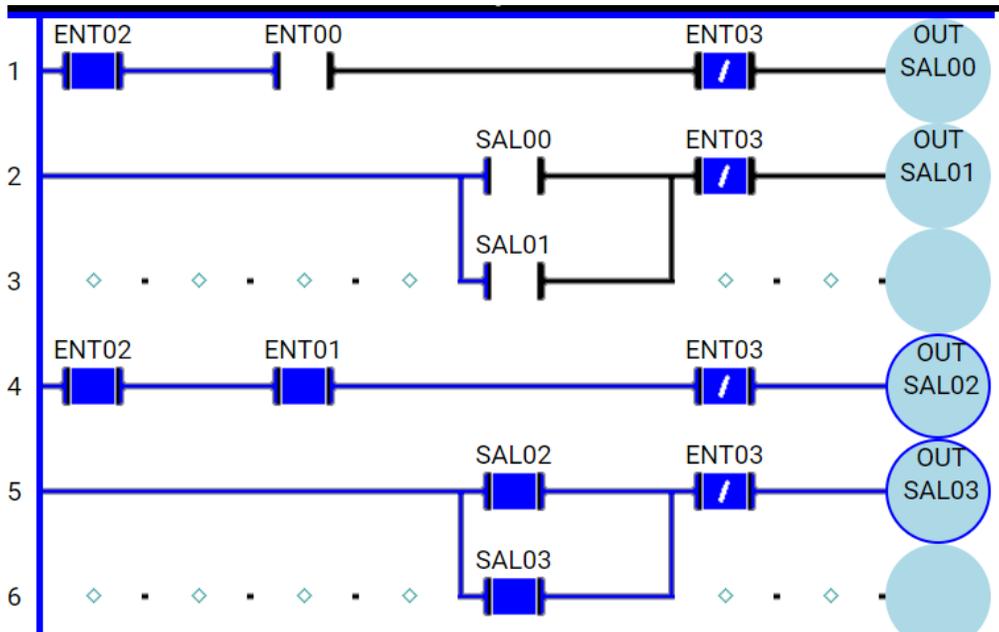
SAL01 → LED de caldera

SAL02 → Válvula de almacenamiento

SAL03 → LED de almacenamiento



Plano 6. Diagrama de escalera donde la densidad del combustible está dentro de los parámetros deseados.



Plano 7. Diagrama de escalera donde la densidad del combustible no está dentro de los parámetros deseados.

## 9. Cálculos técnicos

Para obtener la eficiencia del proceso se tomará como referencia el ciclo de Stirling, el cual es capaz de alcanzar eficiencias del ciclo ideal de Carnot.

La Caldera que utilizaremos tiene 87.3% de eficiencia. El poder calorífico del combustible alterno es de 9,000 kcal/kg a 10,000 kcal/kg. La caldera trabaja a una potencia de 800 a 1500 Caballos de potencia de caldera (BHP), absorbe 7,848 kW de calor, y opera a una presión normal de 0.8617 MPa. Los gases de salida tienen una temperatura de 288°C. La presión máxima es de 9.0348 MPa.

$1 \text{ kcal} = 4.181 \text{ kJ}$  por tanto, 9,000 y 10,000 kcal equivalen a 37,656 kJ y 41,840 kJ respectivamente.

$0^\circ\text{C} + 273.15 = 273.15 \text{ K}$  Por tanto, la temperatura de los gases de salida es de 561.15 K.

$$Q_{in} = P_c m$$

$$Q_{out} = (1 - 0.873)Q_{in}$$

$$W = Q_{out} - Q_{in}$$

Imagen 5. Ciclo de Calderas II



Para calcular el  $Q_e$  de entrada de agua sabemos que la fórmula es

$$eficiencia = \frac{Q_{out}}{Q_{in}}$$

Ya contamos con la eficiencia de la caldera, que es de 87.3% (dato obtenido del beneficiario).

$Q_{out}$  se determina de la suma de todas las  $Q_{out}$  en los estados de agregación, así como el cambio de fase, dando como

resultado la siguiente fórmula.

### Calor de salida total ( $Q_s$ )

$$Q_{out} = Q_{Water} + Q_{Steam} + Q_{Cambio\ de\ fase}$$

Para calcular  $Q_{out}$ , necesitamos los siguientes datos.

Tomando en cuenta la condición de *arranque* en la caldera:

Flujo de Agua	Densidad del agua	Segundos por día
100 m <sup>3</sup> diarios	1000 kg/m <sup>3</sup>	86,400 s

Consideramos que el flujo de agua es de aproximadamente 100m<sup>3</sup>/día (dato obtenido del beneficiario), por lo tanto, hay que hacer la conversión a kg/s.

Operación

$$(100 \text{ m}^3/\text{día})(1000 \text{ kg/m}^3)(1 \text{ día}/86400 \text{ s})$$

Resultado: **1.1574 kg/s**.

---

### Flujo del agua (m)

---

1.1574 kg/s

---

Ahora que calculamos el flujo, tenemos que tomar en cuenta las temperaturas de entrada y salida del agua, pasando por la fase de vaporización.

Aquí se muestran los datos para el estado líquido.

---

### Estado Líquido

---

T1	20°C	293 K
----	------	-------

---

T2	94°C	367 K
----	------	-------

---

Calor específico Agua	4.177 kJ/kg
-----------------------	-------------

---

La Temperatura 1 (T1) se toma en cuenta la temperatura ambiente del agua, que consultando con datos es de 20°C, y la Temperatura 2 (T2) se toma en cuenta la temperatura de ebullición, que en el caso de Querétaro es de 94°C.

Para calcular el poder calorífico, tanto en estado líquido como en estado gaseoso (vapor de agua) a la presión que trabaja la caldera, que es de 0.8617 megapascuales (dato obtenido del beneficiario), se utilizó el programa Engineering Equation Solver (EES). Se adjuntan a continuación evidencias de estos cálculos.

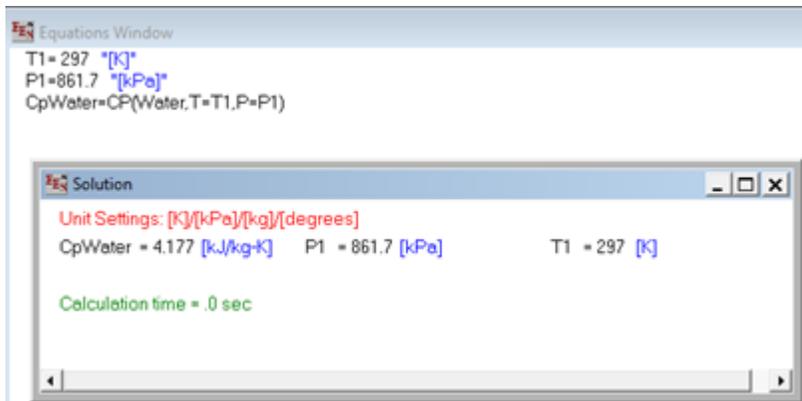


Imagen 6. Solución en EES

Para el estado gaseoso, se tomaron en cuenta los siguientes datos.

### Estado gaseoso (vapor de agua)

T1	94°C	367 K
T2	150°C	423 K
Calor específico (Vapor)	4.2070 kJ/kg	

La Temperatura 1 (T1) se considera como 94°C, pues es a la temperatura que comienza a ebullición el agua. La Temperatura 2 (T2) es a la temperatura que sale el vapor de agua (dato obtenido del beneficiario).

Igual que en el caso anterior, el poder calorífico en estado gaseoso se determinó con ayuda del programa EES. La evidencia se muestra a continuación.

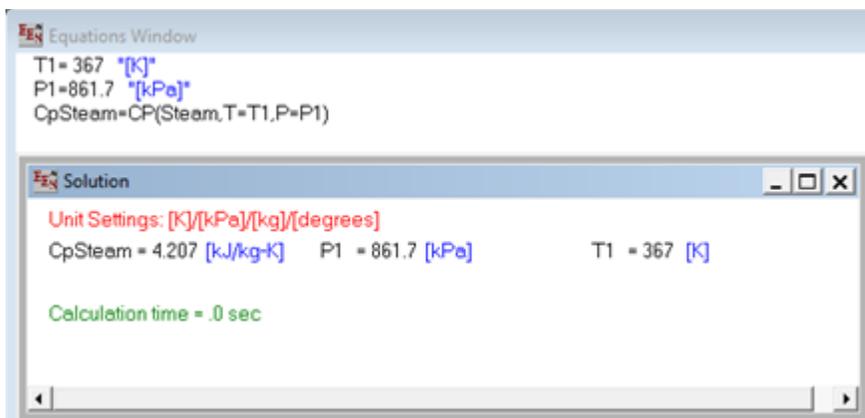


Imagen 7. Solución en EES

También se necesita el calor latente, pues consideramos el cambio de fase de vaporización. Para esto se consultó el libro de “Fundamentos de termodinámica técnica” de Michael J. Moran & Howard N. Shapiro.

La siguiente tabla se considera para interpolar el calor latente en la presión que trabaja la caldera, que sabemos es de 0.8617 megapascales, que equivale a 8.617 bares.

Abriendo el archivo "Fundamentos de termodinámica técnica - Moran Shapiro.pdf" con el navegador, se accede a la "Tabla de presiones" de las propiedades del agua saturada (líquido-vapor).

H <sub>2</sub> O	Presión bar	Temp. °C	Volumen específico m <sup>3</sup> /kg		Energía interna kJ/kg		Entalpía kJ/kg			Entropía kJ/kg · K		Presión bar
			Líquido sat.	Vapor sat.	Líquido sat.	Vapor sat.	Líquido sat.	Vaporización	Vapor sat.	Líquido sat.	Vapor sat.	
			$v_f \times 10^3$	$v_g$	$u_f$	$u_g$	$h_f$	$h_{fg}$	$h_g$	$s_f$	$s_g$	
0,04	28,96	1,0040	34,800	121,45	2415,2	121,46	2432,9	2554,4	0,4226	8,4746	0,04	
0,06	36,16	1,0064	23,739	151,53	2425,0	151,53	2415,9	2567,4	0,5210	8,3304	0,06	
0,08	41,51	1,0084	18,103	173,87	2432,2	173,88	2403,1	2577,0	0,5926	8,2287	0,08	
0,10	45,81	1,0102	14,674	191,82	2437,9	191,83	2392,8	2584,7	0,6493	8,1502	0,10	
0,20	60,06	1,0172	7,649	251,38	2456,7	251,40	2358,3	2609,7	0,8320	7,9085	0,20	
0,30	69,10	1,0223	5,229	289,20	2468,4	289,23	2336,1	2625,3	0,9439	7,7686	0,30	
0,40	75,87	1,0265	3,993	317,53	2477,0	317,58	2319,2	2636,8	1,0259	7,6700	0,40	
0,50	81,33	1,0300	3,240	340,44	2483,9	340,49	2305,4	2645,9	1,0910	7,5939	0,50	
0,60	85,94	1,0331	2,732	359,79	2489,6	359,86	2293,6	2653,5	1,1453	7,5320	0,60	
0,70	89,95	1,0360	2,365	376,63	2494,5	376,70	2283,3	2660,0	1,1919	7,4797	0,70	
0,80	93,50	1,0380	2,087	391,58	2498,8	391,66	2274,1	2665,8	1,2329	7,4346	0,80	
0,90	96,71	1,0410	1,869	405,06	2502,6	405,15	2265,7	2670,9	1,2695	7,3949	0,90	
1,00	99,63	1,0432	1,694	417,36	2506,1	417,46	2258,0	2675,5	1,3026	7,3594	1,00	
1,50	111,4	1,0528	1,159	466,94	2519,7	467,11	2226,5	2693,6	1,4336	7,2233	1,50	
2,00	120,2	1,0605	0,8857	504,49	2529,5	504,70	2201,9	2706,7	1,5301	7,1271	2,00	
2,50	127,4	1,0672	0,7187	535,10	2537,2	535,37	2181,5	2716,9	1,6072	7,0527	2,50	
3,00	133,6	1,0732	0,6058	561,15	2543,6	561,47	2163,8	2725,3	1,6718	6,9919	3,00	
3,50	138,9	1,0786	0,5243	583,95	2546,9	584,33	2148,1	2732,4	1,7275	6,9405	3,50	
4,00	143,6	1,0836	0,4625	604,31	2553,6	604,74	2133,8	2738,6	1,7766	6,8959	4,00	
4,50	147,9	1,0882	0,4140	622,25	2557,6	623,25	2120,7	2743,9	1,8207	6,8565	4,50	
5,00	151,9	1,0926	0,3749	639,68	2561,2	640,23	2108,5	2748,7	1,8607	6,8212	5,00	
6,00	158,9	1,1006	0,3157	669,90	2567,4	670,56	2086,3	2756,8	1,9312	6,7600	6,00	
7,00	165,0	1,1080	0,2729	696,44	2572,5	697,22	2066,3	2763,5	1,9922	6,7080	7,00	
8,00	170,4	1,1148	0,2404	720,22	2576,8	721,11	2048,0	2769,1	2,0462	6,6628	8,00	
9,00	175,4	1,1212	0,2150	741,83	2580,8	742,83	2031,1	2773,9	2,0946	6,6226	9,00	

Imagen 8. Tabla de presiones

Para la interpolación se utilizaron las presiones marcadas, así como la entalpía que se muestra para cambio de fase de vaporización.

La siguiente es la expresión para encontrar el valor de entalpía exacto a la presión de la mencionada anteriormente.

$$\frac{(h_2 - h_1)}{(x - h_1)} = \frac{(P_2 - P_1)}{(P_{real} - P_1)}$$

$h_2 = 2031.1 \text{ kJ/kg}$

$h_1 = 2048.0 \text{ kJ/kg}$

$P_2 = 9 \text{ bares}$

$P_{\text{real}} = 8.617 \text{ bares}$

$P_1 = 8 \text{ bares}$

Sustituyendo

$$\frac{\left(2031.1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 2048 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)}{\left(x - 2048 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}\right)} = \frac{(9 \text{ bar} - 8 \text{ bar})}{(8.617 \text{ bar} - 8 \text{ bar})}$$

Resultado

$x = 2037.5727 \text{ kJ/kg}$

---

### Calor Latente Vaporización del Agua

---

2037.5727 kJ/kg

---

Una vez con toda la información necesaria, comenzamos a calcular las  $Q_{\text{out}}$  en fase líquida, vapor de agua y en cambio de fase (vaporización)

La fórmula para el calor es la siguiente:

$$Q_{\text{out}} = mC_p\Delta T$$

Para  $Q_{\text{Water}}$

$m = 1.1574 \text{ kg/s}$

$C_{p\text{Water}} = 4.1770 \text{ kJ/kg}$

$T_1 = 293 \text{ K}$

T2= 367 K

---

### Estado Líquido

---

QWater	mCpΔT
--------	-------

---

QWater	357.7523 Watts
--------	----------------

---

**QWater=357.7523 kW**

Para QSteam

m= 1.1574 kg/s

CpSteam= 4.2070kJules/kg

T1= 367 K

T2= 423 K

---

### Estado Gaseoso

---

QVapor	mCpΔT
--------	-------

---

QVapor	272.675926 Watts
--------	------------------

---

**QSteam=272.6759 kW**

Para Qcambio de fase

m= 1.1574 kg/s

Cl= 2037.5727

---

### Fase de Vaporización

---

Q Cambio de fase	mCL
------------------	-----

---

Q Cambio de fase	2358.3017 Watts
------------------	-----------------

---

**Qcambio de fase=2358.3017 kW**

Haciendo la suma de todas las  $Q_{out}=Q_{Water}+Q_{Steam}+Q_{cambio\ de\ fase}$

---

### Calor de salida total

---

$Q_{out}=Q_{Agua}+Q_{Vapor}+Q_{Cambio\ de\ fase}$

---

Qout	2,988.72998 Watts
------	-------------------

---

**Qout= 2,988.7299 kW**

Ahora que sabemos  $Q_{out}$ , podemos determinar  $Q_{in}$  con la fórmula de la eficiencia que se menciona anteriormente.

Despejamos " $Q_{in}$ "

$$Q_{in} = \frac{Q_{out}}{eficiencia}$$

$Q_{in} = (2988.7299)/(0.873)$

$Q_{in} = 3423.5165 \text{ kW}$ .

Ahora, en el caso que la caldera se encuentre *en función*, la temperatura de entrada se ve afectada en el estado líquido, así como el  $C_p$  en el estado líquido, por lo tanto, va a cambiar la cantidad de energía que se necesita.

El proceso es muy similar al del estado de *arranque*.

Consideramos el mismo flujo que en el estado de *arranque*.

---

### Flujo del agua ( $\dot{m}$ )

---

1.1574 kg/s

---

Resultado: **1.1574 kg/s**.

Ahora que tenemos el flujo, tenemos que tomar en cuenta las temperaturas de entrada y salida del agua, pasando por la fase de vaporización.

Aquí se muestran los datos para el estado líquido.

---

### Estado Líquido

---

T1	90°C	363 K
----	------	-------

---

T2	94°C	367 K
----	------	-------

---

Calor específico Agua	4.204 kJ/kg
-----------------------	-------------

---

El CpWater se calculó con el programa EES, ahora tomando la Temperatura 1 como 363 Kelvin.

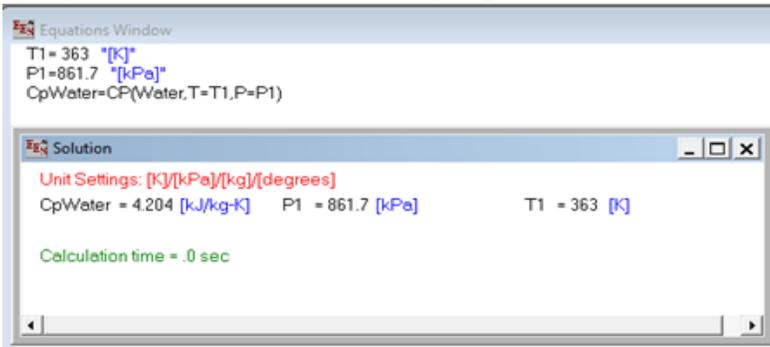


Imagen 9. Solución en EES

Las temperaturas en el estado gaseoso no cambian, tampoco la presión a la que trabaja la caldera, por lo tanto, su CpSteam se mantiene igual. Se adjunta aquí la tabla para el estado gaseoso.

---

### Estado Gaseoso (vapor de agua)

T1	94°C	367 K
T2	150°C	423 K
Calor específico Vapor	4.207 kJ/kg	

El calor latente se mantiene igual, pues se mantiene la misma presión.

---

### Calor Latente Vaporización

C <sub>L</sub>	2037.5727 kJ/kg
----------------	-----------------

Una vez con toda la información necesaria, comenzamos a calcular las Q<sub>out</sub> en fase líquida, vapor de agua y en cambio de fase (vaporización)

La fórmula para el calor es la siguiente:

$$Q_{out} = mC_p\Delta T$$

Para QWater

$$m = 1.1574 \text{ kg/s}$$

$$C_{p\text{Water}} = 4.2040 \text{ kJules/kg}$$

$$T_1 = 363 \text{ K}$$

$$T_2 = 367 \text{ K}$$

---

### Estado Líquido

QAgua	mCpΔT
QAgua	272.6759 kW

---

$$Q_{\text{Water}} = 272.6759 \text{ kW}$$

Para QSteam

$$m = 1.1574 \text{ kg/s}$$

$$C_{p\text{Steam}} = 4.2070 \text{ kJules/kg}$$

$$T_1 = 367 \text{ K}$$

$$T_2 = 423 \text{ K}$$

---

### Estado Gaseoso

QVapor	mCpΔT
QVapor	272.6759 kW

---

$$Q_{\text{Steam}} = 272.6759 \text{ kW}$$

Para Qcambio de fase

$m = 1.1574 \text{ kg/s}$

$Cl = 2037.5727$

---

### Fase de Vaporización

Q Cambio de Fase	$mCl$
Q Cambio de Fase	2358.30174 kW

---

**Qcambio de fase=2358.3017 kW**

Haciendo la suma de todas las  $Q_{out} = Q_{Water} + Q_{Steam} + Q_{cambio \text{ de fase}}$

---

### Q salida total

Q Cambio de Fase	$Q_{Agua} + Q_{Vapor} + Q_{Cambio \text{ de fase}}$
Qout	2903.6535 kW

---

**Qout= 2903.6535 kW**

Ahora que sabemos  $Q_{out}$ , podemos determinar  $Q_{in}$  con la fórmula de la eficiencia que se menciona anteriormente.

Despejamos “ $Q_{in}$ ”

$$Q_{in} = \frac{Q_{out}}{\text{eficiencia}}$$

$$Q_{in} = \frac{2903.6535}{0.873}$$

$Q_{in} = 3326.0636 \text{ kW}$

Ahora, para calcular el caudal del combustible alterno, se sigue la siguiente fórmula:

$$\dot{m} = \frac{P_c}{Q_{in}}$$

Tomamos en cuenta el poder calorífico de las diferentes mezclas de combustible alterno que produce el beneficiario, donde determinamos un promedio para tener resultados más certeros. El mismo proceso se usará para la densidad, pues se requerirá posteriormente.

A continuación, se muestran los valores en tablas utilizados para calcular los promedios respectivos a las variables mencionadas.

Imagen 10. Tabla de poder calorífico y densidad

Poder calorífico kcal/kg	Densidad kg/litro
9363	1
9344	1
7955	1
10556	0.86
8060	0.866
10201	0.882
8347	0.945
9755	0.873
9260	0.9587
9720	0.862
8866	0.926
6878	1
9601	0.994
8487	1
8119	1
9322	0.922
6942	1

**Promedio  $P_c = 8869.1764$  kilocaloría/kilogramo**

**Promedio densidad =  $0.946394$  kilogramo/ litro**

Necesitamos hacer la conversión de unidades de kilocalorías a kJ

---

#### Conversión de kcal a kJ

---

kilocaloría/kg	4.1868 kJ
----------------	-----------

---

---

8869.176471 kilocaloría/kg

x

---

x=

37133.468 kJ

---

El poder calorífico promedio es de **37133.468 kJ**.

Con esta información, tenemos que tomar en cuenta las dos situaciones de la caldera, cuando está en arranque y cuando está en función, pues las  $Q_{in}$  varían.

$\dot{m}$  Para el estado de arranque:

---

### De arranque

---

$Q_{in}$

3423.5165 kW

---

Este  $Q_{in}$  es el mismo que se calculó anteriormente para arranque.

Realizando las operaciones que muestra en la fórmula, el resultado del flujo másico para el estado de arranque es de **10.8465 kg/s**.

$$\dot{m} = \frac{Pc}{Q_{in}}$$
$$\dot{m} = (37133.468)/(3423.5165)$$
$$\dot{m} = \mathbf{10.846587 \text{ kg/s}}$$

Para cambiar el flujo másico a caudal, se necesita el promedio de densidad del combustible alterno y la densidad del agua para la conversión de unidades que se muestra a continuación.

---

### De flujo másico a caudal

---

10.846587 kg/s

$1\text{m}^3/1000$

$1\text{L}/0.9463 \text{ kg}$

---

Caudal

$0.011461\text{m}^3/\text{s}$

---



$\dot{m}$  Para el estado de función:

Para determinar el caudal en el estado de función, se considera el mismo procedimiento que en el estado de arranque. Se considera la  $Q_{in}$  respectiva a su estado.

---

### En función

---

$Q_{in}$	3326.0636 Watts
----------	-----------------

---

Con sus respectivos cálculos para determinar el flujo másico, tenemos ahora un flujo másico de **11.1643 kg/s** en el estado de función.

$\dot{m} = \frac{P_c}{Q_{in}}$ $\dot{m} = (37133.468) / (3326.0636)$ $\dot{m} = \mathbf{11.164389 \text{ kg/s}}$
--

Se realiza el mismo procedimiento para cambiar el flujo másico a un caudal.

---

### De flujo másico a caudal

---

11.164389 kg/s	1m <sup>3</sup> /1000	1L/0.9463 kg
----------------	-----------------------	--------------

---

Caudal	0.0117968m <sup>3</sup> /s
--------	----------------------------

---

Ahora el resultado de caudal es de 0.0117968 **m<sup>3</sup>/s**.

De la fórmula de caudal despejamos la velocidad.

$$Q = A * v$$

Despeje

$$v = \frac{Q}{A}$$

El área no se ve afectada por  $Q_{in}$ , la utilizaremos también en esta fórmula.

---

### Velocidad

---

V	Q/A
V	23.313765 m/s

---

La velocidad para el estado en función resulta de **23.3137 m/s**.

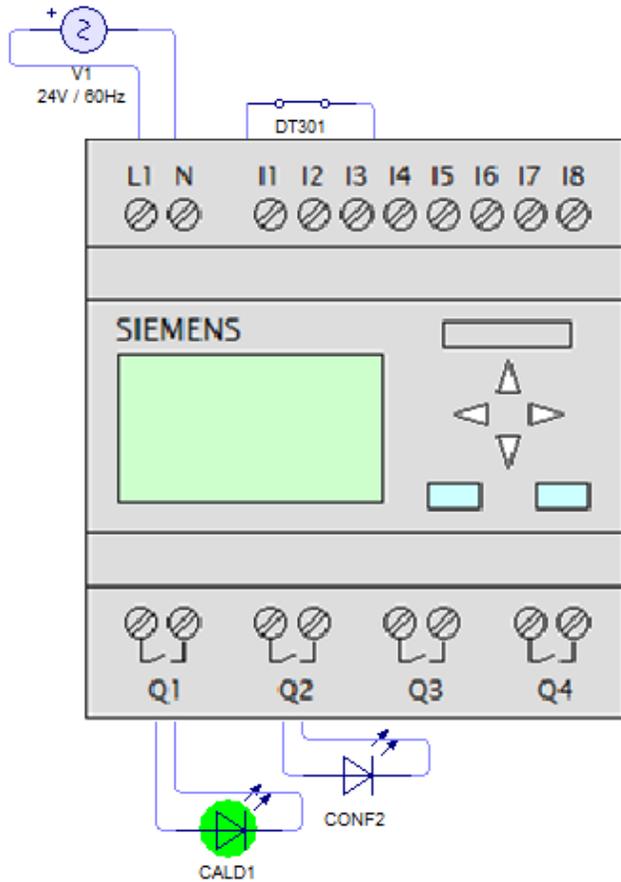
## 10. Presupuesto.

Nombre de la pieza/proceso	Cantidad que se requiere	Costo.
PLC Siemens S7-1200	1	\$3,800.00
DT301 SMAR	1	\$16,269.60
Válvula 3 vías	1	\$2,391.00
Schutz 1200 L	1	\$3,500.00
Total		\$25,960.60

## 11. Pruebas.

Para la simulación de este proyecto se utilizó el programa Livewire, la limitante más grande que se presentó fue encontrar específicamente el sensor que representara la densidad, la válvula de 3 vías motorizada y finalmente el PLC. Como se mencionó anteriormente estos dispositivos fueron reemplazados por otros componentes representando su función.

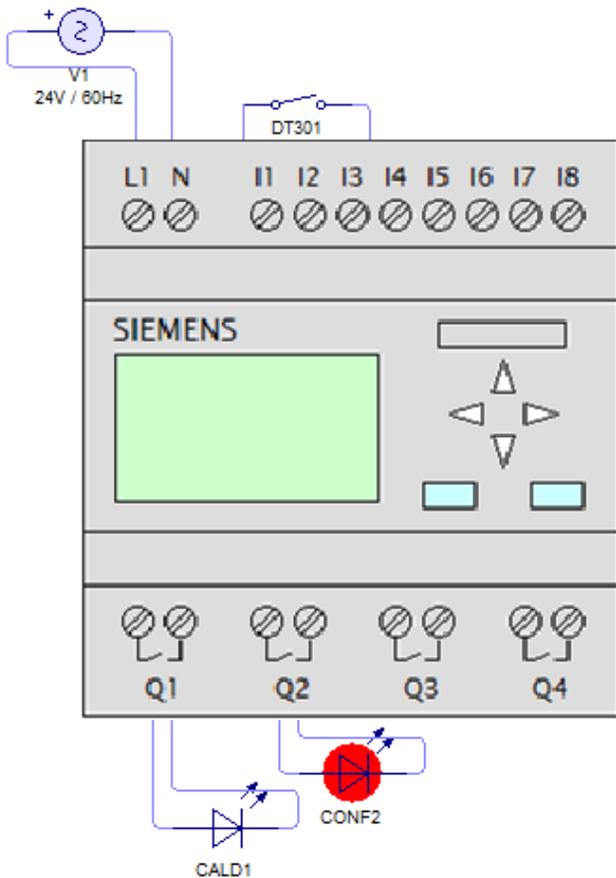
En el primer caso, para que la mezcla del combustible que se va a utilizar en la caldera. el sensor se reemplaza por un interruptor. Dicho dispositivo al momento de determinar correctamente la densidad debe de cerrarse, abriendo así la compuerta de la válvula de tres vías motorizada con trayectoria hacia la caldera. La siguiente imagen se representa conceptualmente:



*Plano 8. PLC con datos aprobados*

En el segundo caso, cuando el sensor lea que la densidad no es la ideal para el uso de la caldera, el interruptor se abrirá. El PLC dará la indicación a la válvula abrirse hacia la trayectoria de la opción

del confinamiento/vender. En la siguiente imagen se presenta conceptualmente:



Plano 9. PLC con datos restringidos.

## 12. Problemas encontrados y solución adoptada.

Se presentaron restricciones de tiempo en algunas ocasiones, el ejemplo siguiente es el determinar las variables con las que íbamos a determinar los máximos y mínimos, pues como equipo comenzamos a dar ideas en base a lo que concluimos nos ayudaría para desarrollar el proyecto. A lo largo del desarrollo del objetivo y el diagnóstico del proyecto se tuvo apoyo de los ingenieros que desarrollaron el proyecto de quemado de residuos para que comentaran cuales eran los principales problemas que detectaban en la mezcla, esto fue de mucha ayuda para tener en claro la necesidad que teníamos que cumplir, pero en tiempos de entregas respecto a los avances del PFS se ajustaban mucho los tiempos.

El tomado de muestras fue un contratiempo que tuvimos, pues como se mencionó con anterioridad, depender de los tiempos de los ingenieros atrasaba las entregas correspondientes al proyecto. En este caso, cuando tuvimos por primera vez las muestras de la mezcla de combustible alterno, se llevaron al laboratorio de calidad, aquí se comentó que no era la cantidad suficiente para poder tomar algún dato, pues se necesita al menos 250 ml, y las muestras con las contábamos eran de 70 ml o menos, por esto se tuvieron que volver a solicitar nuevas muestras, atrasando un poco más

el desarrollo del proyecto. Esto es causa del desconocimiento nuestro sobre las medidas requeridas para poder obtener datos de una muestra.

Una vez con las muestras, se presentó el problema de la solicitud para analizarlas, pues se tiene que designar a una persona en específico para realizar el análisis, provocando otro retraso para el desarrollo del proyecto.

Otra restricción que se presentó, como quizá era prescindible debido al contexto mundial del Covid-19, es que se limitó la obtención de datos del beneficiario, pues se necesitaba estar presencialmente en la planta para cierta información necesaria para realizar unos cálculos para las materias involucradas. La situación impidió que la persona encargada de recopilar la información se encontrara en planta, causando así retrasos no solo en este aspecto, sino también para el análisis de muestras del combustible alternativo, pues se tenía planeado ir al laboratorio de calidad para documentar todo el proceso acerca de las mediciones de las variables que se platicaron con el equipo de calidad. Al no tener la oportunidad de acompañar en esta etapa del proyecto, el registro de evidencias no es tan completo como el que se tenía pensado.

La obtención de los resultados de las muestras llegó posteriormente de lo planeado, por lo tanto, se comenzó con el desarrollo del proyecto, teniendo por sentado las variables establecidas, sin tomar en cuenta todos los percances que se presentaron a lo largo del proyecto.

## 13. Resultados y conclusiones.

Con apoyo del laboratorio de calidad del beneficiario, se hicieron las pruebas que se hicieron a cada muestra, estas son de densidad, FlashPoint, viscosidad y humedad.

Para el análisis de densidad, se utilizó un matraz aforado de 10 ml, se cargó cada muestra en este, se pesó, y por la fórmula que conocemos de densidad, se obtuvo esta característica.

Para la prueba de viscosidad se utilizó un reómetro. Este análisis se realizó con mucho cuidado, pues este equipo el beneficiario lo utiliza para un producto especial, entonces se tenía que limpiar con mucho cuidado y detenimiento para evitar contaminar otras muestras. La prueba consiste en cargar la muestra en el recipiente del reómetro, embonarlo con la base, esperar a que la temperatura del equipo se eleve a la indicada, una vez que se encuentre en esta, la aguja comienza a girar en con diferentes secuencias, dependiendo de lo que se busca. En resumen, los resultados que arroja es cuánta resistencia presenta el líquido, y cómo reacciona ante las diferentes secuencias de la aguja.

Para las pruebas de FlashPoint, se utilizó un miniflash, que consiste en cargar 1 ml aproximadamente de muestra en un recipiente que se inserta al equipo. El equipo se programa previamente, se coloca a la temperatura mínima aproximada que debe de llegar, se tiene que esperar a que el equipo se enfríe, donde saca todo el calor para llegar a la temperatura establecida,

en algunas ocasiones, si el ambiente está muy caluroso, el equipo no alcanza o le cuesta mucho trabajo alcanzar la temperatura establecida. Una vez dentro del miniflash, la placa donde se inserta la muestra comienza a subir, esto se ve gracias a la pantalla con la que cuenta el equipo, donde se ve el transcurso de la placa, hasta llegar a un tope que muestra la pantalla, creando un vacío. En este tope está un termopar y un sensor. Se crea un pequeño arco eléctrico, y gracias al vacío que se almacenan los vapores de ignición, evaluando así el FlashPoint.

Para la presencia de humedad se utilizó un coulómetro, este equipo lo que hace es medir la diferencia de voltaje en la hidrólisis que se genera al agregar unas pocas gotas de la muestra en la solución del coulómetro.

A continuación, se muestran las tablas de los resultados obtenidos del laboratorio de calidad.

### **TANQUE DIA CALD 2 (B)**

Fecha	05/11/2020
Característica	Agua
Densidad	0.97058 g/ml
FlashPoint	31.2 °C
Viscosidad	51.83 mPas
Humedad	28.7585%

### **TANQUE DE ALMACÉN S2**

Fecha	29/10/2020
Característica	Agua
Densidad	0.94183 g/ml

FlashPoint	29.3 °C
------------	---------

---

Viscosidad	28.08 mPas
------------	------------

---

Humedad	57.1977%
---------	----------

### **TANQUE DIA CALD 2**

---

Fecha	05/11/2020
-------	------------

---

Característica	Buena
----------------	-------

---

Densidad	0.97058 g/ml
----------	--------------

---

FlashPoint	31.3 °C
------------	---------

---

Viscosidad	40.56 mPas
------------	------------

---

Humedad	1.0828%
---------	---------

### **TANQUE DIA CALD 2**

---

Fecha	30/10/2020
-------	------------

---

Característica	Con grumos
----------------	------------

---

Densidad	0.9503 g/ml
----------	-------------

---

FlashPoint	31.3 °C
------------	---------

---

Viscosidad	41.6 mPas
------------	-----------

Humedad 1.9521%

### **Tanque de Almacén S1**

---

Fecha 29/10/2020

---

Característica Con grumos

---

Densidad 0.95627 g/ml

---

FlashPoint 31.3 °C

---

Viscosidad 39.31mPas

---

Humedad 0.8936%

### **TANQUE DIA CALD 2**

---

Fecha 30/10/2020

---

Característica Buena

---

Densidad 0.9638 g/ml

---

FlashPoint 31.3 °C

---

Viscosidad 52.5 mPas

---

Humedad 1.9851%

### **Tanque de Almacén S1**

Fecha	29/10/2020
-------	------------

---

Característica	Con grumos
----------------	------------

---

Densidad	0.96069 g/ml
----------	--------------

---

FlashPoint	31.3 °C
------------	---------

---

Viscosidad	38.74 mPas
------------	------------

---

Humedad	2.4788%
---------	---------

#### **TANQUE DIA CALD 2 (B)**

---

Fecha	05/11/2020
-------	------------

---

Característica	Agua
----------------	------

---

Densidad	0.97058 g/ml
----------	--------------

---

FlashPoint	31.3 °C
------------	---------

---

Viscosidad	52.28 mPas
------------	------------

---

Humedad	26.4943%
---------	----------

Favor de revisar el apartado de *Anexos 1* en la sección de *Anexos* para evidencia fotográfica.

Se mandaron a analizar 8 muestras, de estas muestras 6 no eran ideales para la caldera, y dos si eran aptas.

Con el apoyo de Excel, se calcularon los promedios de cada variable, tomando en cuenta que sólo tenemos dos muestras aptas y seis muestras no ideales, es por esto que los resultados pueden no

ser tan certeros, pues se tiene que tener la misma cantidad de muestras tanto aptas como no aptas. Así como también mayor cantidad de muestras para realizar un análisis más completo.

A continuación, se muestran los resultados de los promedios por variables, comparando entre una mezcla apta y no apta.

### **Humedad**

---

Promedio apta	1.53395%
---------------	----------

---

Promedio no apta	16.825%
------------------	---------

### **Viscosidad**

---

Promedio apta	46.53 mPas
---------------	------------

---

Promedio no apta	35.97714 mPas
------------------	---------------

### **FlashPoint**

---

Promedio apta	31.3°C
---------------	--------

---

Promedio no apta	30.95°C
------------------	---------

### **Densidad**

---

Promedio apta	0.952815 g/ml
---------------	---------------

---

Promedio no apta	0.827874 g/ml
------------------	---------------

La variable en la que nosotros nos basamos para desarrollar el proyecto es la densidad, y como se muestra en las tablas, esta variable no es significativa para distinguir entre una mezcla apta y no apta. A diferencia de la humedad, o incluso la viscosidad, donde la diferencia es muy significativa.

Debido a lo anterior, concluimos que el proyecto no es viable para el beneficiario, pues el sensor, de un valor económico no bajo, no es lo más apto para diferenciar entre una mezcla apta y no apta

para la caldera, sino otro método que se mencionó anteriormente que sería el programa NIR, pues este indica la presencia de agua, entre sus otras funciones.

## 14. Valoración del proyecto

Julieta:

Dentro del proyecto, se dio un enfoque de reuso de residuos, lo cual favorece al conocimiento dentro de la formación académica. Puedo rescatar que el conocimiento y el apego a las normas mexicanas fue elemental para el cumplimiento del proyecto. Además de que a pesar de la pandemia que estamos atravesando, se ha logrado fijar un objetivo. El apoyo del beneficiario a lo largo del semestre también ayudó a que se pudiera concluir positivamente. Retomando el tema del Covid-19, podría decir que ralentizó algunos trámites y la posibilidad de ver como físicamente el proceso.

Este producto, facilita a la empresa la certidumbre de que su mezcla funcione. Por lo general este tipo de procesos son realizados por los mismos operadores, por lo tanto, lo que destaca es la velocidad en la que se puede determinar los datos y llegar a la conclusión de si la mezcla es apta o no, en cambio una persona se vería obligada a llevarla a analizar a tomar la decisión empíricamente lo cual resulta en errores.

El valor agregado de este proyecto es simple: la necesidad del beneficiario, pero además, el conocimiento que nos ha brindado poder concluir este proyecto nos ha hecho crecer académicamente y profesionalmente. A pesar de las dificultades, se logró concluirlo, lo cual podría caracterizar como una competencia que he desarrollado: la adaptabilidad.

Juan Jesús:

La intención de cada proyecto fin de semestre es aplicar los conocimientos adquiridos durante el semestre en una situación real en beneficio a nosotros como estudiantes para aportar nuevas ideas y soluciones a las problemáticas que se pueden presentar empresas o cualquier otro grupo con el cual se pueda ayudar.

Como cada semestre, se trata de elegir un proyecto enfocado a nuestra carrera y este semestre no fue la excepción ya que nos enfocamos en mejorar en el uso de un combustible alternativo para hacer combustión dentro de una caldera para que el uso de la energía liberada de la caldera se utilice en los procesos de la empresa. Dicha mejora fue adaptar el proceso para un mejor control del combustible para alargar la vida útil de la caldera estando bajo las normas que se mencionaron. La mejora no se pudo presentar sin el conocimiento necesario que se nos propició en cada una de las clases ya sea de este semestre o de semestres anteriores.

Durante el desarrollo de este proyecto se presentaron más limitantes debido a la pandemia que nos hizo retrasar nuestro desarrollo, tanto de la universidad como el visitar toda la empresa y no solo

mi compañera que hace su alternancia con ellos, sintiendo así más presión para una persona. El beneficiario nos brindó toda la información posible para trabajar con ella. La verdad, para mí nos faltó visitar y tener un pequeño vínculo con los beneficiarios y así proponer ideas que surgen al instante de ver qué es lo que se quiere hacer, cómo se quiere hacer, qué es lo que contamos para realizarlo y el factor más importante, tenemos el tiempo necesario para desarrollar y evaluar el buen funcionamiento de la solución.

Está claro que nos falta mucho por crecer profesionalmente así abrir nuestras mentes a nuevos panoramas dónde se pueda aplicar el conocimiento y las habilidades que día a día tratamos de mejorarlas para que el día que salgamos de nuestra zona de confort sepamos cómo afrontar y realizar las metas que se nos van presentando en la vida profesional y personal. Una parte de mi plan de vida es ver varios panoramas del uso de la energía renovable y así dar las posibles ideas que ayudarán en algunos problemas del cuidado de nuestro planeta que en estos momentos no se están tomando en serio. Incluso ser pionero en nuevas ideas y aplicación de viejas ideas que muchos consideran ciencia ficción, sabiendo que continuamente avanza nuestra tecnología por medio de la investigación y experimentación.

Para poder dar solución a esas problemáticas se necesita experiencia, conocimiento, desarrollo de las habilidades y herramientas necesarias; estar ansioso, listo, tener la pasión por nuevas mejoras para beneficio de todos. Puede sonar que es mucho esfuerzo y sacrificio para que se pueda ver un resultado y en verdad lo es. Sin embargo, estoy consciente de eso, aun así estoy dispuesto a intentarlo y verlo reflejado en un futuro con todo este crecimiento que he empezado desde el primer semestre y el que falta por recorrer de esta ingeniería.

Paulina Martínez:

Este proyecto fin de semestre nos ha ayudado para tener una vista más amplia de cómo los conocimientos de la escuela se ven aplicados en casos de la industria. Se toman muchos temas que al menos yo pienso no lo podríamos ver aplicados si alguno de nosotros no trabaja una planta. A pesar de que el proyecto no es viable, debido a que la variable que escogimos no es la más significativa para detectar entre una mezcla apta y no apta, considero que este tipo de proyectos se deben de realizar con más tiempo del que nosotros teníamos planeado. Esto que menciono hace referencia a un tema con el que no estábamos familiarizados, pues a pesar que el beneficiario nos facilitó mucha información, claro conservando su privacidad, algunos puntos del proyecto se vieron afectados u atrasados, pues la parte de la recopilación de muestras, que era para determinar los parámetros aptos para la mezcla, se pospuso hasta la conclusión del proyecto, donde nos dimos cuenta que la presencia de agua es la diferencia más significativa entre las variables que se tomaron, cambiando así entonces el sensor que nosotros teníamos propuesto para desarrollar.

De este proyecto considero que aprendí no solo lo que se ve reflejado en la memoria técnica o en la presentación, sino mucho más de lo que yo tenía pensado siquiera. Considero este semestre como un reto, pues al ser el primero donde tenemos alternancia y clases, organizar los tiempos para

cada área fue algo nuevo, donde en algunas ocasiones no fue la mejor distribución de tiempo, y al agregar el proyecto fin de semestre a la empresa fue un pesar el cual no esperaba, pero definitivamente lo volvería a tomar, sino no hubiera adquirido todo el conocimiento que tengo ahora de un proceso como la elaboración de combustible alterno, ni el involucrarme en todas las áreas en las que tuve que involucrarme para desarrollar el proyecto, tanto Procesos, Mantenimiento e incluso el Laboratorio de Calidad.

Considero que todo sacrificio vale la pena, y yo volvería a tomar este, con tal de seguir adquiriendo conocimiento.

Bryan Muñoz:

La elaboración de este proyecto me ayudó a aprender mucho sobre propiedades de fluidos y saber cuáles son las más importantes al buscar cierta función o característica. Todos los fluidos tienen valores de densidad, viscosidad, poder calorífico, saturación de agua, presencia de sólidos, etc. pero no siempre es necesario conocer el 100% de sus valores porque solo van a ser unos cuantos los que va a valer la pena estudiar y fijar en parámetros para cuidar la calidad de estos.

Al momento de manejarlos o transportarlos sí es importante conocer valores fijos como densidad para poder diseñar un sistema de tuberías, bombas y almacenamiento para que el sistema sea eficiente, seguro y controlado.

Considero que lo mismo pasa al momento de automatizar el proceso de transporte y manipulación porque no es lo mismo trabajar con fluidos pesados que con fluidos ligeros.

Es muy importante y creo que brinda demasiado conocimiento el estar resolviendo un problema teniendo la perspectiva de diferentes materias porque al final los proyectos a nivel industrial siempre involucran demasiadas disciplinas, que lo que a veces representa una solución para uno puede resultar en una problemática en otro.

## 15. Referencias

SEMARNAT. (2011). *NOM-085-SEMARNAT-2011*. Obtenido de <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4632/semarnat/semarnat.htm#:~:text=Que%20con%20fecha%202%20de,que%20establece%20los%20niveles%20m%C3%A1ximos>

Zemansky, M. W. (1985). *Calor y termodinámica*. Madrid: McGraw-Hill.

## 16. Anexos

*Anexo 1: Evidencia fotográfica de las muestras.*

