

Universidad Católica de Santa María

**Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y
Formales**

**Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica,
Mecánica Eléctrica y Mecatrónica**



**CONVERSIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE PESADO DE UNA
PLANTA LADRILLERA EN LA CIUDAD DE CAMANÁ, AREQUIPA 2020**

Tesis presentada por el Bachiller:

Olarte Céspedes, Franklin Richard

para optar el Título Profesional de

Ingeniero Mecánico Electricista.

Asesor:

Dr. Gordillo Andia, Carlos Alberto

Arequipa - Perú

2020

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA Y MECATRONICA
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR DE TESIS

Arequipa, 08 de Agosto del 2020

Dictamen: 001032-C-EPIMMEM-2020

Visto el borrador de tesis del expediente 001032, presentado por:

2007204061 - OLARTE CESPEDES FRANKLIN RICHARD

Titulado:

**CONVERSIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE PESADO DE UNA PLANTA LADRILLERA EN LA
CIUDAD DE CAMANÁ, AREQUIPA 2020**

Nuestro dictamen es:

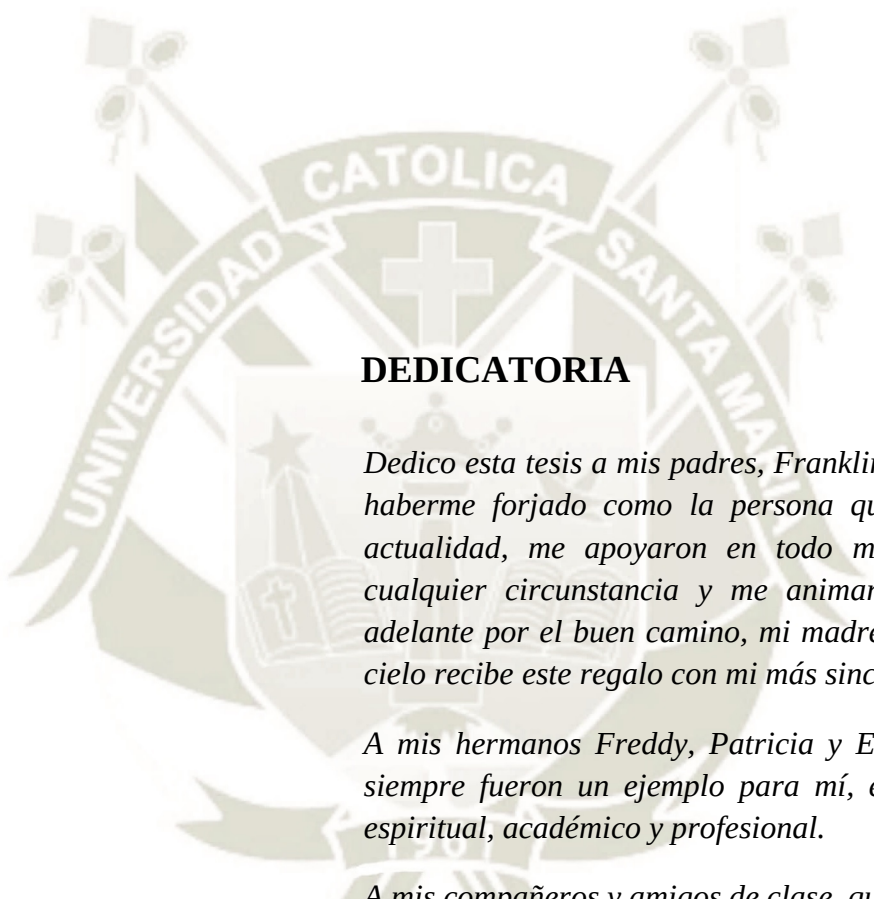
APROBADO

1530 - FERNANDEZ BARRIGA CAMILO GRIMALDO
DICTAMINADOR



1828 - GORDILLO ANDIA CARLOS ALBERTO
DICTAMINADOR





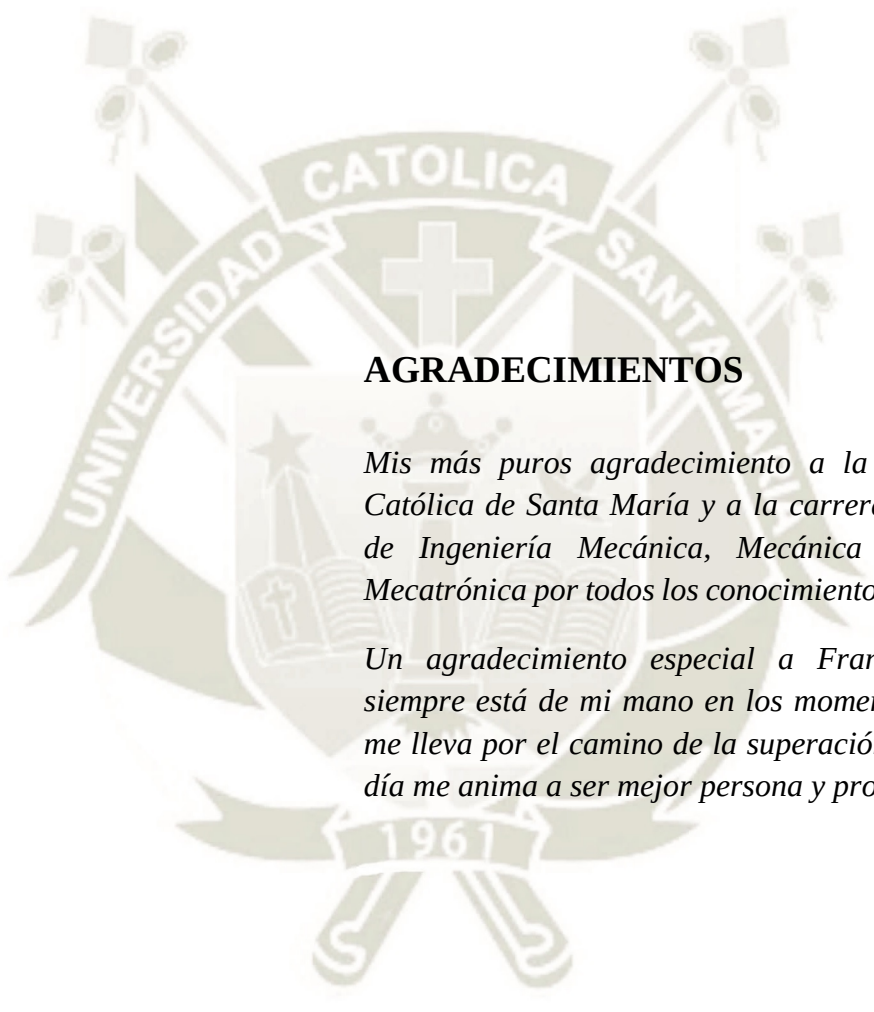
DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, Franklin y Flora por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, me apoyaron en todo momento ante cualquier circunstancia y me animaron a seguir adelante por el buen camino, mi madre ahora en el cielo recibe este regalo con mi más sincero amor.

A mis hermanos Freddy, Patricia y Elizabeth, que siempre fueron un ejemplo para mí, en el camino espiritual, académico y profesional.

A mis compañeros y amigos de clase, que con aliento y mucha dedicación logramos salir adelante.

A mis maestros que con sus enseñanzas y ejemplo formaron un profesional ético y responsable.



AGRADECIMIENTOS

Mis más puros agradecimiento a la Universidad Católica de Santa María y a la carrera profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica por todos los conocimientos adquiridos.

Un agradecimiento especial a Franshesca, que siempre está de mi mano en los momentos difíciles, me lleva por el camino de la superación y que día a día me anima a ser mejor persona y profesional.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal proponer la conversión de la matriz energética de petróleo residual a gas natural en una planta ladrillera ubicada en Camaná, Arequipa. Esta utiliza hornos del tipo invertido para la cocción del ladrillo mecanizado, y estos a su vez utilizan cuatro quemadores abastecidos por el combustible mencionado anteriormente.

Para el presente trabajo de investigación se busca la conversión de la matriz energética actual por una más económica como es el gas natural, con el fin de mejorar el proceso productivo de la ladrillera, su sostenibilidad en el tiempo y el impacto ambiental de la planta. Además, como parte de este trabajo también se propone que los quemadores en base a petróleo residual y su sistema de surtido puedan ser usados como un medio alternativo de cocción de emergencia.

El desarrollo metodológico de la investigación se dio mediante la comparación de tres posibles escenarios de abastecimiento, siendo el del gasoducto, Gas Natural Comprimido (GNC) y Gas Natural Licuado (GNL). La comparación se desarrolló en función de los costos de la instalación y el costo del combustible según el consumo de la planta ladrillera.

Finalmente, como resultado de la comparación, el gas natural comprimido (GNC) se presenta como una excelente alternativa de suministro energético para la Planta Ladrillera por su factibilidad económica y ambiental a comparación del petróleo residual. Con una inversión de los 2 445 080.00 dólares y un tiempo de retorno de la inversión de aproximadamente de 3 años y medio.

PALABRAS CLAVES: Ladrillera, Gas Natural comprimido, Gas Natural licuado y horno de tiro invertido.

ABSTRACT

The main objective of this research is the proposal of a brickyard fuel system conversion from residual oil to natural gas. The plant is based in Camana, Arequipa and uses inverted furnaces to cook mechanized bricks using four burners that are fueled with the residual oil.

We want to change the actual fuel system for a more economic one in order to improve the brickyard productive process, sustainability and environmental impact. Also, we propose that the residual oil burners and the fuel distribution system can be used as an alternative in case of an emergency.

The development methodology used at the investigation is a comparison one, between three possible provision scenarios: gas pipeline, compressed natural gas (CNG) and liquid natural gas (LNG). The points of evaluation are installation cost and brickyard plant fuel consumption.

Finally, as a result of the evaluation compressed natural gas (CNG) becomes a better alternative as an energy supply than the residual oil, because of the economic viability and environmental impact. With an investment of 2 445 080.00 dollars and an investment return in time of 3 and a half years.

KEY WORDS: Brickworks, Compressed Natural Gas, Liquid Natural Gas and inverted draft furnace.

INTRODUCCIÓN

La empresa de fabricación de ladrillos, es una planta que produce ladrillo mecanizado para la industria de la construcción, cuenta con hornos del tipo tiro invertido, con un consumo actual de 800 galones/día de petróleo residual, se provee una ampliación al doble de su capacidad, con un consumo de petróleo de 1600 galones/día. La ubicación de la planta es en la localidad de Camaná, distrito de Mariscal Castilla. A una distancia de 175 km de la ciudad de Arequipa.

La empresa busca convertir el sistema de quemadores y el combustible que usa a un sistema que le brinde mejoras económicas en la producción. La conversión del combustible de petróleo residual a un sistema de combustible a base de gas natural y por la proyección de la ampliación de la planta al doble de su capacidad.

La presente investigación está constituida por capítulos, en los cuales se desarrolla cada uno de la siguiente manera:

En el capítulo uno se establece la metodología que se desarrollara para la investigación, la problemática, se plasmará el objetivo principal y los objetivos secundarios, los alcances y se verificara la existencia de limitaciones para el desarrollo.

En el capítulo dos se desarrolla el marco conceptual, donde se describe los conceptos relacionados a la fabricación de los ladrillos, el uso de combustible y los conceptos referentes a la conversión del sistema a gas, detallando el nuevo sistema y sus componentes.

En el capítulo tres se desarrolla el estudio de posibles escenarios para la selección del tipo de gas natural según, teniendo como alternativas el GNC, GNL Y GASEODUCTO. Se realiza el estudio comparativo de los costos de implementación y alimentación de gas, según los requerimientos de la ladrillera.

En el capítulo cuatro, se realiza la ingeniería de conversión a gas natural, evaluando los procesos térmicos, relación de equipos, cantidad requerida de gas y la ubicación de la planta. Determinados los parámetros necesarios se procederá a realizar los cálculos correspondientes y la selección de los nuevos equipos a utilizar como el ERM, quemadores.

En el capítulo cinco se realiza el análisis de la factibilidad económica de la conversión al sistema a gas natural, incluyendo los costos de materiales, costos de mano de obra y demás costos que se necesitan para la instalación del nuevo sistema a gas natural y el tiempo de la recuperación de la inversión.

En el capítulo seis se evaluará el impacto ambiental que tendrá la conversión y el uso del nuevo combustible, comparando los valores de la contaminación por el uso de petróleo residual versus el gas natural.

Finalmente se llega a las conclusiones de la factibilidad económica del cambio de combustible en el proceso de fabricación y se dará recomendaciones finales que servirán como guías para futuras modificaciones del sistema.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
INTRODUCCIÓN.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
GLOSARIO DE TÉRMINOS	xvi
CAPÍTULO 1 PLANEAMIENTO TEÓRICO.....	1
1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1.1 Determinación del problema.....	1
1.1.2 Enunciado del problema	1
1.1.3 Justificación de la investigación	2
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 MARCO TEÓRICO.....	4
1.3.1 Antecedentes de la investigación.....	4
1.3.2 Gas natural en el Perú	7
1.3.3 Transporte de gas natural	8
1.3.3.1 Transporte por gasoducto	8
1.3.3.2 Transporte de gas natural comprimido (GNC).....	13
1.3.3.3 Transporte de gas natural licuado (GNL).....	15
1.3.4 Estación de regulación y medición	18
1.3.5 Estación de descarga para el gas natural comprimido (GNC)	19
1.3.5.1 Estación de medición.....	19
1.3.5.2 Módulos de almacenamiento de GNC.....	20
1.3.5.3 Estación de compresión de GNC.....	20
1.3.6 Diseño en instalaciones de gas natural para la industria.....	21
1.3.7 Normatividad en el Perú	21
1.3.8 Clasificación del gas natural	22

1.3.9	Fabricación de ladrillos.....	22
1.3.9.1	Clasificación	23
1.3.10	Hornos para la fabricación de ladrillos	25
1.3.11	Tipos de hornos.....	25
1.3.11.1	Hornos intermitentes	25
1.3.11.2	Hornos Paulistinha.....	27
1.3.11.3	Horno de tiro invertido	28
1.3.11.4	Horno abovedado.....	30
1.3.11.5	Horno metálico móvil.....	31
1.3.11.6	Horno de fabricación de ladrillos semi-continuos.....	32
1.3.11.7	Horno Hoffmann	33
1.3.11.8	Horno de cámaras tipo Cedan.....	34
1.3.11.9	Horno de fabricación de ladrillos continuos.....	36
1.3.11.10	Horno túnel	36
1.4	HIPÓTESIS.....	38
1.4.1	Hipótesis afirmativa.....	38
1.4.2	Hipótesis nula	38
CAPÍTULO 2 PLANEAMIENTO DE LA OPERACIÓN		39
2.1	TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE VERIFICACIÓN	39
2.1.1	Técnicas	39
2.1.2	Instrumentos.....	39
2.2	CAMPO DE VERIFICACIÓN.....	39
2.2.1	Ámbito	39
2.2.2	Unidades de estudio	39
2.2.3	Temporalidad	39
2.3	ALCANCES Y LIMITACIONES	40
2.3.1	Alcances.....	40
2.3.2	Limitaciones.....	40
2.3.3	Cronograma	40
CAPÍTULO 3 ANÁLISIS COMPARATIVO.....		42
3.1	ESCENARIOS DE ABASTECIMIENTO.....	42
3.1.1	Evaluación de los procesos térmicos de la planta.....	43
3.1.2	Relación de equipos térmicos convertibles.....	50

3.1.3	Cantidad de gas natural requerido por mes.....	50
3.1.4	Abastecimiento virtual GNC (Primer escenario).....	52
3.1.5	Estimación técnica de la tarifa del gas con GNC.....	53
3.1.6	Abastecimiento virtual con GNL (Segundo escenario)	54
3.1.7	Estimación técnica de la tarifa del gas con GNL	55
3.1.8	Abastecimiento por gaseoducto (Tercer escenario).....	55
3.1.9	Estimación técnica de la tarifa del gas por el gaseoducto.....	56
3.1.10	Conclusión	56
CAPÍTULO 4 INGENIERÍA Y RESULTADOS		57
4.1	INGENIERÍA PARA LA CONVERSIÓN A GAS NATURAL.....	57
4.1.1	Ubicación de la planta.....	57
4.1.2	Consideraciones del diseño.....	58
4.1.3	Estación de descarga de GNC.....	58
4.1.4	Determinación de la cantidad de módulos de almacenamiento de GNC.....	59
4.1.4.1	Estación de regulación de presión (ERP)	62
4.1.4.2	Estación de regulación y medición (ERM).....	63
4.1.4.3	Determinación de las dimensiones de la estación de descarga.....	66
4.1.5	Cálculo y selección de las tuberías de acero	71
4.1.5.1	Verificación de la caída de presión.....	74
4.1.5.2	Verificación de la velocidad del gas.....	80
4.1.5.3	Verificación de la relación Q/D.....	81
4.1.5.4	Cálculo de la tubería de los ramales	82
4.1.5.5	Verificación por caída de presión de los ramales	84
4.1.5.6	Verificación por velocidad de flujo en los ramales	86
4.1.5.7	Verificación de la relación Q/D en los ramales	87
4.1.6	Selección de los quemadores	88
4.1.6.1	Determinación de la potencia térmica nominal	88
CAPÍTULO 5 ANÁLISIS ECONÓMICO		90
5.1	ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LA CONVERSIÓN ...	90
5.1.1	Costo de la inversión.....	90
5.1.1.1	Costo de materiales y equipos (CM)	90
5.1.1.2	Costo de la mano de obra (CMO).....	91
5.1.1.2.1	Obras civiles (OC)	91

5.1.1.2.2	Montaje electromecánico (MEM)	91
5.1.1.2.3	Pruebas y ensayos no destructivos (END).....	92
5.1.1.3	Gastos generales (GG).....	92
5.1.1.4	Costo total de la inversión (CT)	93
5.1.2	Costo de operación con petróleo residual	93
5.1.3	Costo de operación después de la conversión.....	93
5.1.4	Determinación del ahorro por mes.....	94
5.1.5	Tiempo de retorno de la inversión	94
5.2	CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO	94
CAPÍTULO 6 IMPACTO AMBIENTAL		95
6.1	IMPACTO AMBIENTAL DE LA CONVERSIÓN.....	95
6.1.1	Evaluación del nivel de contaminación con petróleo residual.....	95
6.1.2	Evaluación del nivel de contaminación con gas natural	96
6.1.3	Mejoras ambientales	97
6.1.3.1	Preparación de la materia prima	97
6.1.3.2	Gestión adecuada de residuos sólidos	98
6.2	CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO	99
CONCLUSIONES.....		100
REFERENCIAS		102
ANEXOS.....		104
ANEXO N° 1: Precio GNC virtual		104
ANEXO N° 2: Costo referencial del GNL		105
ANEXO N° 3: Costo referencial del Gas Natural		106
ANEXO N° 4: Ficha técnica de Módulo de Almacenamiento MAT		107
ANEXO N° 5: Ficha técnica de Estación de Descompresión ERP.....		110
ANEXO N° 6: Ficha técnica de Estación de Regulación y Medición ERM.....		111
ANEXO N° 7: Ficha técnica de tuberías Schedule 80		114
ANEXO N° 8: Ficha técnica de quemador para horno tipo Hoffmann.....		115
ANEXO N° 9: Costo de referencia del petróleo residual.....		119
PLANOS.....		120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de Cocción de Ladrillos de Arcilla.....	2
Figura 2. Proyecto para el gasoducto Sur Peruano.....	10
Figura 3. Transporte de GNC de 8000 m ³	14
Figura 4. GNV para uso automotriz	14
Figura 5. Centro de carga de GNC	15
Figura 6. Barco metanero en Melchorita.....	16
Figura 7. Cisterna de GNL y regasificación	17
Figura 8. Estación de regulación y medición ERM.....	19
Figura 9. Módulos de compresión de gas natural comprimido en Gran Yakarta.....	21
Figura 10. Tipos de ladrillos.....	24
Figura 11. Tipos de ladrillos.....	24
Figura 12. Horno para quemado de ladrillo tipo lote de carga directa	26
Figura 13. Esquema de un horno artesanal de quemado.	27
Figura 14. Partes del horno invertido	29
Figura 15. Horno de tipo semi-continuo para la fabricación de ladrillos.....	32
Figura 16. Horno Hoffmann	33
Figura 17. Esquema del horno Cedan	35
Figura 18. Vagonetas en el horno túnel.....	37
Figura 19. Distancia Matarani – Camaná	43
Figura 20. Horno Hoffmann invertido usada actualmente en la ladrillera	44
Figura 21. Partes principales del horno Hoffmann invertido	45
Figura 22. Partes principales del horno Hoffmann invertido	45
Figura 23. Partes principales del horno Hoffmann invertido	46
Figura 24. Distribución de combustible en el horno Hoffmann invertido	48
Figura 25. Sistema de extracción de gases de escape.....	48
Figura 26. Orificios superiores e intermedios para quemado y ventilación	49
Figura 27. Distribución de los orificios para quemadores.....	49
Figura 28. Funcionamiento de quemadores dentro de Horno Hoffmann invertido	50
Figura 29. Distancia desde la planta ladrillera a Marcona (Ica).....	52
Figura 30. Costo y rentabilidad – Distancia de transporte	53
Figura 31. Ubicación de la planta en Camaná.....	57
Figura 32. Estación de Descarga de GNC	59
Figura 33. Módulo de Almacenamiento MAT	60
Figura 34. Disposición de los cilindros contenidos MAT.....	60
Figura 35. Plataformas de Almacenamiento de Descarga.....	62
Figura 36. Estación de regulación de presión.....	63
Figura 37. Sistema mínimo para instalación de gas natural industrial con ERM.	64
Figura 38. Unidad ERM (Tormene Americana).....	64
Figura 39. Unidad de filtrado regulación y medición ERM paquetizada.....	66
Figura 40. Estación de descarga de GNC.....	68
Figura 41. Planta de distribución de GNC y horno Hoffmann invertido	69
Figura 42. Partes principales del horno Hoffmann invertido y planta de GNC	70

Figura 43. Partes principales del horno Hoffmann invertido y planta de GNC	70
Figura 44. Partes principales del horno Hoffmann invertido y planta de GNC	71
Figura 45. Distribución de la planta línea de tuberías	72
Figura 46. Tuberías de Acero SCH 80	74
Figura 47. Layout de la instalación de tuberías de GNC –Vista superior	75
Figura 48. Layout de la instalación de tuberías de GNC - Isométrico	76
Figura 49. Instalación final de tuberías	88
Figura 50. Quemador mixto RUBCAR.....	89
Figura 51. Hornos de ladrilleras informales que contaminan el medio ambiente	97



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Tipos de Combustibles Empleados en Hornos de la Región Arequipa</i>	23
Tabla 2. <i>Cronograma de Actividades</i>	41
Tabla 3. <i>Relación de Equipos Térmicos Convertibles Actuales</i>	50
Tabla 4. <i>Equivalencia Energética de Combustibles y Recursos</i>	51
Tabla 5. <i>Consumos Promedios por Sector</i>	51
Tabla 6. <i>Precio Referencial del GNC</i>	53
Tabla 7. <i>Rangos de Consumo por Categoría</i>	54
Tabla 8. <i>Precio de Suministro de GNL y Transporte</i>	54
Tabla 9. <i>Precio Estimado del GNL para la Región Arequipa</i>	55
Tabla 10. <i>Conclusiones del capítulo</i>	56
Tabla 11. <i>Cantidad de Módulos de Almacenamiento de GNC</i>	61
Tabla 12. <i>Distancias de Seguridad</i>	67
Tabla 13. <i>Costo de Materiales y Equipos</i>	90
Tabla 14. <i>Costo de Obras Civiles</i>	91
Tabla 15. <i>Costos de Obras Electromecánicas</i>	92
Tabla 16. <i>Costo Ensayos no Destructivos</i>	92
Tabla 17. <i>Costo de Operación con Petróleo Residual</i>	93
Tabla 18. <i>Costo de Operación Después de la Conversión</i>	94
Tabla 19. <i>Determinación del Ahorro/Mes</i>	94
Tabla 20. <i>Tiempo de retorno de la Inversión</i>	94
Tabla 21. <i>Reducción de Contaminantes en Quemadores PR-6 y Gas Natural</i>	95
Tabla 22. <i>Productos Nocivos de la Combustión</i>	96

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ERM: Estación de regulación y medición.

ERP: Estación de regulación de presión.

GN: Gas natural.

GNC: Gas natural comprimido.

GNL: Gas natural licuefactado.

GNV: Gas natural vehicular.

MAT: Modulo de almacenamiento de transporte de GNC.

MMBTU: Millon de BTU.

NTP: Norma técnica peruana.

PCS: Poder calorífico superior.

CAPÍTULO 1

PLANEAMIENTO TEÓRICO

1.1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1 Determinación del problema

En la región de Arequipa se utiliza en la fabricación de ladrillos combustibles tradicionales para aquellos procesos productivos donde se requiere energía térmica. Una alternativa es el gas natural de forma comprimida GNC o licuefactada GNL, hasta que esté terminado el Gasoducto Sur Peruano, se debe demostrar la rentabilidad que ofrece desarrollar proyectos de conversión a este nivel.

Toda planta industrial donde existen procesos de generación de calor se requiere de combustibles económicos y que no contaminen, tanto el ambiente como los producidos por los residuales de petróleo o carbón mineral. El uso por lo tanto de fuentes energéticas económicas es ideal para garantizar la competitividad de la fabricación de dichos productos.

Es por ello, que el siguiente trabajo de investigación propone la conversión de una ladrillera convencional que usa hornos con fuente energética en base a petróleo residual para el proceso de calcinado de ladrillos usados en la construcción. Esta planta ladrillera presentar un progresivo aumento de producción y puede alcanzar hasta el doble de la producción actual.

1.1.2 Enunciado del problema

¿Es posible realizar la conversión del sistema de combustible pesado actual en la planta ladrillera por uno más limpio?

1.1.3 Justificación de la investigación

El proceso de cocción de los ladrillos en hornos es un proceso extendido, tanto en fábricas ladrilleras formalmente constituidas, así como plantas informales o artesanales. La ladrillera materia de la propuesta es una planta que usa más de 800 galones de petróleo residual por día para sus procesos, por lo que es importante conocer las características del mismo como la curva de cocción, que indica la temperatura (1100 °C) que se requiere, y la duración del proceso (48 horas).

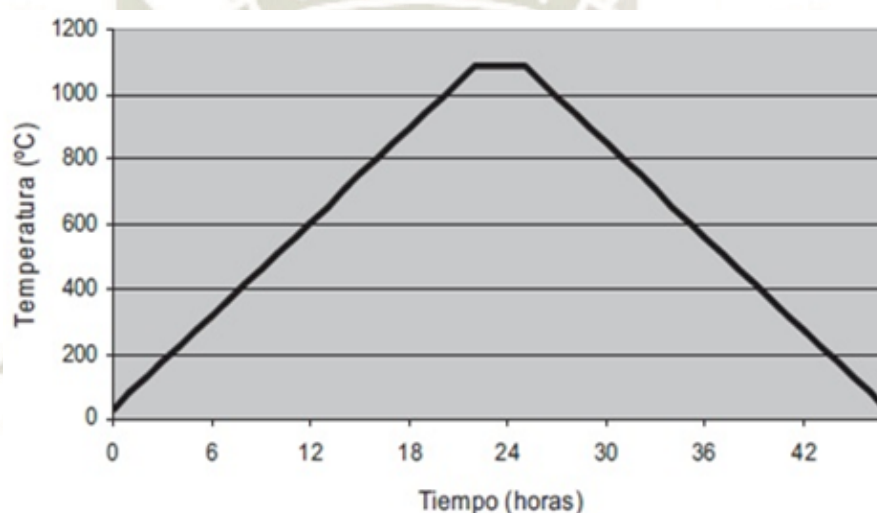


Figura 1. Curva de Cocción de Ladrillos de Arcilla

Fuente: Elaboración propia

Estos requerimientos térmicos se logran con quemadores que trabajan con petróleo residual, por lo que se debe obtener una curva similar con quemadores a gas natural.

La factibilidad técnica está plenamente sustentada por experiencias pasadas, y sólo se debe demostrar la recuperación económica o rentabilidad de la inversión.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Realizar la conversión del sistema de la matriz energética basada en petróleo residual de una planta ladrillera en Camaná, Arequipa.

1.2.2 Objetivos específicos

- Analizar la factibilidad técnica y económica de la conversión de petróleo residual a gas natural en los hornos de la planta ladrillera, con abastecimiento virtual de GNC.
- Realizar el análisis comparativo de tres escenarios de alimentación: gas natural seco, comprimido y licuado, para la sustitución de los combustibles tradicionales como el petróleo residual.
- Calcular el monto de la inversión para la conversión de la planta ladrillera considerando las normas técnicas nacionales como la NTP 111 010 de instalaciones industriales de gas natural y la NTP 111 031 de estaciones de compresión, estaciones de carga, estaciones de descompresión y unidades de trasvase.
- Proponer la sustitución de los combustibles tradicionales como el petróleo residual por el gas natural, siendo este el más económico y amigable con el medio ambiente.

1.3 MARCO TEÓRICO

1.3.1 Antecedentes de la investigación

En el Perú estamos atravesando un proceso de gasificación de varios sectores. Este proceso se inició cuando llegó el gas natural a Lima y Callao en setiembre del 2004, fecha desde la cual, a través del gasoducto construido por la empresa Plus Petrol se transporta el gas natural desde la localidad de Camisea (Cusco) hacia el City Gate de Lurín. Ese mismo año se inician los trabajos de conversión de las plantas industriales a gas natural, las primeras en convertirse fueron Alicorp, Cerámica San Lorenzo, Celima y Sudamericana de fibras. Así mismo centrales térmicas como Etevensa, Edegel, Chilca y Egasa, convirtieron las turbinas operadas con petróleo a gas natural. Además, se desarrollaron las conversiones vehiculares, gasocentros y se inició la construcción de las instalaciones residenciales de gas natural en diferentes distritos de la capital a través de Cálida. Ésta misma experiencia la está viviendo hoy en día la ciudad de Ica y provincias aledañas con el gasoducto de Contugas de más de 340 km, que en estos 11 años transcurridos ha sido un éxito según especialistas internacionales.

Ahora que el gas natural está a punto de llegar a la región sur del país, por lo que es el momento de iniciar proyectos de conversión de plantas que lo requieran. Esto se debe realizar independientemente al tipo de abastecimiento: virtual GNC, virtual GNL o por gasoducto. En nuestra región existen más de 1500 industrias entre grandes y medianas que requerirán gas natural para sus procesos, más de 5 000 comercios, más de 100 000 viviendas y más de 20 000 vehículos para conversión a gas natural.

El presente trabajo trata sobre la conversión de una planta ladrillera ubicada en la provincia de Camaná a 150 km de la ciudad de Arequipa que actualmente consume más de 800 galones de petróleo residual al día. En el proyecto se considerará la planta al 100

% de capacidad, y tres escenarios de abastecimiento. A continuación, se plasmarán resúmenes estudios preliminares a la investigación en el campo internacional, nacional y local:

Parisotto (Argentina - 2015), en el trabajo de investigación titulado “Distribución exclusiva de GLP envasado en la zona sur de las provincias de Santa Fé y Córdoba”, cuya investigación tuvo como objetivo de elaborar un plan de negocios con el que se pueda dar viabilidad a la instalación de una nueva empresa dedicada exclusivamente a la distribución de GLP, teniendo una población constituida por la empresa fraccionaria de GLP. En el trabajo se concluye que el mercado es regulado por subsidios, y cuyo incremento se compara con el alza de gastos presentes de la empresa, por más que el proyecto haya tenido un flujo de fondos aceptables no viene a ser un proyecto viable debido a los elevados niveles de incertidumbre que existe en la actualidad.

Quezada & Vaca (Ecuador - 2016), en su tesis titulada “Impacto socioeconómico de la eliminación del subsidio del gas en hogares ecuatorianos”, cuya investigación tuvo como objetivo principal definir el grado de afectación que produce la eliminación del subsidio del gas en Ecuador. Para la recolección de datos se usó la técnica de encuestas, cuyo instrumento es el cuestionario, y cuya conclusión fue que los subsidios no llegan a tener un gran impacto en la población, al no mejora ni empeorar su la pobreza.

Silupu (Piura – 2019), en su trabajo de investigación titulado “Caracterización del control administrativo interno en las empresas envasadoras y comercializadoras de GLP en el Perú”, cuyo estudio tuvo el objetivo de describir adecuadamente los riesgos que pudiesen existir en las operaciones ya definidas en la empresa Piura Gas, que permitan garantizar un correcto seguimiento organizacional y se puedan aplicar medidas de prevención de riesgos una vez definidas. En este estudio se llegó a la conclusión que la planta no genera un riesgo ambiental considerable, pero la falta de inventario de almacén afecta

considerablemente a la empresa, ya que al no poder contar con un control de existencias se exponen a riesgos como robos y falsos costos.

Villegas (Chachapoyas – 2017), en su estudio titulado “Evaluación de la eco eficiencia de ladrilleras ubicada en el distrito Mariscal Benavides en Amazonas”, cuya investigación tuvo como objetivo incrementar los beneficios a los usuarios a partir de un mejor servicio enfocado a la venta de soluciones a las necesidades de los clientes, y reducción del impacto negativo ambiental minimizando la exposición de residuos que contaminan, reducir el consumo de recursos como: el agua, la energía, el terreno y el reciclaje. Se trabajó se enfocó en una población representada por todas las ladrilleras ubicadas en el distrito Mariscal Benavides, considerando una muestra constituida de 13 ladrilleras correspondiente al 100%, para la recolección de datos se tomó en cuenta la encuesta cuyo instrumento está dado por el cuestionario. A partir del estudio se llegó a la conclusión que de una población de 13 ladrilleras sólo 2 poseen formalidad, siendo las demás trabajadas por familias con hornos precarios, la mitad con matriz energética en base al petróleo, el cual genera contaminación. Por otro lado, las demás utilizan energía eléctrica con una baja rentabilidad. Finalmente, la formalidad de las ladrilleras se llega a utilizar como un indicador para el consumo de energía, donde las ladrilleras formales son las que poseen una mejor rentabilidad debido que utilizan energía para el moldeo de los ladrillos y el costo de producción es menor, así como el impacto ambiental.

Zereceda (Arequipa - 2018), en su tesis titulada “Estudio de diseño para la instalación de GLP en una planta textil ubicada en la ciudad de Arequipa”, cuya investigación tuvo como objetivo lograr diseñar y calcular la instalación para utilidades del gas natural en una planta textil. A partir del estudio se logró elaborar los planos conforme a la recolección de datos, y contienen los parámetros para utilizar suministro de GLP, como la presión, el caudal y la derivación límite de la propiedad.

Carrera (2018), en su trabajo de investigación titulada “Caracterización de los riesgos laborales en la elaboración de instalaciones de distribución de GLP en la ciudad de Arequipa”, cuyo estudio tuvo como objetivo la caracterización de riesgos laborales en la construcción y la reducción de incidentes y accidentes mediante el uso de controles, enfocado a los trabajadores activos en la distribución de GLP. Para la recolección de datos se utilizaron encuestas y cuestionarios. El estudio llegó a la conclusión de que existen una variedad de actividades durante el proyecto de construcción con elevados peligros, de los cuales se identificaron 11 actividades críticas que pasaron por análisis y control con el fin de reducir el nivel de riesgo.

1.3.2 Gas natural en el Perú

El Perú cuenta con gas natural desde mediados del ciclo pasado, explotado en menor escala en el Alto Talara desde setiembre del 2004, actualmente la ciudad de Lima y el Callao se abastecen mediante el gasoducto que viene de Camisea, y consumen en la actualidad 1300 MMPCD; 700 son para exportación en forma licuefactada y es procesada en la planta de Melchorita, y 600 en la capital con pequeños abastecimientos virtuales que se distribuyen a ciudades aledañas y brindan combustible a empresas como Aceros Arequipa por medio de cilindros de GNC diariamente.

Las reservas se han incrementado ligeramente por los nuevos hallazgos en la zona de Camisea (Cusco) y se considera que existen 13 TCF en todo el Perú. Las exploraciones se han acelerado por parte de transnacionales con el fin de justificar la gran petroquímica y los gasoductos regionales; mientras tanto, nuestra región aún no cuenta con abastecimiento por ducto.

Existen dos proyectos grandes de abastecimiento de gas, uno a cargo del consocio Promigas – Surtigas que tienen que realizar 150 mil conexiones de gas domiciliario y

comercial en las ciudades de Trujillo, Pacasmayo, Huaraz y Chimbote en los próximos cinco años y la Empresa Gas Natural Internacional SDG, con 164 mil conexiones en los próximos siete años en las ciudades de Arequipa, Ilo, Moquegua y Tacna.

La empresa Graña y Montero se ha adjudicado el proyecto de transporte de GNC y GNV a diez ciudades del sur este, Jauja, Huancayo, Abancay, Andahuaylas, Huanta, Ayacucho, Huancavelica, Cuzco, Juliaca y Puno en los próximos años. Con estos proyectos en marcha la masificación del gas natural está en marcha, por lo que se deben realizar proyectos de conversión de comercios e industrias a gas natural para tener infraestructura una vez se tenga gas natural.

Finalmente, cabe señalar que la empresa Contugas está en plena ejecución de instalaciones domiciliarias y comerciales en la ciudad de Ica con una inversión de 300 millones de dólares, este abastecimiento será por ducto y también con GNC.

1.3.3 Transporte de gas natural

El transporte de gas natural se debe realizar por ducto, dadas sus propiedades físico químicas este sistema tradicional se ha usado en el mundo desde el siglo pasado. Además, hay dos formas más de abastecer gas: el comprimido o GNC y el licuefactada o GNL. El avance de la tecnología en los últimos años ha creado sistemas más económicos y resistentes, por ello trataremos estos sistemas de transporte o abastecimiento.

1.3.3.1 Transporte por gasoducto

El transporte de gas natural por ducto es el sistema tradicional de transportar de gas natural desde los yacimientos hacia las plantas acondicionadoras o de

fraccionamiento y luego a los centros de consumo como industrias, comercios, viviendas o centros de expendio de GNV para el uso vehicular.

Estos ductos existen desde la antigüedad, habiéndose encontrado cañas de bambú como medio de transporte en Asia que datan de 1000 años AC. Este sistema de tuberías llamado gasoductos se construyen de acero y se unen con juntas soldadas, y el desarrollo de la tecnología ha hecho que sean cada vez más confiables para este propósito. El gasoducto más largo construido por el hombre es el que atraviesa la Siberia con 5100 kilómetros en tubería de un metro de diámetro. Países como Argentina, Colombia, Bolivia y Brasil cuentan con miles de kilómetros de gasoductos que se han desarrollado en los últimos años. En el Perú tenemos el gasoducto Camisea-Pisco-Lurín-Lima-Callao, con más de 800 kilómetros y se está a la espera de la concesión para el gasoducto Sur Andino. (Camisea – Calca –Cusco -Canchis-Espinar-Melgar-Lampa- Caylloma -Yura- Arequipa- Matarani- Ilo).



Figura 2. Proyecto para el gasoducto Sur Peruano.
Fuente: Proinversión (2014).

El gasoducto será diseñado conforme a la Norma más reciente de ASME 831.8, norma industrial norteamericana para "Sistemas de Ductos para Transporte y Distribución de Gas". Se recopilará la siguiente información: carga de operación, condiciones topografía de la ruta, suelos y datos ambientales. Según el código para gasoducto ASME 831.8 el dimensionamiento del espesor de pared del ducto tiene por base la fórmula para esfuerzo tangencial, y tres factores de seguridad.

La verificación final de diseño tomará en cuenta la expansión térmica, fijación del ducto, vibración, fatiga del gasoducto y condiciones de carga especiales tales como eventos sísmicos. Se tiene la intención de que los datos del diseño básico constituyan la base para el diseño detallado una vez que queden bien definidos los datos de levantamiento topográfico de la ruta y demás parámetros.

El diseño del gasoducto también atiende a los aspectos de integridad permanente para todo el gasoducto o gasoductos. Por ejemplo, serán necesarias corridas

periódicas de inspecciones inteligentes para ver el estado de la superficie interior y exterior de los ductos en cuanto a corrosión; así mismo considerar factores de seguridad en el diseño si es que el ducto atraviesa pantanos o zonas de lluvia o neblina, y se deben considerar también aspectos sísmicos.

Un gasoducto es una conducción que sirve para transportar gases combustibles a gran escala. Consiste en una conducción de tuberías de acero, por las que el gas circula a alta presión, desde el lugar de origen. Esta es una técnica de transporte de gas, que consiste en la construcción de un sistema de transmisión por medio de tuberías de diferentes diámetros, recomendado para recorrer largas distancias, de forma eficiente y con menor costo.

Los gasoductos principales o troncales son más largos que otros gasoductos secundarios pues en muchos casos el gas es usado para la generación de electricidad en el propio país de origen del gas, o en países vecinos. Debido a su longitud, los oleoductos y gasoductos atraviesan vastas zonas, incluyendo áreas pobladas tanto urbanas y rurales, áreas protegidas, ecosistemas frágiles. etc.

El impacto ambiental que producen los gasoductos, se enfoca más que todo en la fase de construcción de los mismos que causan diferentes impactos ambientales según su tipo. La magnitud de los impactos dependerá del tipo y tamaño de la tubería, su significado dependerá del grado en que se afecten los recursos naturales y sociales. Se puede considerar que los gasoductos contribuyen a la calidad del medio ambiente porque facilitan la disponibilidad de combustibles más limpios. Al definir la presión de operación de un gasoducto de transporte, sí bien el caudal transportado será mayor cuanto más alto sea la presión de ingreso al gasoducto, será también mayor la potencia necesaria de las plantas compresoras y más resistentes todas las demás partes que componen el sistema. Por lo tanto, la

decisión de adopción de una presión de diseño deberá estar en cada caso condicionada, como contrapartida de los mayores caudales transportados, a los mayores costos de inversión y operación en que se incurrirá por la necesidad de utilizar materiales más resistentes. En la actualidad los gasoductos de transporte se dimensionan para presiones comprendidas entre 1.200 Psi y 1.450.00 Psi (80 a 100 bar) de presión operativa, dependiendo de la selección de los valores intermedios entre los valores mencionados, según las características de los consumidores en la ruta.

Las normas más utilizadas en el análisis de sistemas de tuberías son las normas conjuntas del American Estándar Institute y la American Society of Mechanical Engineers ANSI/ASME B31.1. B31.3. etc. Cada uno de estos códigos recoge la experiencia de numerosas empresas especializadas, investigadores, ingenieros de proyectos e ingenieros de campo (Poner Piping - tuberías de alimentación publicado en 1989 por la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos en Nueva York).

- B31.3 (1990) Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping.
- B31.4 (1989) Liquid Transportation System for Hydrocarbons, Petroleum Gas and hydrocumnía and Alcohol.
- B31.5 (1987) Piping Refrigeration.
- B31.8 (1989) Gas Transmisión and Piping System.
- B31.9 (1988) Building Services Píping.

En lo que concierne al diseño, todas las normas son parecidas, exceptuando algunas discrepancias con relación a las condiciones de diseño del cálculo de los

esfuerzos y a los factores admisibles.

1.3.3.2 Transporte de gas natural comprimido (GNC)

A este tipo de transporte de gas se lo conoce como abastecimiento virtual, dado que no cuenta con un gasoducto. El gas se comprime entre 200 a 250 bar y se almacena en cilindros especiales que son transportados a los centros de consumo. Originalmente estos cilindros eran fabricados de acero al carbono y sin aplicación de soldadura, en la actualidad se usa fibra de carbono al ser más económica y resistente.

Estos cilindros especiales los fabrican de varias capacidades dependiendo el tipo de aplicación que se le quiera dar, la más común es la aplicación automotriz que en el Perú es el GNV (Gas Natural Vehicular), estos son de 6, 9 y 12 m³ de gas. Para usos comerciales e industriales estos cilindros son de mayor tamaño, llegando almacenar hasta 1000 m³ de gas natural en un solo cilindro a una presión de 250 bar. En la figura 3 se observa el transporte de más de 8000 m³ de gas natural que equivalen a unos 4500 galones de petróleo. Cada cilindro almacena 1000 m³ de GNC. Mientras tanto, en la figura 4 se observa el cilindro de uso automotriz de 12 m³ a 250 bar de presión.



Figura 3. Transporte de GNC de 8000 m³
Fuente: SGS (2015)



Figura 4. GNV para uso automotriz
Fuente: Hidalgo (2019).



Figura 5. Centro de carga de GNC
Fuente: Richardson (2009).

1.3.3.3 Transporte de gas natural licuado (GNL)

El gas natural de acuerdo a sus propiedades físico químicas se licua a $-164\text{ }^{\circ}\text{C}$ y a presión atmosférica, esto es aprovechado desde hace varios años por medio de plantas criogénicas donde se licua este gas reduciendo su volumen 600 veces. Esta reducción es colocada en barcos metaneros o cisternas especiales con el fin de ser transportado grandes distancias por mar o tierra para abastecer un punto de consumo; posteriormente hay que regasificarlo en plantas de regasificación.

El Perú cuenta con una planta de licuefacción ubicada en Melchorita al sur de Lima en donde diariamente es licuado 700 MMCFD. Si bien los costos de licuefacción son mayores al de compresión, existe la ventaja en el transporte ya que permite llevar mayores cantidades de gas a mayores distancias de forma líquida.

Actualmente conviene un abastecimiento virtual con GNC para distancias menores de 500 km y un abastecimiento con GNL para distancias mayores. Así

mismo, se fabrican mini plantas de licuefacción que cuentan con cisternas especiales para el transporte terrestre que llevan incorporado un sistema de regasificación que hace cada vez más factible el abastecimiento industrial. En la figura 6 se observa un barco metanero con gas natural licuado que transporta gas entre continentes, así mismo la figura 7 se muestra un abastecimiento de GNL a menor escala mediante una cisterna criogénica que puede abastecer un centro de consumo mediano como una población pequeña o la industria.



Figura 6. Barco metanero en Melchorita
Fuente: Repsol (2010).



Figura 7. Cisterna de GNL y regasificación
Fuente: Cervantes (2018)

El transporte de gas natural seco implica un transporte a través de ductos para cada etapa, ya que una vez extraído de tierra firme o mar, el gas es transportado por gasoductos hasta las plantas procesadoras para poder ser separado toda sustancia líquida así mismo, eliminar toda impureza, una vez finalizado el proceso toma el nombre de gas natural seco. El cual es transportado por gasoductos hacia estaciones regularizadoras para poder ser enviado a las diferentes industrias.

El transporte de gas natural comprimido se realiza por vía terrestre en contenedores especiales para el soporte de la presión el cual es estibado por camiones. Su comercialización se realiza para uso doméstico, vehículos y comerciantes. En su gran porcentaje es derivado para el uso de combustible de vehículos.

1.3.4 Estación de regulación y medición

Los ERM constan de una caseta normalmente enmallada que se instala en el límite de la propiedad de la planta industrial. Esta estación de filtración, regulación de presión y medición del flujo de gas debe funcionar independientemente al tipo de abastecimiento, ya sea por gasoducto, GNC o GNL.

Son fabricadas y ofertadas en paquete de acuerdo al flujo de gas que consumirá la planta. En el Perú tenemos ERM de procedencia argentina, colombiana, americana, europea, china, etc. Según la NTP basta que la marca sea certificada para ser aceptada. La selección de la ERM se hace de acuerdo a dos parámetros básicos:

- Flujo de gas requerido en m^3/h .
- Presiones de ingreso y salida del gas natural.

La presión de ingreso de gas natural puede ser una línea principal de hasta 80 bar o una línea secundaria de 10 a 30 bar, y en el regulador de presión se la reduce entre 2,5 a 4 bar según la NTP 111 010.



Figura 8. Estación de regulación y medición ERM
Fuente: CNI (2018)

1.3.5 Estación de descarga para el gas natural comprimido (GNC)

La ubicación de los módulos contenedores deberá estar en el área llamada patio de almacenamiento con el debido cerco de seguridad que permita limitar el acceso sólo a personas autorizadas.

La actividad de reabastecimiento de los contenedores de GNC deberá realizarse en un área restringida diferente durante esta actividad. Deberán de tener una válvula de corte rápido las cuales se ubicarán bajo el agua. La señalización es importante ya que ayuda a prevenir accidentes.

1.3.5.1 Estación de medición

Los medidores de flujo volumétrico son los más usados en la industria, cuyo caudal volumétrico incluye el desplazamiento volumétrico, la velocidad y los inferenciales.

Los medidores de flujo másicos son muy poco usados, por su utilidad en balances de masa y poseen poca estabilidad para flujos bajos.

1.3.5.2 Módulos de almacenamiento de GNC

Son aquellos conjuntos de cilindros o tubos donde va almacenado el GNC, los cuales están unidos por colectores con accesorios y estructura autoportante. La unidad de almacenamiento deberá de estar fijada al vehículo que lo va a transportar, o también puede ser una unidad desmontable para el intercambio de unidades.

1.3.5.3 Estación de compresión de GNC

Una estación de compresión deberá tener muros de 3 metros de altura, podrá ser utilizada para la venta de GNV y dar el servicio de GNC. El tránsito vehicular en el patio de carga deberá de realizarse sin interrupciones ya sea para el ingreso, carga o descarga de los vehículos.

La estación por lo tanto es el lugar de establecimiento que cuente con equipos adecuados y necesarios para la compresión y un buen almacenamiento a presión máxima de trabajo de 250 bar, este gas comprimido debe ser almacenado en contenedores especiales.

Para la optimización de la carga del gas natural comprimido se incorpora un sistema de enfriamiento para el gas.



Figura 9. Módulos de compresión de gas natural comprimido en Gran Yakarta.
Fuente: Galileo Technologies (2014).

1.3.6 Diseño en instalaciones de gas natural para la industria

Para el diseño de las instalaciones del GNC deberán de tenerse en cuenta los siguientes puntos:

- Instalaciones eléctricas.
- Transformadores y las sub-estaciones eléctricas.
- Los edificios donde se concentran una cantidad considerable de personas.
- Los suministros de gas.

1.3.7 Normatividad en el Perú

Las normas técnicas que regulan el diseño e instalación del gas natural son entre otras:

- NTP 111 010 - Instalaciones industriales.
- NTP 111 011 - Instalaciones residenciales y comerciales.
- NTP 111 022 - Ventilación de los artefactos a gas.
- NTP 111 023 - Evacuación de los productos de la combustión del GN.
- NTP 111 031 - Estación de compresión, módulos contenedores o de almacenamiento, y estación de descarga para el gas natural comprimido (GNC).

- DS 042 EM - Decreto supremo de Distribución del gas natural por redes.
- EM 040 - Norma técnica de edificación de instalaciones a gas natural.

Para el proyecto desarrollado se consideran las normas NTP 111 010 y NTP 111 031.

1.3.8 Clasificación del gas natural

El gas natural es un combustible en estado gaseoso que corresponde una mezcla de hidrocarburos como es el metano entre otros, y el cual podemos encontrar en la naturaleza en reservas subterráneas. Lo podemos clasificar por su origen en:

- **Gas asociado:** Aquel cuya extracción viene acompañada con el petróleo y algunos hidrocarburos como el butano, propano, naftas y etano.
- **Gas no asociado:** Aquel cuyo depósito a ser extraído no posee ningún tipo de petróleo crudo.
- **Gas amargo:** Aquel que en su composición posee derivados de azufre como bisulfuros, sulfatos.
- **Gas dulce:** Aquel que no posee ni partículas ni derivados de azufre, por lo general se obtiene cuando se endulza al gas amargo mediante solventes químicos.
- **Gas seco:** Poseen cantidades mínimas de hidrocarburos
- **Gas húmedo:** Posee cantidades considerables de hidrocarburos.

1.3.9 Fabricación de ladrillos

Según el programa regional aire limpio (2013), en la región de Arequipa se utiliza en la cocción de ladrillos: llantas de segundo uso, residuos plásticos, aceites usados, entre otros

desechos. En la siguiente tabla se detallan los tipos de combustibles que son usados en hornos de la región.

Tabla 1. *Tipos de Combustibles Empleados en Hornos de la Región Arequipa*

Combustible usado	% de empresas
Petróleo / Aceite usado	65%
Desecho orgánico	30%
Carbón mineral	3%
Otras combinaciones	2%

Fuente: Programa regional aire limpio.

Los ladrillos son piezas utilizadas para la construcción, por lo general son de cerámicos de forma ortopédica, con lo cual se puede colocar la pieza de ladrillo con una sola mano.

1.3.9.1 Clasificación

Según su forma pueden ser:

- Ladrillo perforado.
- Ladrillo macizo.
- Ladrillo manual.
- Ladrillo hueco.



Figura 10. Tipos de ladrillos.

Fuente: Nikitmedia.com

Según su aplicación pueden ser:

- Ladrillo macizo.
- Ladrillo hueco.
- Ladrillo de paramento.
- Ladrillo de fachada.



Figura 11. Tipos de ladrillos

Fuente: Ahorrarenladrillos.com

1.3.10 Hornos para la fabricación de ladrillos

Entre los hornos que se emplean para la elaboración de ladrillos tenemos los hornos de adobe con carga y descarga es manual, hornos semi-continuos con mecanismo para el movimiento de carga de producto final desde la cavidad perteneciente al horno, así como también existen hornos para la producción continua. Podemos describir tipos de hornos considerando el tipo de trabajo a la cual estaría sometido (EELA, 2015).

1.3.11 Tipos de hornos

1.3.11.1 Hornos intermitentes

Para el tipo de hornos por lote, es común la existencia de espacio o cámara donde se colocan los ladrillos para ser quemados de manera manual o mecanizada, de modo que los gases producto de la combustión puedan fluir a través de los ladrillos y realizar una buena cocción.

El horno para el quemado tipo lote por carga y con tiro directo emplea carbón o carbón de leña como combustible, el cual ingresa por la parte baja y se quema por encima de los cimientos, lo que produce gases que fluyen hasta subir y salir por la chimenea. Tenemos hornos que no presentan chimenea, por ende, dificultan la adición de oxígeno con lo cual se obtiene una cantidad considerable de contaminantes, lo que lleva a cabo una mala combustión y da como resultado presencia de humo negro. Dependiendo de su forma, podemos encontrar los tipo cilíndricos y artesanales, dentro de los cuales los más rudimentarios aquellos que estab elaborados con arcilla (EELA, 2015).

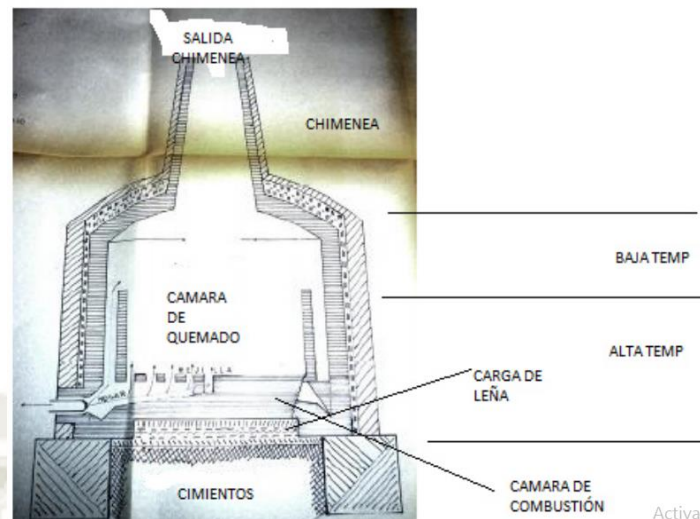


Figura 12. Horno para quemado de ladrillo tipo lote de carga directa

Fuente: Jones T. (1996)

La elaboración de un horno artesanal de quemado puede ser sencilla y económica, pero poseen desventajas como:

- Una gradiente variada de temperaturas las cuales originan grietas que ponen en riesgo la estructura, lo cual implica mantenimientos continuos para la reparación de grietas.
- La fusión de los ladrillos ocurre en la base debido a las bajas temperaturas en la parte baja, lo cual también requiere mantenimiento.
- La combustión es muy deficiente por lo que requiere de un mayor uso de combustible, y los restos como las cenizas llegan a salir expulsadas perjudicando la salud de los trabajadores.
- Este tipo de hornos no posee bóveda en la parte superior, lo que conlleva a una pérdida de calor muy alta, por lo que hay la necesidad de utilizar más combustible por lo que los tiempos de quemado son más largos.
- La temperatura en la parte inferior comparada con la parte superior del

horno tiene una variación muy elevada, lo cual implica una considerable pérdida de calor, esta variación afecta la calidad de los ladrillos a elaborar (EELA, 2015).

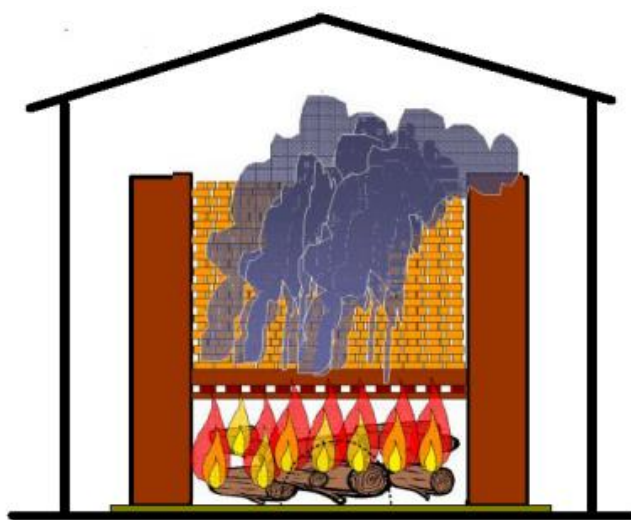


Figura 13. Esquema de un horno artesanal de quemado.
Fuente: Conam (2008).

1.3.11.2 Hornos Paulistinha

El horno Paulistinha, son generalmente encontrados en la industria brasilera, en regiones que no cuentan con un nivel tecnológico alto. Su operación es de manera discontinua y no cuentan con un sistema de aislamiento térmico. Dentro de su estructura se encuentra un área rectangular y horizontal, para el sistema de gases se tiene un tiro de flujo descendente compuesto por una parrilla en el piso. Se compone de 4 a 6 hornillas en las cuales se produce la quema y están localizadas en los laterales de las paredes, esta acción origina que los gases calientes y el flujo que se forma sea ascendente con dirección a la bóveda; este proceso origina el intercambio de calor cuando desciende en orientación a la solera, la cual tiene la criba en la parte inferior (EELA, 2015).

Ventajas:

- Puede ser elaborado empleando recursos de la empresa.
 - Es de fácil operación.
 - El calor producido es recuperable.
 - Se pueden emplear distintos tipos de combustible.
 - La producción es diversa, se pueden elaborar tejas, ladrillos, baldosas.
- (EELA, 2015)

Desventajas:

- El horno cuenta con sectores que no son homogéneos en relación a la incidencia de calor.
- A diferencia de otros hornos este requiere uso intensivo de mano de obra.
- El enfriamiento se produce de forma tardía.
- Respecto a la calidad, el producto es comparativamente bajo.
- Con referencia al consumo de energía es alto (EELA, 2015).

1.3.11.3 Horno de tiro invertido

El horno de tiro invertido cuenta con una distribución óptima de calor. Es la adaptación del horno de fuego abierto, pero con mejoras de la misma forma. Este horno cumple con límites máximos permisibles de las emisiones de los gases como CO, SO₂ y NO_x (EELA, 2015).

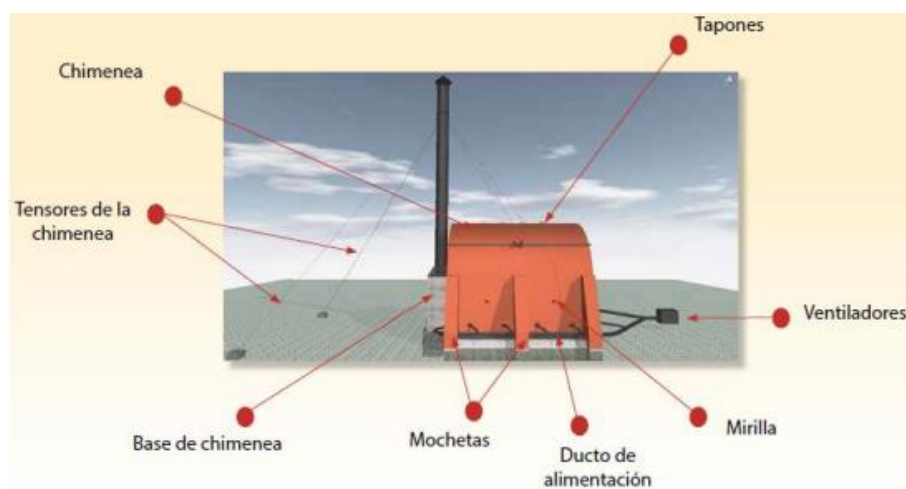


Figura 14. Partes del horno invertido

Fuente: EELA (2015)

Ventajas:

- Cuenta con un costo bajo de operación.
- El consumo de energía es de manera moderada y de la misma forma la emisión de GEI.
- Se pueden emplear diversos tipos de leña.
- Genera impacto moderado al medio ambiente y la salubridad
- Los productores pequeños generan una buena productividad de forma rápida.
- Cuentan con un nivel de pérdidas por quiebre y rajaduras bajo y el proceso de quema se da de forma homogénea (EELA, 2015).

Desventajas:

- La alimentación debe de controlarse y ser de forma continua para obtener una buena eficiencia de energía.
- Los ladrillos que son introducidos en el horno deben de estar secos (EELA,

2015).

1.3.11.4 Horno abovedado

Los hornos abovedados cuentan con una eficiencia inferior referido al desempeño térmico, el diseño de forma circular garantiza la eficaz distribución de calor en relación al horno Paulistinha. El horno abovedado no presenta partes externas lo cual representan menores pérdidas de calor (EELA, 2015).

Ventajas:

- La elaboración de la construcción del horno se desarrolla de manera más sencilla.
- Presenta una operación de forma más sencilla.
- Tiene la capacidad de recuperar el calor
- La elaboración es de costo asequible.
- Se pueden emplear una amplia diversidad de combustibles
- Se pueden elaborar diversos productos como tejas, baldosas y ladrillos (EELA, 2015).

Desventajas:

- El calentamiento producido es de forma discontinua en las zonas de la parte inferior y superior.
- La calidad de los productos elaborados es de baja calidad en la parte inferior.
- Las condiciones de las descargas producidas son insalubres (EELA, 2015).

1.3.11.5 Horno metálico móvil

Está compuesta por una estructura en los laterales y techo de material metálico y en la parte interior cuenta con un recubrimiento de fibra de cerámica. Se logra movilizar por rieles, ensamblándose sobre la base de quema fijas. El empleo del horno metálico móvil permite la elaboración de productos de calidad más alta con respecto a los otros hornos y es amigable con el medio ambiente (EELA, 2015).

Ventajas:

- La calidad de los productos es alta, supera el 90%.
- Se puede modificar la velocidad de la quema.
- El empleo de este horno permite la adaptación a la materia prima.
- Pérdida baja de productos con calidades inferiores.
- Se pueden emplear amplia diversidad de combustibles.
- Permite la recuperación de calor.
- La operación del proceso otorga buenas condiciones de salubridad y relación con el ambiente (EELA, 2015).

Desventajas:

- La operación que se debe emplear para la marcha del horno es compleja, se debe de contar con un control permanente y control del ritmo de distribución del calor.
- La operación del horno requiere de un cuidado que permita garantizar la integridad de la estructura de la fibra de cerámica (EELA, 2015).

1.3.11.6 Horno de fabricación de ladrillos semi-continuos

Para la elaboración de hornos de ladrillo semi-continuo se requiere de varias cámaras por donde circule la temperatura, esto mejora la eficiencia térmica, así como la producción. Es semi-continuo debido a que presenta varias cámaras cargadas por lote con lo cual necesita de un espacio amplio para poder construirlo (EELA, 2015).

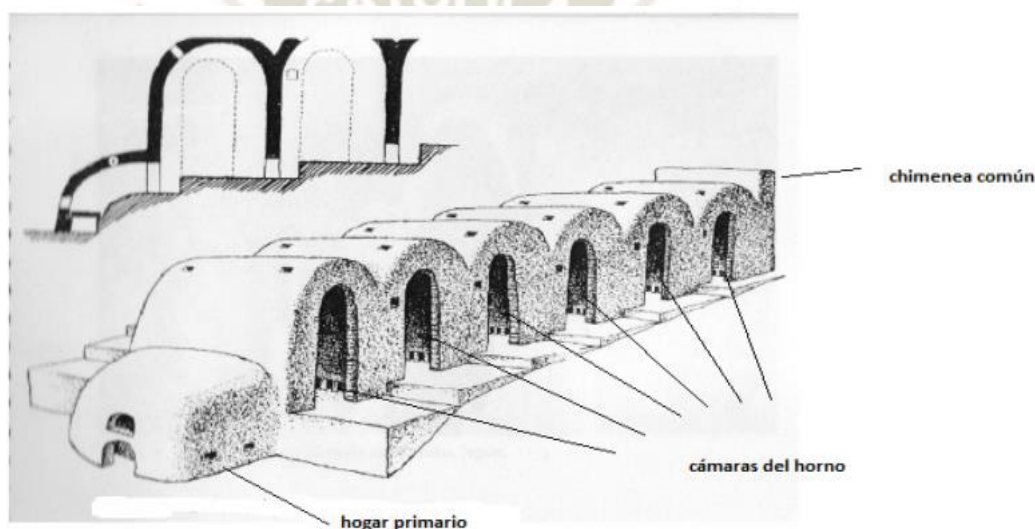


Figura 15. Horno de tipo semi-continuo para la fabricación de ladrillos

Fuente: Moreno F. (1981)

Para el encendido comenzamos con la primera cámara, cuyos gases comienzan a quemar los ladrillos mientras que el calor sobrante pasa a las siguientes cámaras; gracias a esto, se encuentra una uniformidad de las temperaturas y una buena calidad con una productividad elevada. Una vez que se logre el quemado en la primera cámara se procede a encender las siguientes cámaras de la misma forma hasta finalizar con la última. El costo de inversión de este tipo de hornos es elevado debido a su construcción (EELA, 2015).

1.3.11.7 Horno Hoffmann

El horno Hoffmann presenta una estructura compuesta por paredes gruesas las cuales están diseñadas para resistir el choque de las habituales operaciones, las etapas de las contracciones y dilataciones generadas como consecuencia del enfriamiento y calentamiento. También cuenta con un gran número de cámaras por lo cual deben de contar con una estructura resistente. La operación se inicia desde la parte superior, y se realiza manualmente la alimentación mediante unos quemadores que trabajan por periodos de media hora, el proceso completo dura un promedio de seis horas (EELA, 2015).



Figura 16. Horno Hoffmann

Fuente: EELA, 2015

Ventajas:

- El producto obtenido cuenta con una calidad que supera el 90%.
- El diseño del horno permite que se puedan generar la quema de forma regularizada.
- Se puede observar que luego del proceso de operación existe un índice bajo de pérdidas de material, de baja calidad.
- Se pueden emplear diversas variedades de materia prima.

- El calor generado en la operación es recuperable.
- Se pueden emplear distintas variedades de combustible.
- La producción requiere una demanda inferior de energía (EELA, 2015).

Desventajas:

- La implementación de la construcción requiere costos elevados.
- La operatividad del proceso en comparación de otros hornos es compleja.
- Se debe de contar con la participación de mano de obra.
- Solo se pueden llevar a cabo la elaboración de un solo producto, ladrillos.
- La falta de aire en el proceso genera la presencia de manchas localizadas en las partes laterales de los productos (EELA, 2015).

1.3.11.8 Horno de cámaras tipo Cedan

La operación se realiza de forma semi- continua, durante el proceso una de las cámaras siempre se encuentra en periodo de quema, en la cual se genera el aprovechamiento del calor por encontrarse lateralmente conectadas, lo que garantiza el precalentamiento de las cámaras continuas a la que esté trabajando (EELA, 2015).

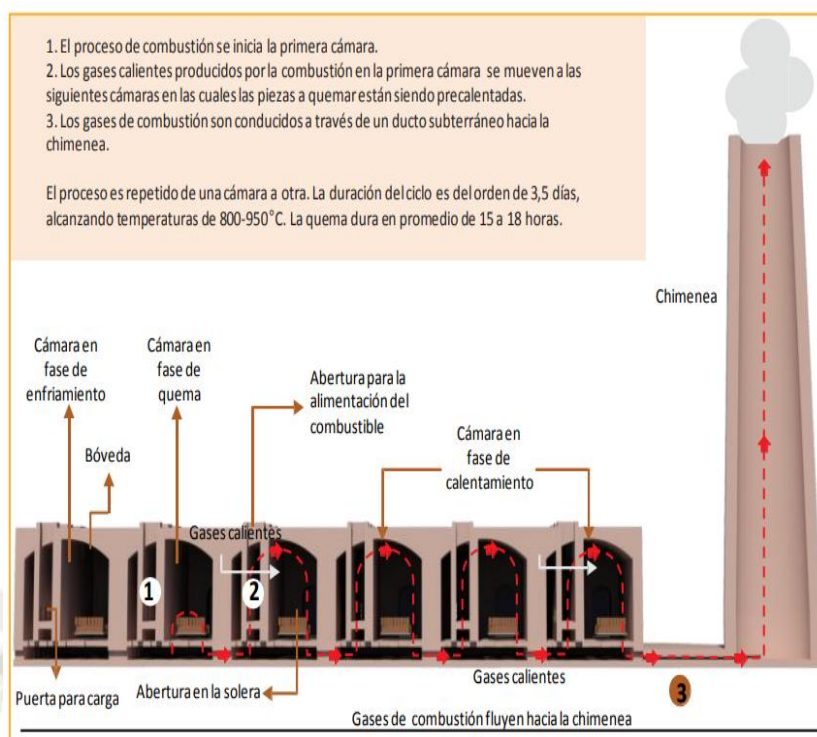


Figura 17. Esquema del horno Cedan
Fuente: EELA, 2015

Ventajas:

- La operación requiere un consumo de energía térmica bajo.
- Los hornos pueden realizar una amplia fabricación de una variedad de productos.
- Los hornos se adaptan al empleo de una amplia variedad de tipos de leña.
- La operación es de bajo costo.
- El proceso permite la recuperación de calor que puede ser empleado para el secado.
- Presenta valores razonables de salubridad durante el proceso de quema.
- La producción se desarrolla de manera rápida.
- Se generan pérdidas de productos inferiores con referencia a otros hornos

(EELA, 2015).

Desventajas:

- La operación en la producción contempla procesos más complejos.
- La inversión para la elaboración del alta (EELA, 2015).

1.3.11.9 Horno de fabricación de ladrillos continuos

Lleva esta denominación gracias a su tiempo de trabajo el cual es de 24 horas, todos los días del año. Los hornos continuos son efectivos para producciones elevadas.

Los costos de fabricación requieren de un grado de automatización para que las operaciones se logren de manera mecanizada.

Con esta clase de hornos se procesan variedad de productos, así como materiales para el cual se requiere de conocimientos para la aplicación de la automatización, que logren maximizar la calidad y la productividad. La eficiencia de los hornos se llega a medir de acuerdo a la utilización del calor de los gases de combustión que se producen al interior del horno luego del proceso de precalentamiento efectivo que optimizan la producción (EELA, 2015).

1.3.11.10 Horno túnel

El diseño del horno túnel es una estructura fija, constituido por tres áreas: precalentamiento por la cual ingresa el crudo, la cocción y finalmente el enfriamiento localizada en la parte opuesta. (EELA, 2015).



Figura 18. Vagonetas en el horno túnel

Fuente: EELA, 2015

Ventajas:

- Se pueden emplear una variedad amplia de combustibles.
- Genera una baja emisión de carbono y requiere menor demanda de energía térmica.
- La producción se realiza de forma muy rápida.
- La productividad de la operación es alta.
- El proceso requiere una manipulación mínima, y como consecuencia se tienen menos pérdidas de productos (EELA, 2015).

Desventajas:

- Requiere una inversión alta.
- El proceso de operación debe realizarse de forma continua.
- El personal encargado de la operación del horno debe de encontrarse

capacitado para desempeñar su función.

- Internamente está revestido con fibra cerámica, el cual requiere un cuidado respecto a los impactos que se puedan generar (EELA, 2015).

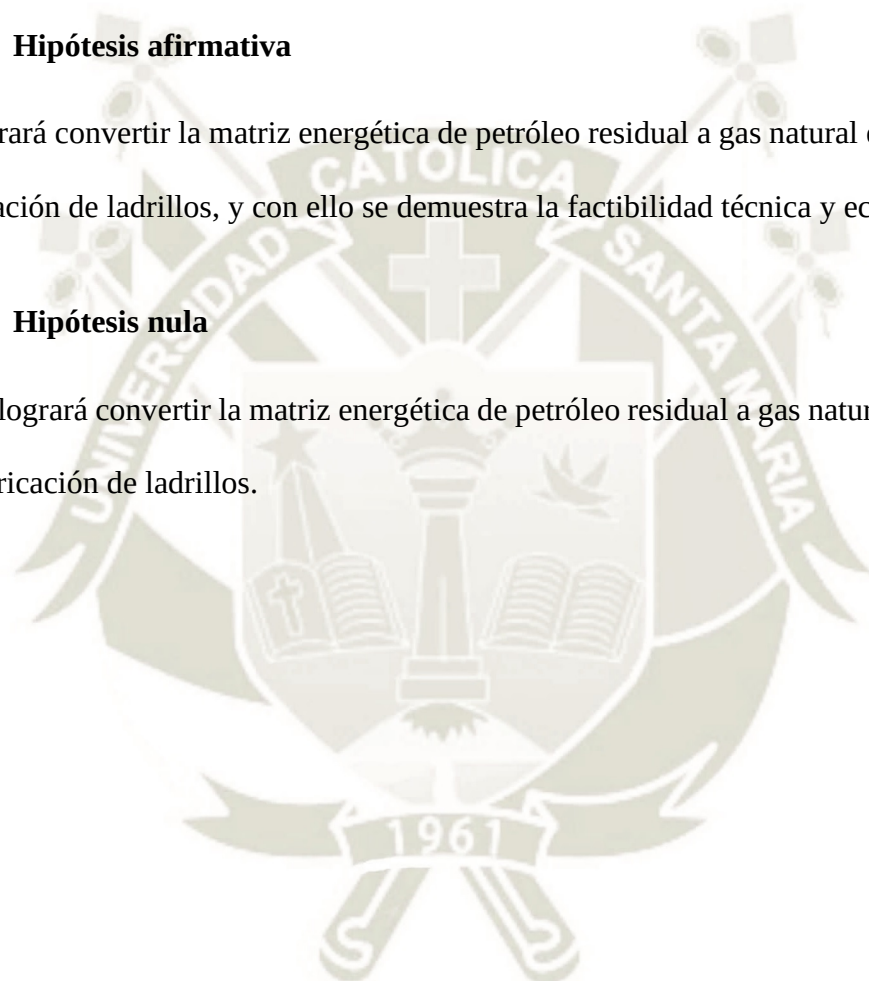
1.4 HIPÓTESIS

1.4.1 Hipótesis afirmativa

Se logrará convertir la matriz energética de petróleo residual a gas natural en la planta de fabricación de ladrillos, y con ello se demuestra la factibilidad técnica y económica.

1.4.2 Hipótesis nula

No se logrará convertir la matriz energética de petróleo residual a gas natural en la planta de fabricación de ladrillos.



CAPÍTULO 2

PLANEAMIENTO DE LA OPERACIÓN

2.1 TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE VERIFICACIÓN

2.1.1 Técnicas

Las técnicas usadas para el desarrollo de esta propuesta son: la información documentada y el análisis producto de la observación directa para la recolección de datos.

2.1.2 Instrumentos

Algunos de los instrumentos usados son:

- Software de modelamiento.
- Hojas de cálculo.
- Fichas técnicas.
- Visitas a planta.

2.2 CAMPO DE VERIFICACIÓN

2.2.1 Ámbito

La investigación pertenece al ámbito industrial.

2.2.2 Unidades de estudio

La empresa pertenece al rubro de la fabricación de ladrillos.

2.2.3 Temporalidad

La investigación se llevó a cabo en el año 2019.

2.3 ALCANCES Y LIMITACIONES

2.3.1 Alcances

Los alcances se enumeran a continuación:

- Realizar la implementación de la Estación de Descarga, que comprende la Estación de Regulación de Presión ERP y la Estación de Medición ERM.
- Contar con el diseño de las líneas de gas natural y sus accesorios en el interior de la planta.
- Lograr un ahorro significativo en los procesos de combustión por el precio del gas natural en el Perú.
- Tener la posibilidad de contar con una planta poco contaminante y que cuida el medio ambiente.
- Lograr aumentar la competitividad en la región por la disminución del precio de fabricación y mejorar la calidad de su producto.

2.3.2 Limitaciones

Para la realización de este proyecto, la conversión es en base a la tarifa del gas natural técnica y no política, de tal forma que pueda evaluarse la rentabilidad.

2.3.3 Cronograma

El cronograma se muestra a continuación:

Tabla 2. Cronograma de Actividades

CRONOGRAMA							
Plazo		6 meses					
Item	Actividades	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
1	RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN						
1.1	Recolección de información en la Ladrillera	x					
1.2	Formulación de objetivos e hipótesis	x					
1.3	Formulación de los alcances y limitaciones del proyecto	x					
1.4	Descripción de las necesidad y justificación del proyecto	x					
2	ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS		x				
2.1	Abastecimiento de gas por GNC		x				
2.2	Abastecimiento de gas por GNL		x				
2.3	Abastecimiento de gas por Gasoducto						
3	DESARROLLO DE LOS CÁLCULOS DE DISEÑO						
3.1	Estación de Filtrado y Regulación de Presión			x			
3.2	Determinación del flujo			x			
3.3	Selección de tuberías			x			
3.4	Determinación de la potencia nominal				x		
3.5	Selección de quemadores				x		
4	COTIZACIÓN DE LOS EQUIPOS Y ACCESORIOS						
4.1	Cotización de la tubería, filtros y válvulas				x		
4.2	Cotización de la estación de descompresión de GNC					x	
4.3	Cotización del quemador a utilizar					x	
5	EVALUACIÓN DE RESULTADOS						
5.1	Análisis de la factibilidad económica de la conversión						x
5.2	Impacto ambiental de la conversión						x

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS COMPARATIVO

3.1 ESCENARIOS DE ABASTECIMIENTO

La propuesta de conversión de la matriz energética que suministra actualmente a los hornos de petróleo residual a gas natural, es independiente de la forma de abastecimiento de gas natural a la planta. Actualmente, se manejan tres formas de abastecimiento:

- Por gasoducto y redes de gas.
- Por el transporte de cilindros de GNC (Gas Natural Comprimido).
- Por el transporte del GNL (Gas Natural Licuado).

La planta se localiza en la localidad de Camaná, lugar que no está considerado dentro de las provincias que serán abastecidas por el gaseoducto sur peruano. Este gaseoducto, fue inicialmente dado en concesión en el año 2017, pero se encuentra paralizado y en esperas a una nueva concesión bajo el marco de proyectos público / privado para el 2021; por tal motivo, no podemos contemplar temporalmente este escenario.



Figura 19. Distancia Matarani – Camaná
Fuente: Andina (2015).

3.1.1 Evaluación de los procesos térmicos de la planta

La ladrillera es una planta de mecanizado de ladrillos para la industria de la construcción, cuyo proceso de cocción se realiza por medio de hornos del tipo Hoffmann “invertidos”, este tipo de modificación al horno Hoffmann convencional consiste en incorporar quemadores en la parte superior de los hornos con el fin de buscar que el calor se desplace hacia los hornos laterales como un medio de precalentarlos y ahorrar combustible en el proceso de encendido; debe considerarse también, que este tipo de modificaciones no permite incorporar los quemadores por las paredes laterales del horno.

La producción de ladrillos es en promedio 80 millares cada 3 días, siendo el formato de ladrillo King Kong el más solicitado. El proceso de fabricación en general consta de pasos:

- Un día para colocar y retirar los ladrillos.

- Dos días para la cocción del ladrillo.

El proceso de quemado consiste en disponer todos los quemadores de manera consecutiva de manera longitudinal respecto al horno; su desplazamiento también se realizará de la misma manera, Se debe tener en consideración que los quemadores son móviles por lo que para concluir el quemado de un horno se deben trasladar 4 veces, y en cada posición se mantienen un total de 12 horas, con la finalidad de realizar la cocción total de cada sección del horno que es ocupada por los ladrillos.

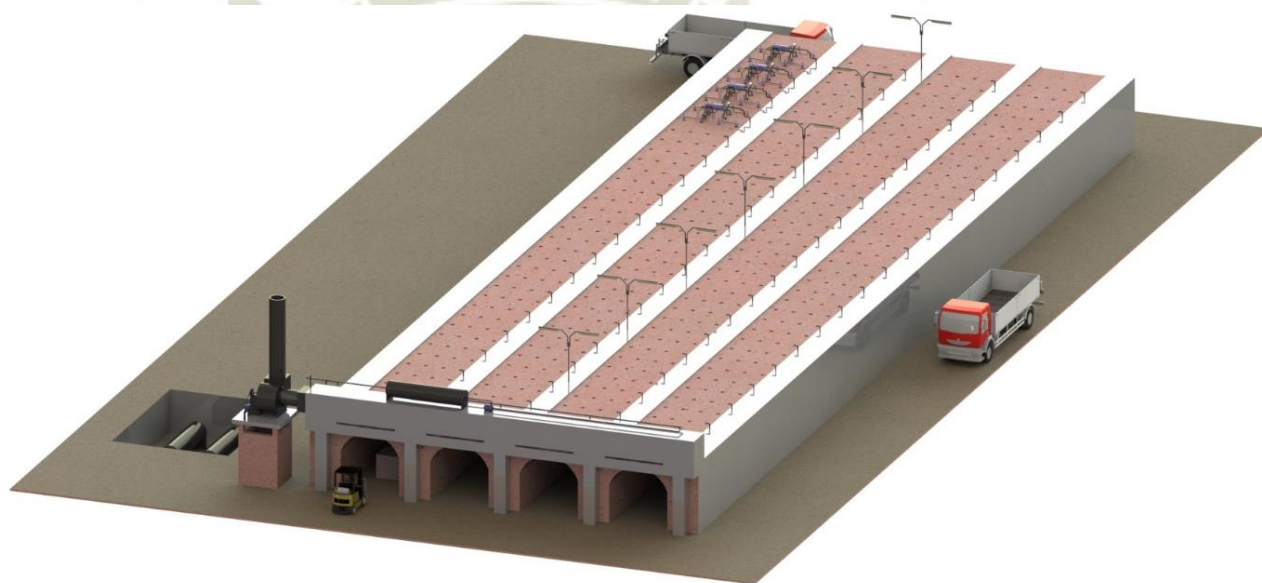


Figura 20. Horno Hoffmann invertido usada actualmente en la ladrillera
Fuente: Elaboración propia

Las partes principales correspondientes a esta planta se enumeran a continuación:

- Horno de cocción.
- Chimenea.
- Tanque de almacenamiento de petróleo residual.
- Tanque de distribución de petróleo residual.
- Quemadores de petróleo residual.

- Tomas de distribución de combustible.
- Tubos de escape de gases.
- Orificios de quemado y ventilación.
- Montacarga.

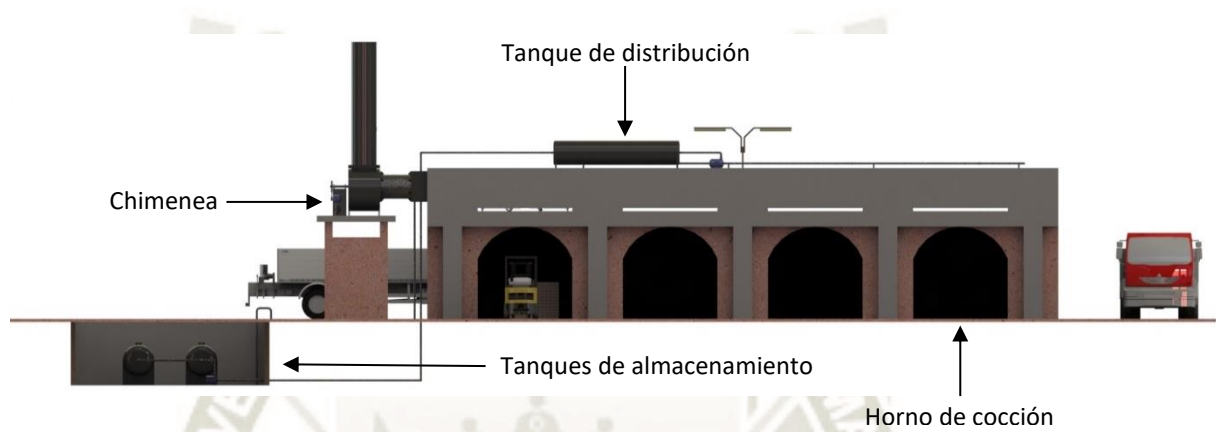


Figura 21. Partes principales del horno Hoffmann invertido
Fuente: Elaboración propia

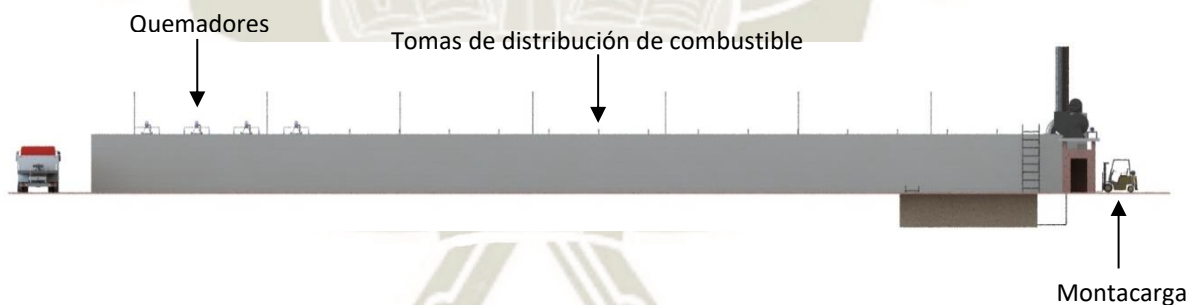


Figura 22. Partes principales del horno Hoffmann invertido
Fuente: Elaboración propia

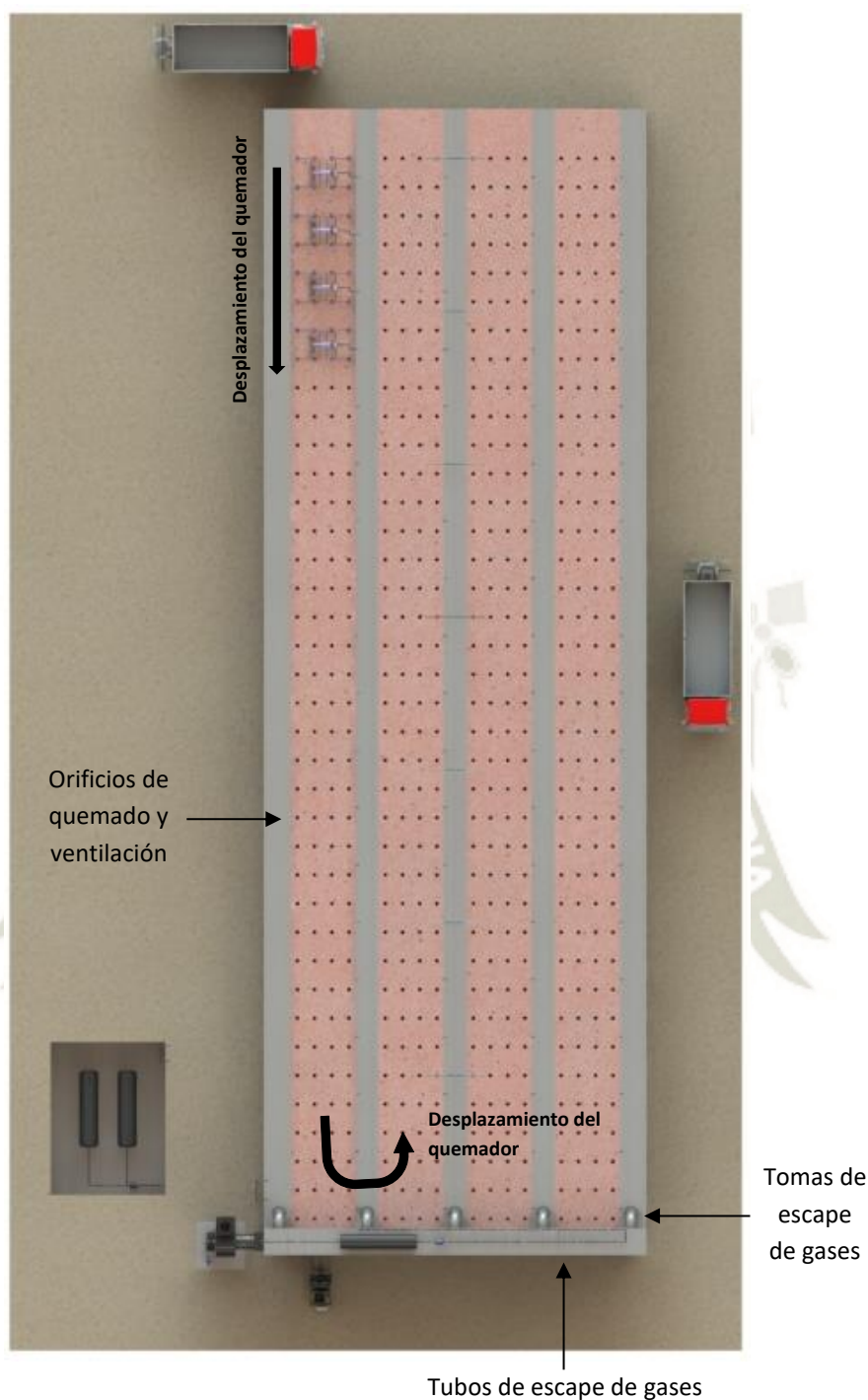


Figura 23. Partes principales del horno Hoffmann invertido

Fuente: Elaboración propia

Además, el principio de funcionamiento del horno se divide en las siguientes partes:

- El combustible es distribuido desde el tanque de distribución usando una bomba en conjunto con las tomas a lo largo de todo el horno usando conectores rápidos

que pueden ser acoplados a las mangueras que vienen junto a los quemadores. El combustible es almacenado en dos tanques al costado del horno, este a su vez posee una bomba que permite enviar el petróleo residual de estos a la parte superior de la planta donde se encuentra el tanque de distribución.

- El aire necesario para poder realizar la combustión es obtenido de los orificios obstruidos o abiertos, que se encuentran aledaños a los quemadores. La llama es orientada por medio de las varillas que son introducidos dentro de los orificios de distribución. El calor es distribuido a otros hornos por medio de las ventanas intermedias que se encuentran en las paredes internas del horno, de la misma manera se utilizan para extraer los gases de escape.
- Los gases de escape son extraídos por medio de los orificios que se encuentran embebidos en las paredes del horno, estos a su vez se conectan a tubos de conexión que se encuentran conectados a un tubo de extracción principal. Los gases de escape finalmente son succionados y expulsados de este tubo principal por medio de un ventilador de extracción y una chimenea que se encuentran a un costado del horno.

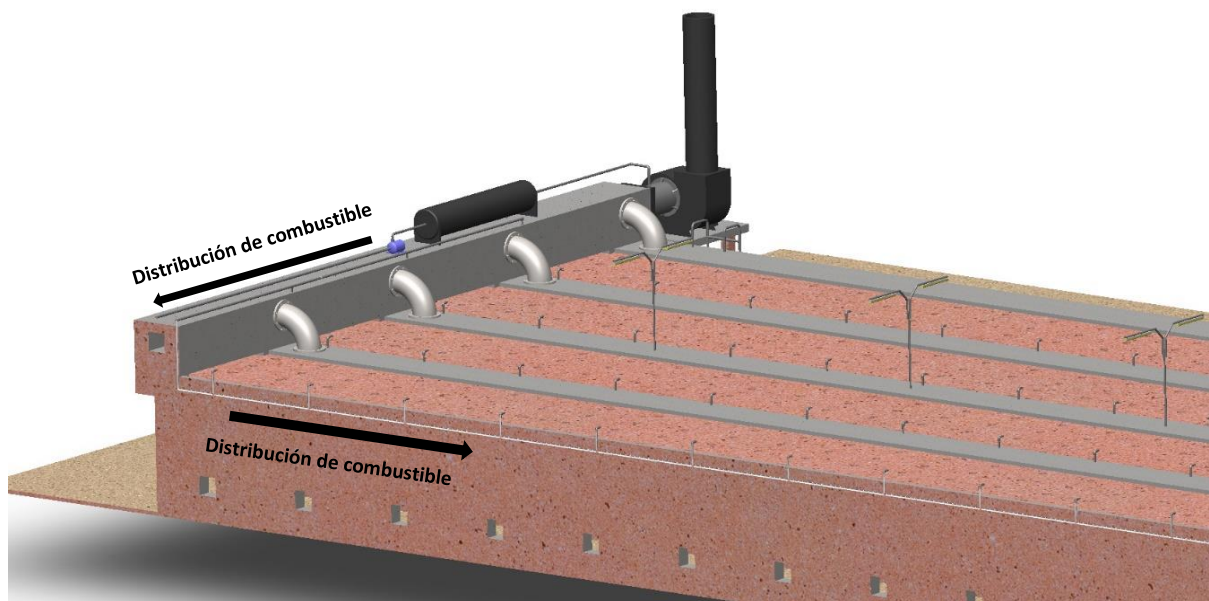


Figura 24. Distribución de combustible en el horno Hoffmann invertido
Fuente: Elaboración propia

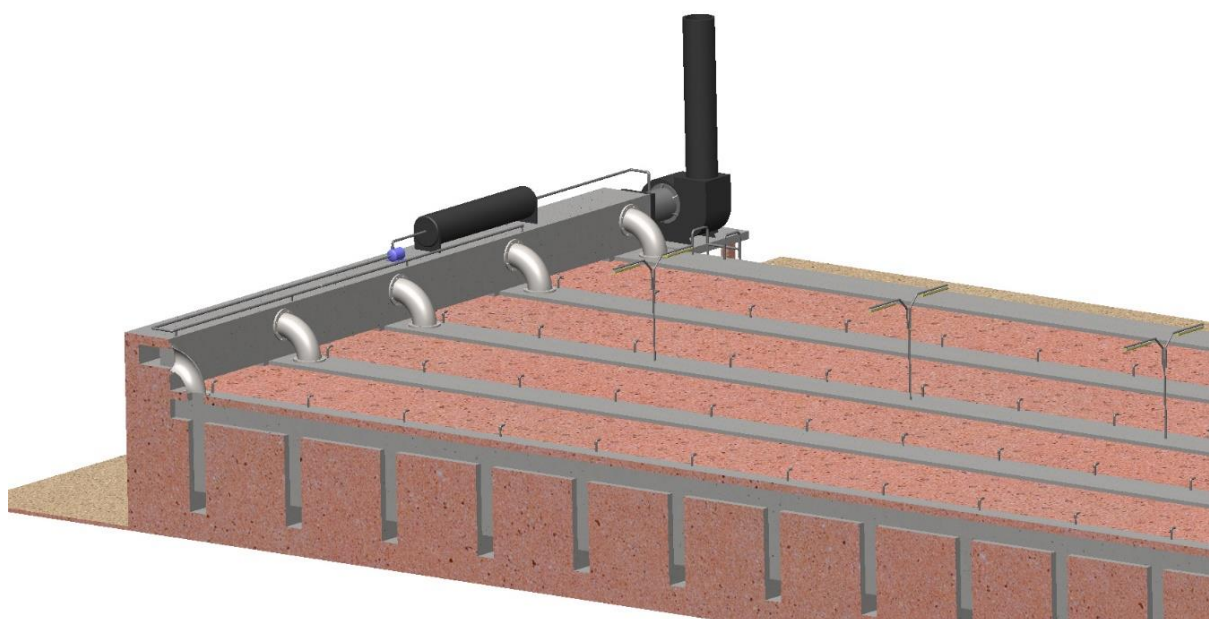


Figura 25. Sistema de extracción de gases de escape
Fuente: Elaboración propia

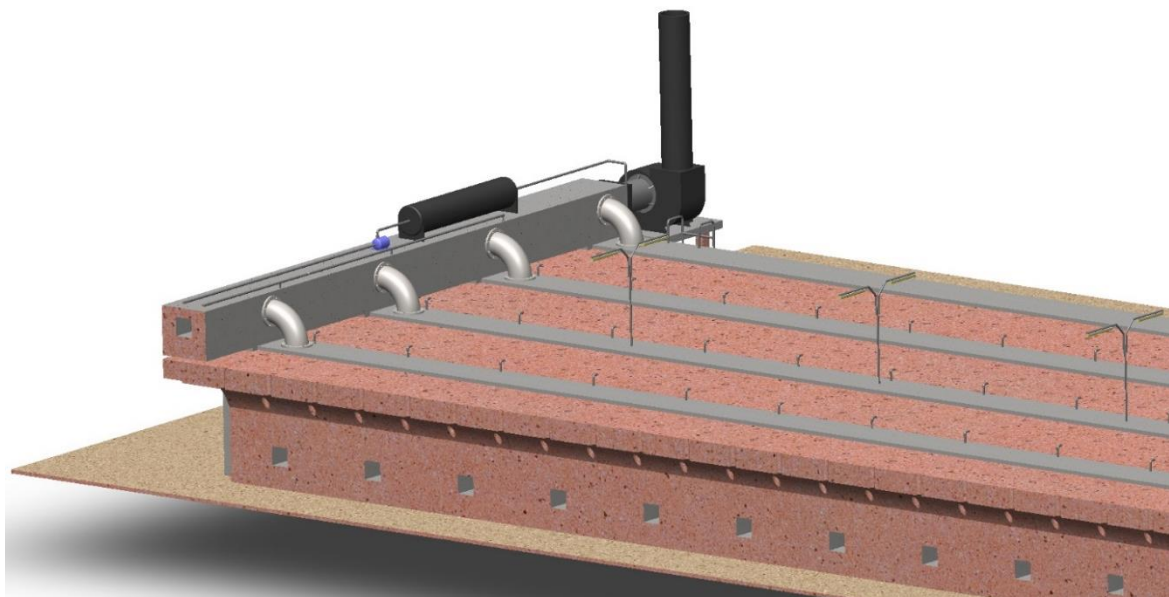


Figura 26. Orificios superiores e intermedios para quemado y ventilación

Fuente: Elaboración propia

Actualmente, se consumen 1600 galones / día de petróleo residual con un coste de 2.7 US\$/galón a capacidad completa con los cuatro hornos de cocción funcionando a capacidad máxima



Figura 27. Distribución de los orificios para quemadores

Fuente: Elaboración Propia



Figura 28. Funcionamiento de quemadores dentro de Horno Hoffmann invertido
Fuente: Elaboración Propia

3.1.2 Relación de equipos térmicos convertibles

La siguiente tabla describe la relación de los equipos térmicos convertibles actuales.

Tabla 3. Relación de Equipos Térmicos Convertibles Actuales

Cant.	Equipo térmico	Consumo galón/día	Tipo de horno	Número de quemadores
4	Hornos actuales	1600	Hoffmann invertido	32

Fuente: Elaboración Propia

3.1.3 Cantidad de gas natural requerido por mes

De acuerdo a la Tabla 4, se hallará la cantidad de gas natural por día y mes para dimensionar el abastecimiento.

Tabla 4. *Equivalencia Energética de Combustibles y Recursos*

Recurso	Gas natural (m ³)	GLP (gal)	Kerosene (gal)	Diésel 2 (gal)	Petróleo residual (gal)	Carbón (kg)	Energía eléctrica (kW-h)
1 MMBTU	28.3	10.4	7.8	7.6	6.9	34.4	290.7

Fuente: Osinergmin (2017)

Para obtener la cantidad de 1 MMBTU se queman 6.9 galones de petróleo residual o 28.3 m³ de gas natural, por lo que:

$$Q \text{ (Cant. de gas natural)} = \frac{1600 \frac{\text{galones}}{\text{día}} \times 28.3 \text{ m}^3}{6.9 \text{ galones}}$$

$$Q \approx 6563 \text{ m}^3/\text{día}$$

Esta cantidad de consumo de gas natural al mes permite establecerlo dentro del rango de consumo de Industria Mediana.

Tabla 5. *Consumos Promedios por Sector*

Valores promedio referenciales de consumo de gas natural	
Sector	Consumo m ³ /día
Residencia	0.5 a 1.5
Automóvil	10 a 20
Ómnibus	40 a 60
Comercio	20 a 100
Industria pequeña	500 a 1000
Industria mediana	1000 a 10000
Industria grande	Mayor a 10000

Central térmica

Mayor 100000

Petroquímica

Mayor a 500000

Fuente: Elaboración Propia

3.1.4 Abastecimiento virtual GNC (Primer escenario)

Como se desarrolla en el capítulo 2, esta técnica comprende la compresión de gas natural en cilindros de alta presión (250 bar) que deben ser transportados hasta la planta, para ser descomprimido y usado.

Actualmente, el punto de distribución de gas natural más próximo a Camaná es la ciudad de Marcona (Ica), ubicado a una distancia aproximada de 350 km con respecto a la planta. Esta distancia es la relativamente próxima para que el costo de transporte se justifique.

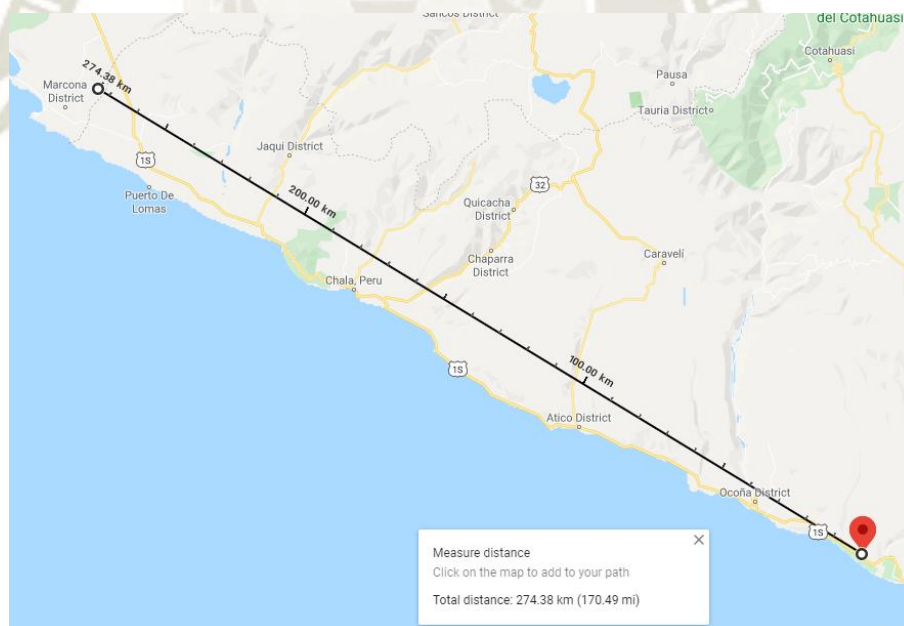


Figura 29. Distancia desde la planta ladrillera a Marcona (Ica)

Fuente: Google Maps (2019)

En la figura 29 se ve que las distancias menores a 600 km permiten tener una rentabilidad favorable para el transporte de GNC, pero para distancias mayores esto ya no resulta rentable. Para este caso particular, la distancia de Marcona a Camaná es de 350 km por

lo que queda determinado que es posible su uso una vez sea analizada la tarifa del gas fijado en el punto de despacho.

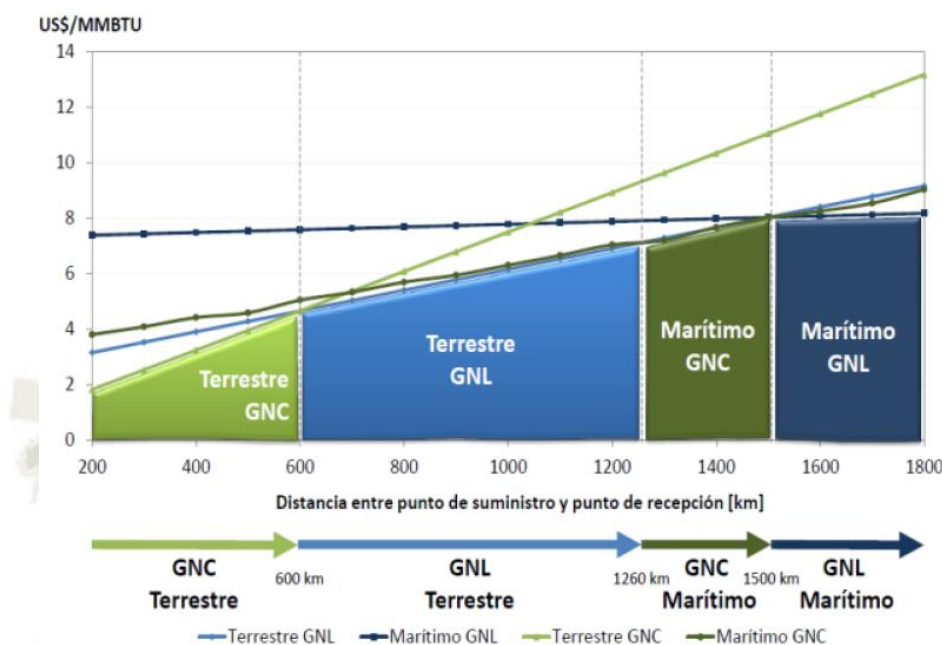


Figura 30. Costo y rentabilidad – Distancia de transporte
Fuente: Osinergmin (2016)

3.1.5 Estimación técnica de la tarifa del gas con GNC

El costo referencial del GNC del anexo N° 1 para la planta es de 7.5 US\$ por MMBTU sin IGV.

Tabla 6. Precio Referencial del GNC

Precio al público de GNC en la región Arequipa		
	US\$ / MMBTU	US\$ / m ³
Costo GNC	7.500	0.285
Total	7.500	0.285
IGV	1.350	0.051

Al público	8.850	0.336
------------	-------	-------

Fuente: Elaboración Propia

3.1.6 Abastecimiento virtual con GNL (Segundo escenario)

Para analizar el segundo escenario con GNL, se ha elaborado la Tabla 7 y 8 con el fin de obtener un posible precio del gas natural. Estos datos son sacados del anexo N° 2, el cual corresponde a un pliego tarifario de una empresa concesionaria ubicada en Arequipa en noviembre de 2019

Tabla 7. Rangos de Consumo por Categoría

Categorías	Rangos de consumo (m ³)	
	Desde	Hasta
A	0	100
B1	101	300
B2	301	19 000
C	GNV	
D	19 001	900 000

Fuente: Naturgy (2019)

Tabla 8. Precio de Suministro de GNL y Transporte

Categorías	Suministro GNL	Transporte virtual
	Precio GNL	
	S/. / m ³	S/. / m ³
A	0.58866	0.47334
B1	0.58866	0.47334
B2	0.63719	0.47334
C	0.63719	0.47334
D	0.63719	0.47334

Fuente: Naturgy (2019)

3.1.7 Estimación técnica de la tarifa del gas con GNL

Para la estimación del precio del GNL, se toma un suministro aproximado de 20 000 m³ (dentro de la categoría D), al cual corresponde un poder calorífico superior (PCS) de 1076 BTU/SFC (o 0.03799 MMBTU/m³) y una tasa de cambio de 3.3466. En la Tabla 9 se muestra un precio estimado del GNL.

Entonces, el precio de suministro de GNL y el transporte virtual correspondiente a S/. 0.63719 el m³ y S/. 0.47334 el m³ se divide respectivamente por la tasa de cambio de 3.3466, para obtenerlo en US\$/m³. Finalmente, se debe dividir el valor obtenido por el poder calorífico superior de 0.03799 MMBTU / m³ para generar un valor en US\$ / MMBTU.

Tabla 9. *Precio Estimado del GNL para la Región Arequipa*

Precio al público en la región Arequipa de GNL		
	US\$ / MMBTU	US\$ / m³
Precio suministro GNL	4.98	0.19
Transporte y distribución	3.70	0.14
Total	8.69	0.33
IGV	1.56	0.06
Al público	10.25	0.39

Fuente: Elaboración propia

3.1.8 Abastecimiento por gaseoducto (Tercer escenario)

Este tercer escenario se considera por concepto el más favorable, pero lamentablemente está desfasado en cuatro años en su implementación, dado que el proyecto del Gasoducto Sur Peruano se encuentra paralizado y recién entrará en concesión en el 2021.

3.1.9 Estimación técnica de la tarifa del gas por el gaseoducto

El precio del gas natural para Lima y Callao es de 3.068 US\$ / MMBTU, según el Osinergmin, como se observa en el anexo N° 3. Como conclusión, el precio del gas por gasoducto se estimará en 3.1 US\$ / MMBTU.

3.1.10 Conclusión

En base a la comparación de los tres escenarios, el gasoducto es la opción más rentable seguida por el GNC; por lo tanto, la ingeniería de conversión se enfoca en el abastecimiento de GNC.

Tabla 10. Conclusiones del capítulo.

Escenario	Vigencia	Tarifa industrial US\$ / MMBTU	Precio US\$ / m ³
GNC	Vigente	8.85	0.34
GNL	Vigente	10.25	0.39
Gasoducto	Parado	3.10	0.12

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO 4

INGENIERÍA Y RESULTADOS

4.1 INGENIERÍA PARA LA CONVERSIÓN A GAS NATURAL

4.1.1 Ubicación de la planta

La planta se ubica en la localidad de Camaná, en el distrito de Mariscal Castilla. A una distancia de 175 km de la ciudad de Arequipa. La ubicación de la planta limita los escenarios que se pueden analizar para la factibilidad económica, por lo que queda analizar el escenario correspondiente al GNC y el GNL, ya que el gasoducto no está previsto a ser implementado temporalmente en la zona.

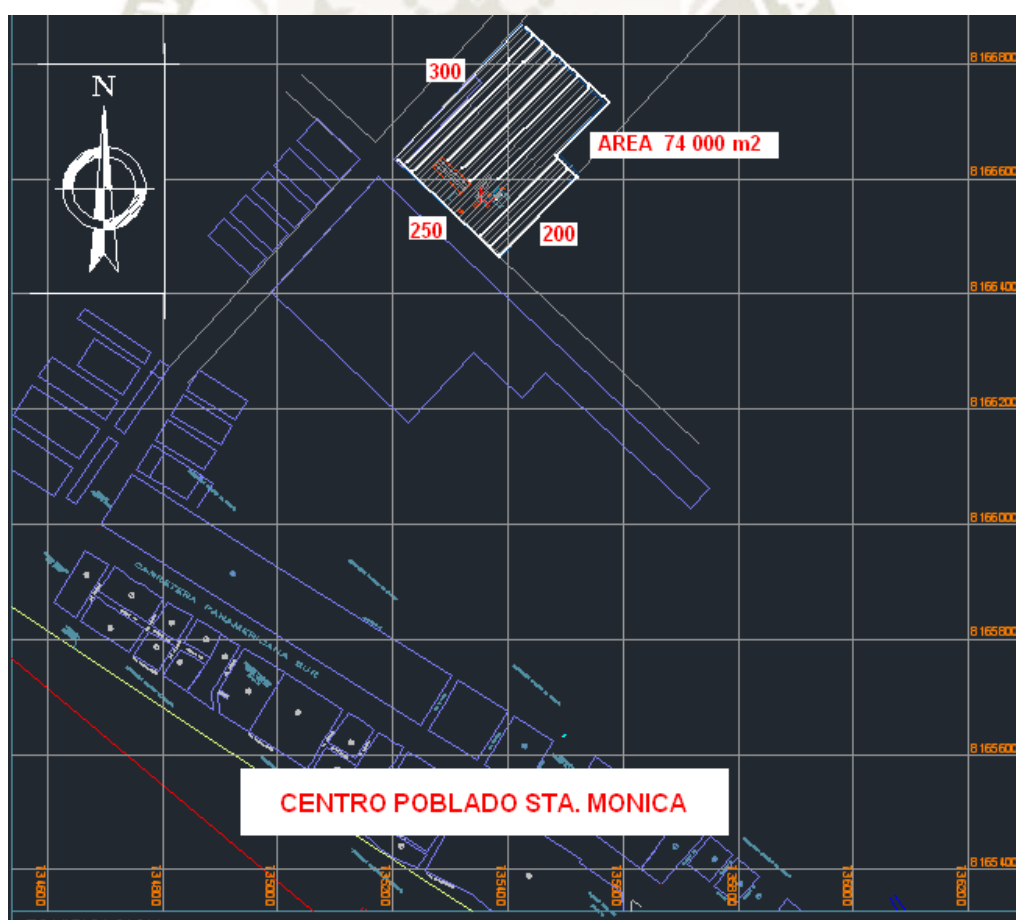


Figura 31. Ubicación de la planta en Camaná.
Fuente: Elaboración Propia

4.1.2 Consideraciones del diseño

Se consideran para el diseño los siguientes puntos:

- La instalación de gas a diseñarse deberá estar dimensionada para conducir el caudal requerido de gas por las tuberías y accesorios, respetando las caídas de presión y velocidades recomendadas.
- La caída de presión máxima en los tramos principales $\Delta P_{\max} = 10\%$.
- La caída de presión máxima en los ramales secundarios $\Delta P_{\max} = 10\%$.
- La densidad relativa del gas natural de 0.61.
- Presión atmosférica para la ubicación de la planta es de 1.013 bar = 1.033 kg/cm².
- La longitud equivalente será de 20% más de la longitud real por pérdidas.

Según la Norma técnica peruana NTP 111.010 gas natural seco, en instalaciones de tuberías internas industriales se tiene que verificar que:

- La caída de presión que se produce en el tramo de tubería con el diámetro comercial sea menor que la caída de presión máxima posible para dicho tramo de tubería.
- La velocidad de circulación del gas sea menor que 30 m/s.
- La relación Q/D sea menor que 150.

4.1.3 Estación de descarga de GNC

El diseño de la Estación de Descarga comprende el patio de almacenamiento, los módulos de almacenamiento de GNC y la estación de regulación de presión. Esta estación está ubicada en el límite de propiedad y se diseña de acuerdo a la NTP 111 031.

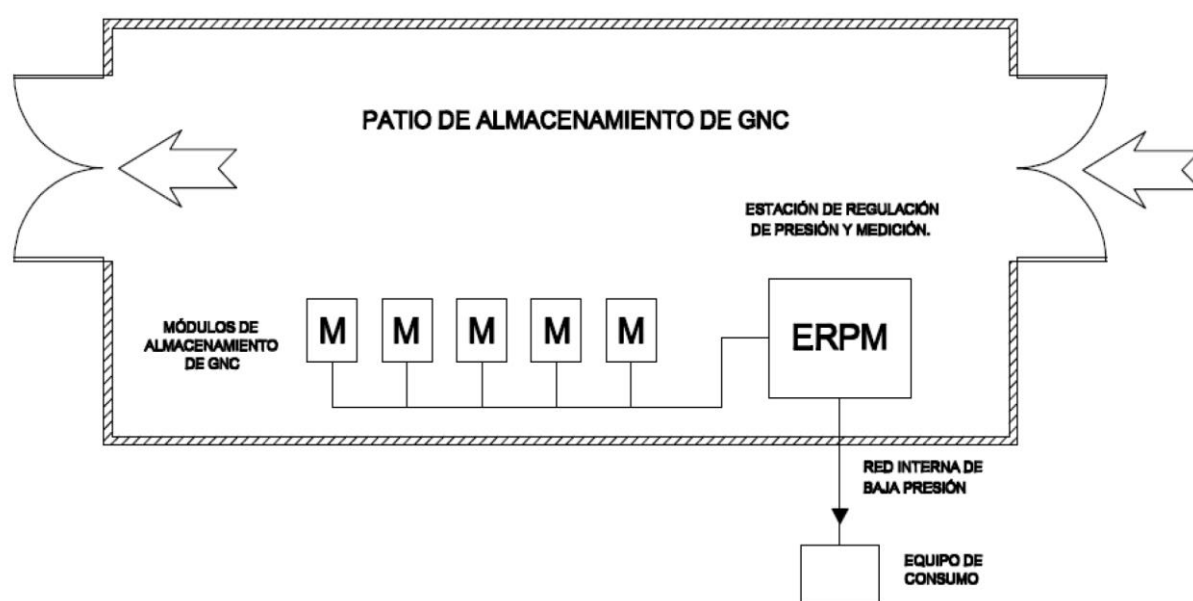


Figura 32. Estación de Descarga de GNC
Fuente: Norma Técnica Peruana 111.031 (2008)

4.1.4 Determinación de la cantidad de módulos de almacenamiento de GNC

Los módulos de almacenamiento de transporte de GNC también conocidos como MAT, se componen de un conjunto de cilindros que contienen GNC unidos por un colector, y dispuestos para ser fáciles de almacenar y transportar. Estos alcanzan una capacidad de 1500 Nm^3 (metros cúbicos normales).



Figura 33. Módulo de Almacenamiento MAT
Fuente: Galileo (2015)

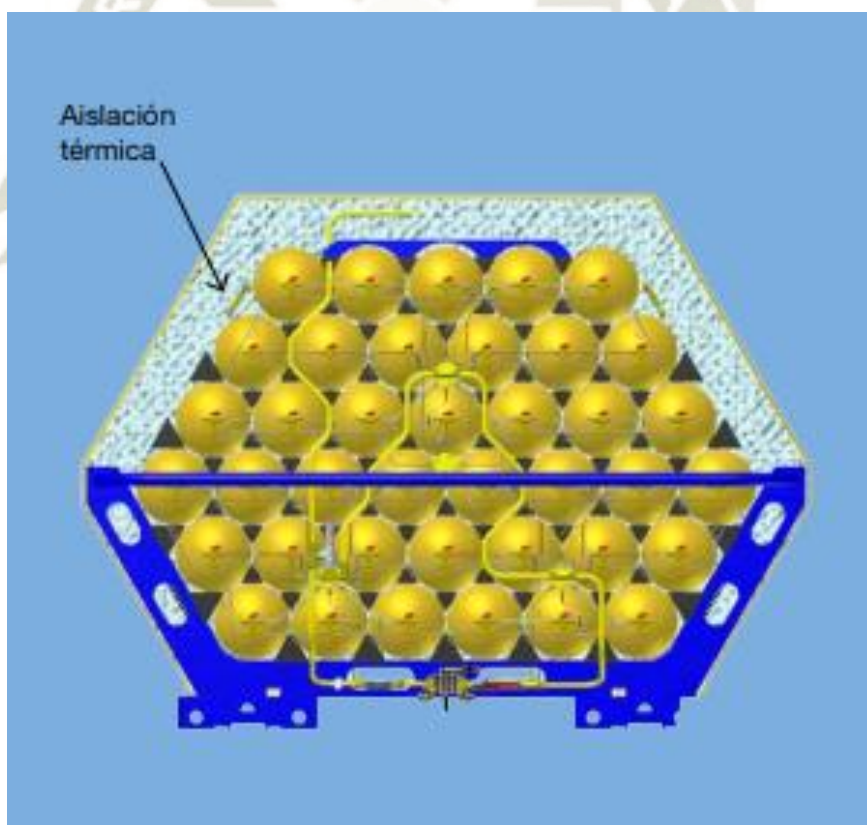


Figura 34. Disposición de los cilindros contenidos MAT
Fuente: Galileo (2017)

En el anexo N° 4 presenta las características técnicas del módulo de almacenamiento, tomando en consideración dicha información, la cantidad necesaria de módulos será determinada en la siguiente sección.

La NTP 111 031 indica que para una instalación industrial debemos de considerar un almacenamiento mínimo equivalente a 72 horas de consumo, esto equivale a 3 días de trabajo, además se debe tomar en cuenta que:

- Cada módulo almacena 1500 m³ de GNC.
- La cantidad de gas de un día de consumo es 6563 m³.

Podemos obtener la cantidad de módulos contenedores multiplicando los días de consumo por la cantidad de gas natural en m³, luego dividirlo por la cantidad de 1500 m³ que es la capacidad de cada módulo para obtener la cantidad de módulos necesarios, como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. *Cantidad de Módulos de Almacenamiento de GNC*

Días de consumo	Cantidad (m3)	Cantidad de módulos
3	19689	14

Fuente: Elaboración Propia

Cuando estos módulos son almacenados en la estación de descarga, son soportados por plataformas de almacenamiento de descarga también conocidos como PAD. La cantidad de estos dependerá del número de módulos de almacenamiento más una plataforma libre como mínimo. Esta plataforma libre es para poder intercambiar los demás contenedores vacíos por los cargados, la plataforma que quedará libre no siempre será la misma, sino que ira rotando con el fin de evitar el desgaste en exceso de una plataforma particular. Por lo tanto, los módulos a almacenarse en la estación de descarga son un total de 15.



Figura 35. Plataformas de Almacenamiento de Descarga
Fuente: Galileo (2015)

La estación de regulación de presión y medición comprende lo siguiente:

4.1.4.1 Estación de regulación de presión (ERP)

Las estaciones ERP vienen en paquete, por lo que el criterio de selección depende de la presión de entrada de la estación de regulación de presión (ERP); en caso de la presión de salida de las estaciones ERP varía entre 4 a 14 bar.



Figura 36. Estación de regulación de presión

Fuente: <https://www.doing.com.co/productos/>

Los criterios para la selección de la estación ERP son:

- Presión de entrada de 250 bar.
- Presión de salida de 5 bar.

En el anexo N° 5 se muestran las características técnicas de la estación ERP seleccionada.

4.1.4.2 Estación de regulación y medición (ERM)

Las estaciones ERM vienen también en paquete, por lo que el criterio de selección depende del consumo de gas natural y la presión de salida de la estación ERP que varía de 4 a 6 bar.

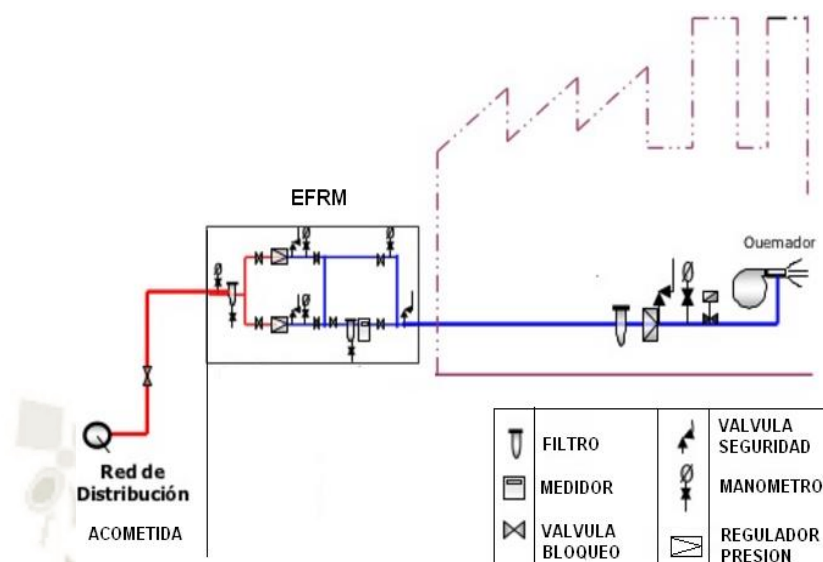


Figura 37. Sistema mínimo para instalación de gas natural industrial con ERM.
Fuente: Farfán (2007)

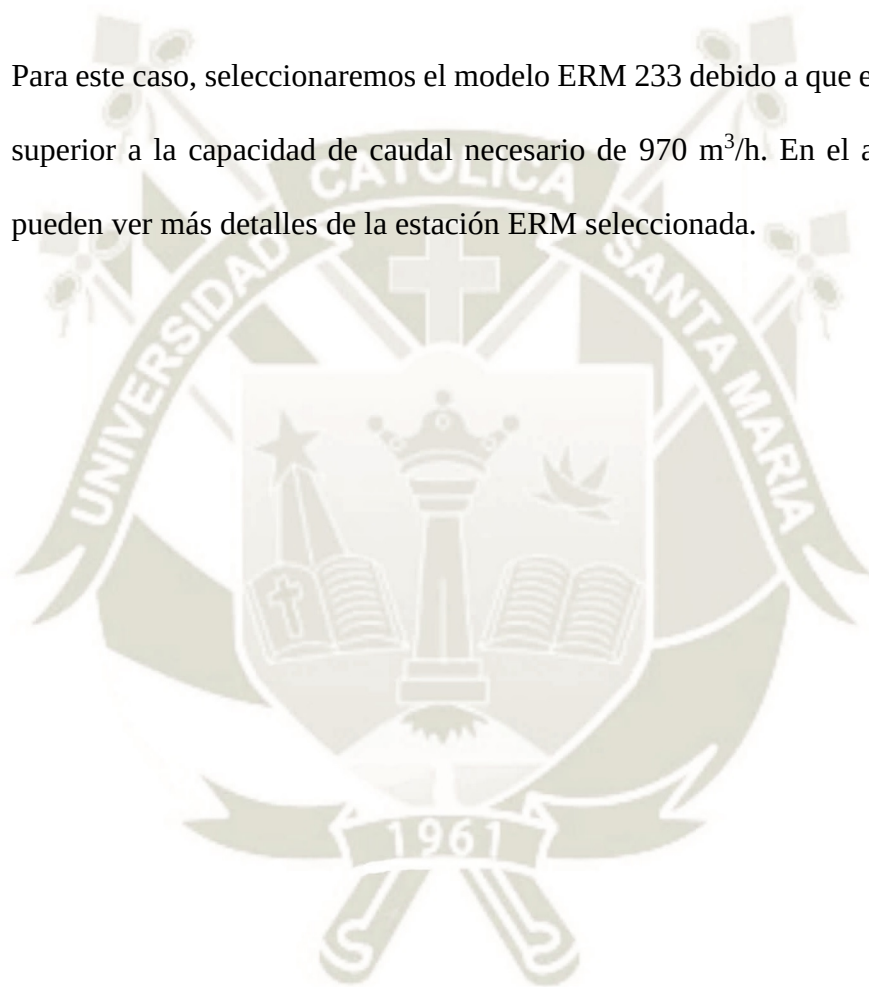
Las EFRM o más conocida como ERM, se venden de acuerdo a la cantidad de gas que consume una planta industrial. Para este caso, se usará la marca Tormene América que se usará para seleccionar esta unidad.



Figura 38. Unidad ERM (Tormene Americana).
Fuente. Bureau Veritas (2017).

La ladrillera realiza procesos tales como horneado de aproximadamente 48 horas; como los quemadores se mantienen 12 horas en cada posición de cocción y el flujo es de $6563 \text{ m}^3/\text{día}$ al ser dividido entre 12 horas resulta la verdadera capacidad de la ERM, esto mismo ocurre análogamente con los quemadores. Por lo tanto, el flujo resultante es de $547 \text{ m}^3/\text{h}$.

Para este caso, seleccionaremos el modelo ERM 233 debido a que es el inmediato superior a la capacidad de caudal necesario de $970 \text{ m}^3/\text{h}$. En el anexo N° 6 se pueden ver más detalles de la estación ERM seleccionada.





Medición Fiscal

Las ERM están equipadas con sistema de medición fiscal de acuerdo al último reporte AGA7, AGA8. Dicho sistema esta formado por un elemento primario de medición (turbina o rotativo), un filtro de protección, acondicionamiento de flujo y un corrector de volumen o computador de flujo. Según requerimiento del usuario o standard locales, este sistema puede estar equipado con transmisión de datos de caudal y volumen ya corregidos.

Modelos

Models

Modelo ERM	111	122	123	133	233	234	334	333	466	636	848
Diam Ent / In	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	2"	2"	3"	3"	4"	6"	8"
Diam Sal / Out	2"	2"	3"	3"	3"	4"	4"	6"	6"	6"	8"
Diam Reg vlv	1"	1"	1"	2"	2"	2"	2"	2"	2"	3"	4"
Pilotada / Pilot					•	•	•	•	•	•	•
Bloqueo / Blockage	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Coneccion ANSI RF	#150	#150	#150	#150	#150	#150	#150	#150	#150	#150	#150
Config **	SR	SR/DR	SR/DR	SR/DR	SR/DR	SR/DR	SR/DR	SR/DR	SR/DR	SR/DR	SR/DR
Caudal / Flow rate. Max (NM3H)	100	220	350	510	970	1200	1625	2200	3800	7500	11500
Presion Ent. / Inlet Pressure. min/max (bar)	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10
Presion Reg. / Regulated Pressure (bar)	0,5/2,5	1	2	1	1	1/2	1,5/2	2	2	2	4

Figura 39. Unidad de filtrado regulación y medición ERM paquetizada

Fuente. Tormene Americana (2018).

4.1.4.3 Determinación de las dimensiones de la estación de descarga

Para determinar las dimensiones de la estación de descarga para la ladrillera, la norma NTP 111 031 nos indica lo siguiente:

Tabla 12. Distancias de Seguridad

Local / Objeto	Volumen total de almacenamiento en litros de agua					
	Hasta 4000		Desde 4000 a 10000		Sobre 10000	
Almacenamiento GNC	Sin paredes	Con 4TRF	Sin paredes	Con 4TRF	Sin paredes	Con 4TRF
Local Público	3	1	4	1	10	1.5
Aberturas o ventanas en cualquier construcción	3	1	4	1	10	1.5
Límite de Propiedad	3	1	4	1	10	1.5

Nota: 4TRF es una pared con capacidad de resistencia al fuego de 4 horas.

Fuente: NTP 111 031 (2008)

Por lo tanto, se consideran los siguientes puntos:

- Distancia mínima de 10 metros a un punto de ignición.
- Distancia mínima de 10 metros desde estaciones y subestaciones eléctricas.
- Distancia mayor de 10 metros a un punto de emanación de gases.
- Distancia mínima de 10 metros de reflectores de iluminación.
- La estación de descarga debe estar cercada y no debe tener cobertura.

Para obtener el volumen total de almacenamiento en litros de agua debemos revisar la información del anexo N° 4, del cual obtenemos la capacidad hidráulica por cada cilindro que corresponde a 150 litros, y cada módulo con una capacidad para 39 cilindros; por lo tanto:

$$\text{Volumen total de almacenamiento} = 150 \frac{\text{litros}}{\text{cilindro}} (39 \text{ cilindros})(15 \text{ modulos})$$

$$\text{Volumen total de almacenamiento} = 87\,750 \text{ litros de agua}$$

Con el volumen total de almacenamiento y el tipo de local que se observa en la tabla 12, podemos determinar distancias mínimas desde el contenedor de gas sin paredes hasta un local a una distancia mínima de 10 m. En base a dichas indicaciones se tiene el siguiente esquema de la estación de descargar como se observa en la figura.

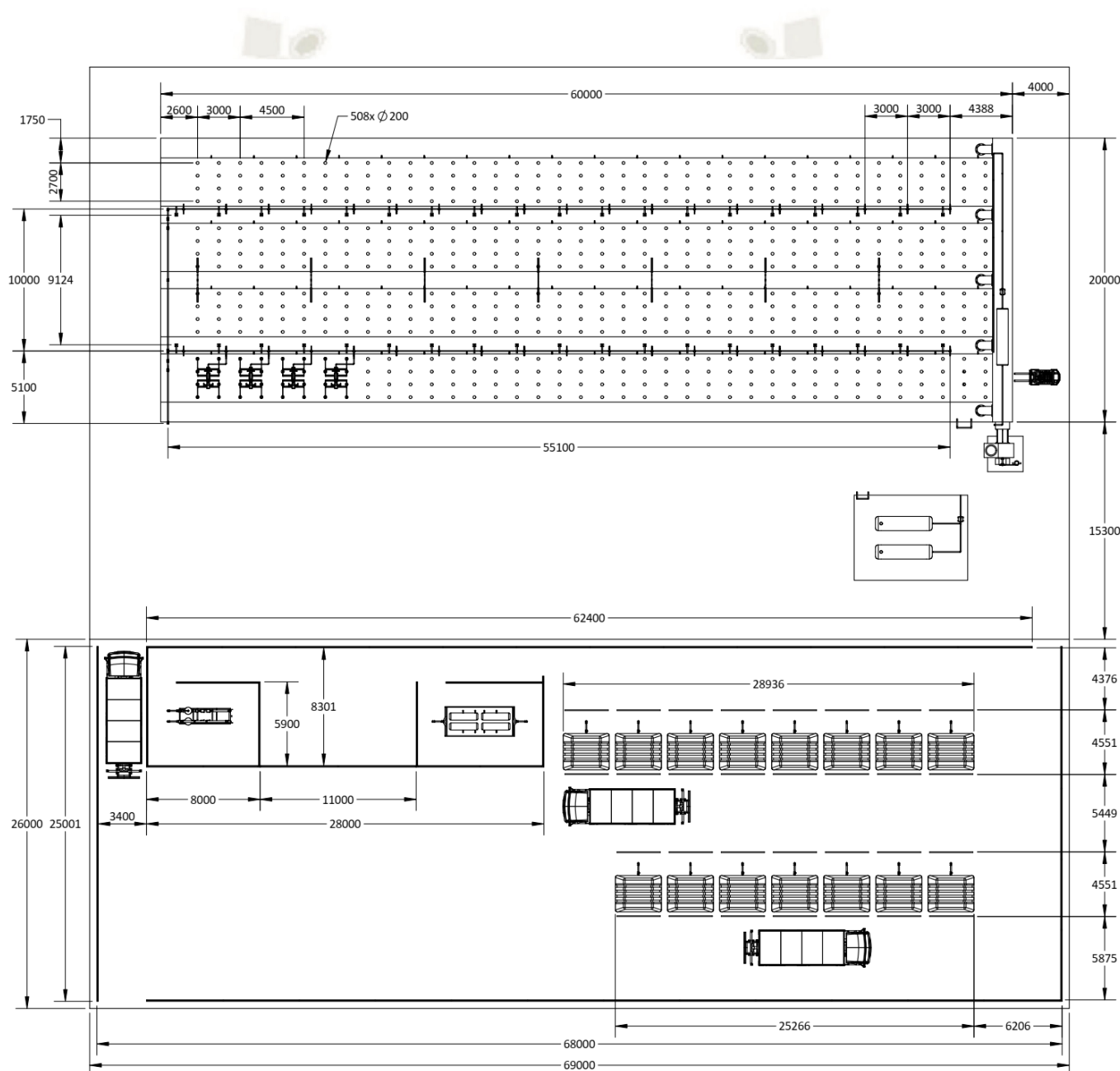


Figura 40. Estación de descarga de GNC

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, la distribución de la planta en base a los criterios se puede observar en la siguiente figura:

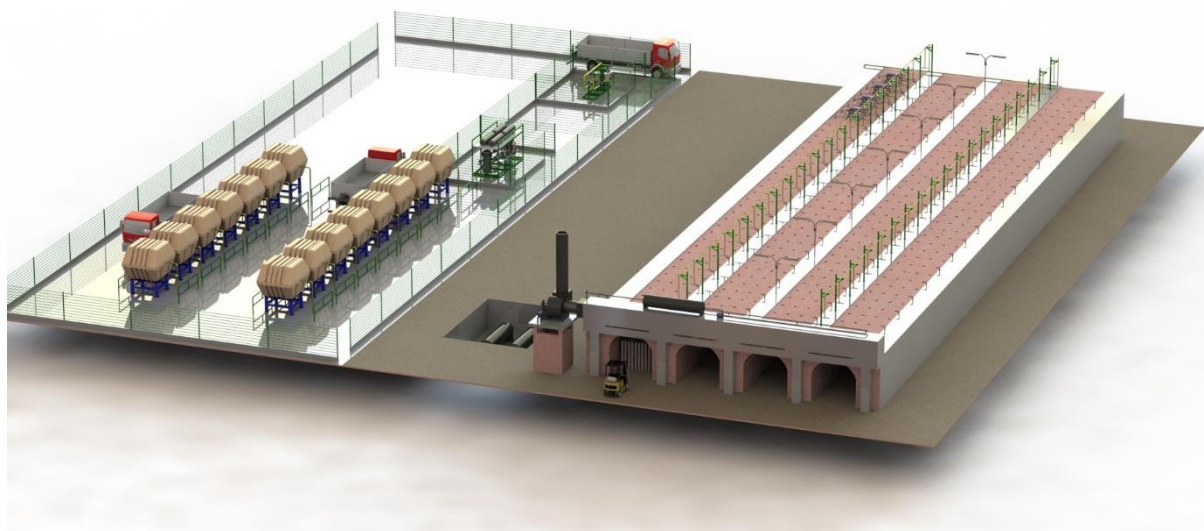


Figura 41. Planta de distribución de GNC y horno Hoffmann invertido
Fuente: Elaboración propia

Las partes principales correspondientes a esta planta se enumeran a continuación:

- Horno de cocción.
- Chimenea.
- Tanque de almacenamiento de petróleo residual.
- Tanque de distribución de petróleo residual.
- Quemadores para GNC.
- Tomas de distribución de combustible.
- Tubos de escape de gases.
- Orificios de quemado y ventilación.
- Montacarga.

- Unidad ERP
- Unidad ERM
- Unidades MAT

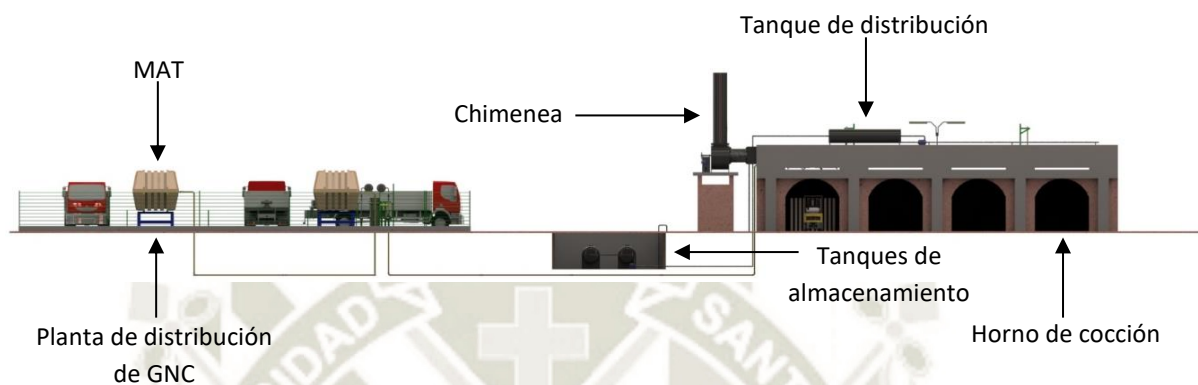


Figura 42. Partes principales del horno Hoffmann invertido y planta de GNC
Fuente: Elaboración propia

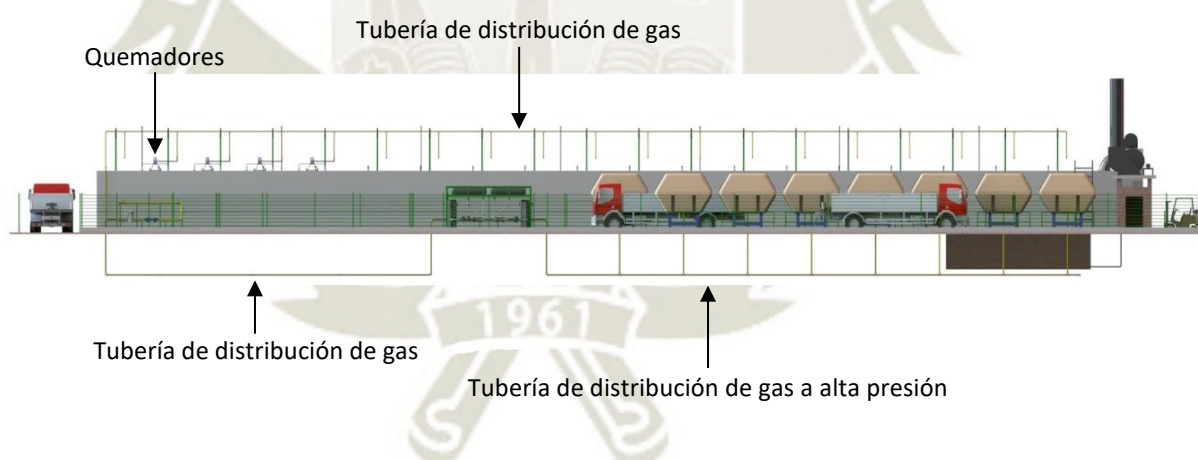


Figura 43. Partes principales del horno Hoffmann invertido y planta de GNC
Fuente: Elaboración propia

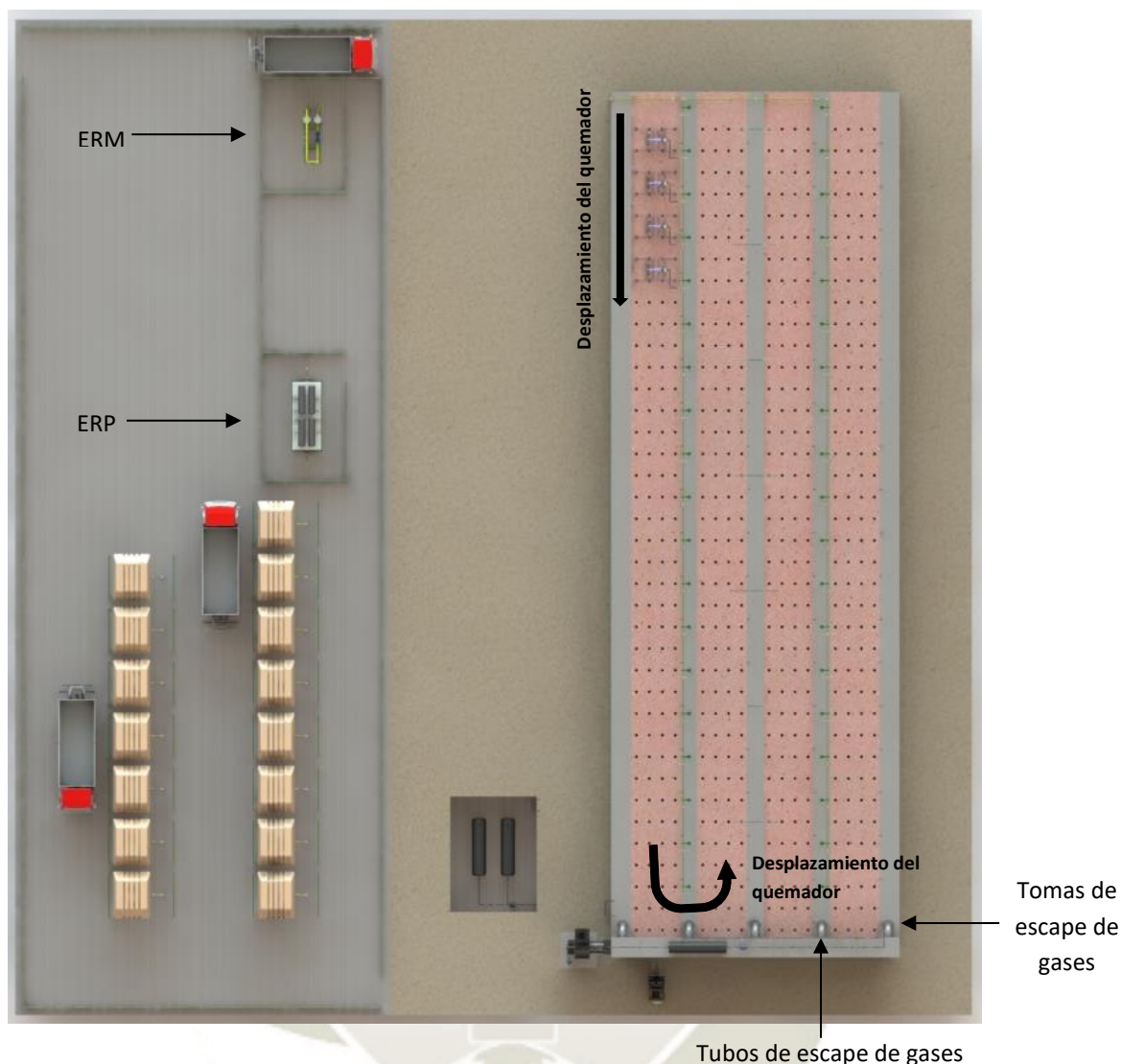


Figura 44. Partes principales del horno Hoffmann invertido y planta de GNC
Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Cálculo y selección de las tuberías de acero

Desde la estación ERM existe una línea principal denotada por las letras capitales ABCDE. Para determinar el diámetro está dado por:

Datos:

- $Q = 547 \text{ m}^3/\text{h}$.
- $PM = 1 \text{ bar} = 1.020 \text{ kg/cm}^2$ (Presión de salida del ERM)
- $\Delta P_{\text{máx}} = 10\% \text{ de la presión de salida } (1.020 \text{ kg/cm}^2) = 0.102 \text{ kg/cm}^2$

$$- PE = PM - \Delta P_{\text{máx}} = 0.918 \text{ kg/cm}^2$$

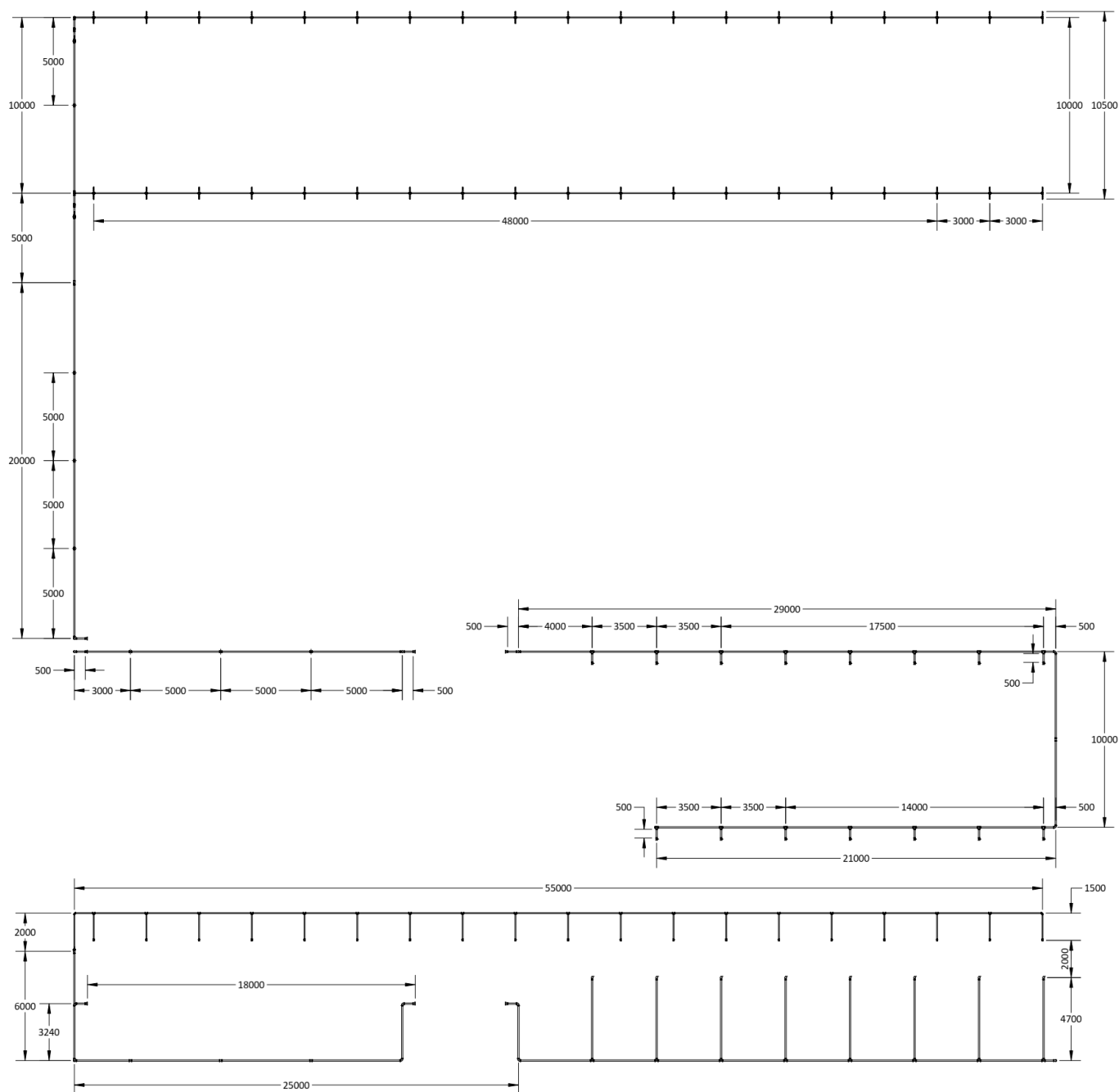


Figura 45. Distribución de la planta línea de tuberías

Fuente: Elaboración propia

Como indica la norma NTP 111 010 y una presión media, usaremos una velocidad máxima de 30 m/s para determinar el diámetro necesario.

$$v = 365.35 \left(\frac{Q}{D^2 (P)} \right)$$

$$30 = 365.35 \left(\frac{Q}{D^2 (P)} \right)$$

$$D = 3.49 \left(\sqrt{\frac{Q}{P_f}} \right)$$

Donde:

- V = Velocidad del gas en m/s.
- D = Diámetro interior de la tubería en mm.
- Q = Caudal de gas en m³/h.
- P_f = Presión absoluta al inicio del tramo en kg/cm².

Para estimar el diámetro de tubería, tomaremos la presión absoluta en el tramo inicial dado por:

$$P_A = 1.020 \text{ kg/cm}^2 + 1.033 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_A = 2.053 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto:

$$D = 3.49 \times \sqrt{\frac{547 \text{ m}^3/\text{h}}{2.053 \text{ kg/cm}^2}}$$

$$D = 56.967 \text{ mm}$$

Según el catálogo de Fiorella Representaciones (Anexo N° 7), la tubería de acero de 2½ pulg SCH 80 posee un diámetro exterior de 73 mm. Por lo que el diámetro interno es calculado de la siguiente manera:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2 (e)$$

$$D_{\text{int}} = 73 \text{ mm} - 2 (7.01 \text{ mm})$$

$$D_{\text{int}} = 58.98 \text{ mm}$$

Al ser este diámetro el superior al estimado anteriormente, seleccionaremos la tubería de acero de 2½ pulg SCH 80 para la línea principal para la tubería ABC.



Figura 46. Tuberías de Acero SCH 80

Fuente: http://www.eberhardt-sa.com/prod_acero.html

4.1.5.1 Verificación de la caída de presión

La línea principal corresponde al tramo crítico al cual procede a verificar la caída de presión en cada tramo. Para ello, se considera un caudal de 547 m³/h debido a las reparaciones o mantenimiento de los hornos que se puede dar.

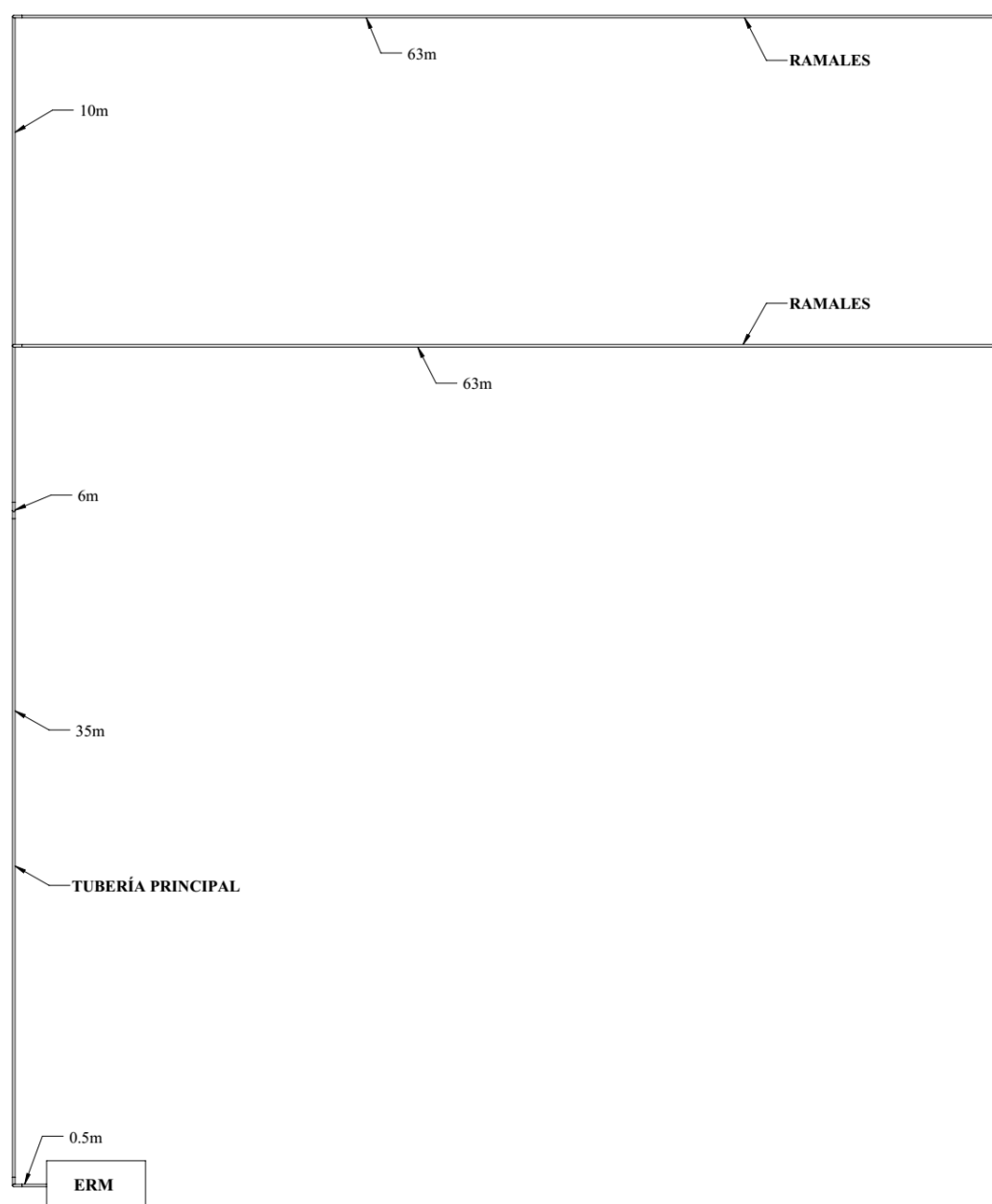


Figura 47. Layout de la instalación de tuberías de GNC –Vista superior
Fuente: Elaboración Propia

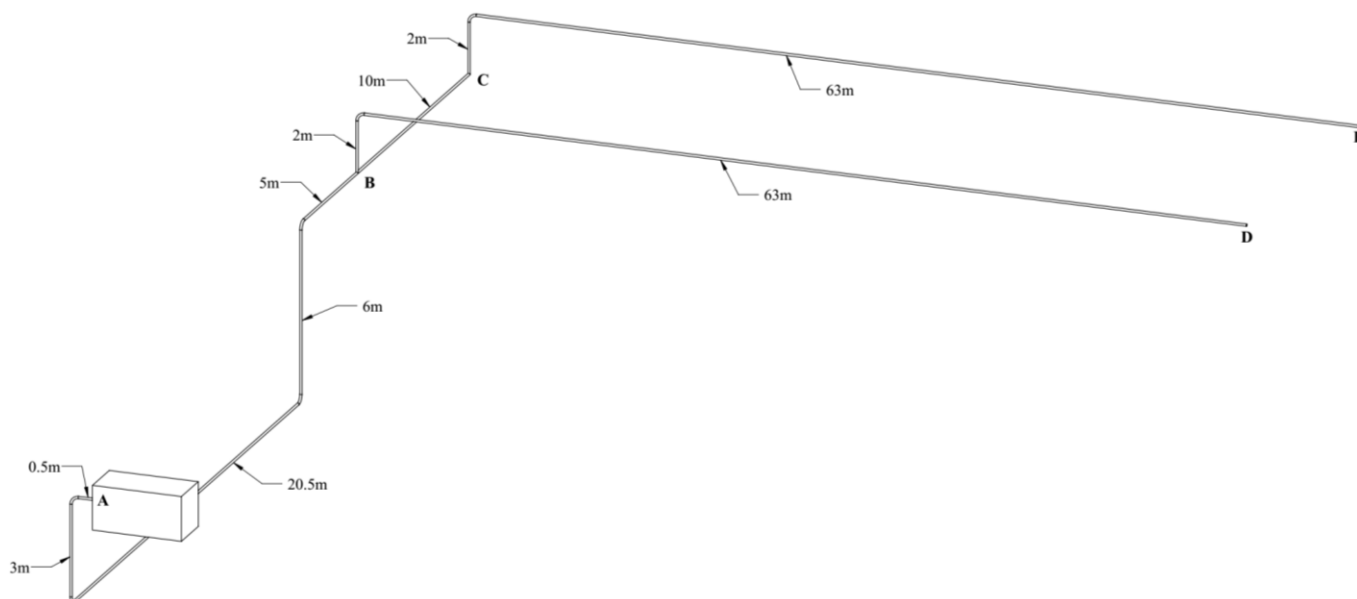


Figura 48. Layout de la instalación de tuberías de GNC - Isométrico

Fuente: Elaboración Propia

Donde:

- $PM = 1.020 \text{ kg/cm}^2$ (manométrica)
- $PE = 0.918 \text{ kg/cm}^2$ (manométrica)
- $\Delta P_{\text{máx}} = 10\% \text{ de la presión de salida } (1.020 \text{ kg/cm}^2) = 0.102 \text{ kg/cm}^2$

Tramo AB:

Al ser el tramo más largo, se tomarán proporciones de acuerdo a la longitud de cada tramo. Para este caso, la longitud correspondiente a este tramo es de 35 m.

Por lo tanto:

$$\Delta P_{\text{máx AB}} = 0.102 \text{ kg/cm}^2 \left(\frac{35 \text{ m}}{100 \text{ m}} \right)$$

$$\Delta P_{\text{máx AB}} = 0.036 \text{ kg/cm}^2$$

Para calcular las presiones en cada punto hacemos uso de la fórmula de Renouard que es para presiones de 0 a 4 bar, según la NTP 111 010 tenemos:

$$P_f^2 - P_i^2 = 48.6(S)(L_e)(Q^{1.82})(D^{-4.82})$$

Donde:

- P_i y P_f : Son presiones absolutas en ambos extremos del tramo, en kg/cm^2 .
- S : Es la densidad relativa del gas seco.
- L_e : Es la longitud del tramo incluyendo la longitud equivalente de los accesorios en m.
- Q : Es el Caudal en m^3/h .
- D : Es el diámetro interior en mm.

Datos:

- $L_e = 35 (1.20) = 42 \text{ m}$
- $S = 0.61$
- $Q = 547 \text{ m}^3/\text{h}$
- $D = 58.98 \text{ mm}$
- $P_{\text{atm}} = 1.033 \text{ kg/cm}^2$
- $P_A = 2.053 \text{ kg/cm}^2$ (absoluta)

Reemplazando valores y despejando la presión final del tramo en la fórmula anterior obtenemos:

$$P_B = \sqrt{(2.053 \text{ kg/cm}^2)^2 - 48.6(0.61)(42 \text{ m})(547 \text{ m}^3/\text{h})^{1.82} (58.98 \text{ mm})^{-4.82}}$$

$$P_B = 1.966 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo tanto:

$$\Delta P_{\text{máx AB}} = P_A - P_B$$

$$\Delta P_{\text{máx AB}} = 2.053 \text{ kg/cm}^2 - 1.966 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta P_{\text{máx AB}} = 0.183 \text{ kg/cm}^2$$

Se debe cumplir que:

$$\Delta P_{\text{máx AB}} < 0.036 \text{ kg/cm}^2$$

$$0.183 \text{ kg/cm}^2 < 0.036 \text{ kg/cm}^2 \text{ [Falla]}$$

Este tramo falla, por lo que debemos pasar al diámetro próximo superior correspondiente a 3 pulgadas. Por lo tanto, la tubería del tramo ABC tendrá el diámetro mencionado anteriormente.

Considerando este cambio, calculamos el diámetro efectivo de la siguiente manera:

$$D = 88.9 \text{ mm} - 2 (7.62 \text{ mm})$$

$$D = 73.66 \text{ mm}$$

La presión final del tramo es:

$$P_B = \sqrt{(2.053 \text{ kg/cm}^2)^2 - 48.6(0.61)(42 \text{ m})(547 \text{ m}^3/\text{h})^{1.82} (73.66 \text{ mm})^{-4.82}}$$

$$P_B = 2.024 \text{ kg/cm}^2$$

Verificando la nueva presión se tiene:

$$\Delta P_{\text{máx AB}} = 2.053 \text{ kg/cm}^2 - 2.024 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta P_{\text{máx AB}} = 0.029 \text{ kg/cm}^2$$

Se cumple que:

$$\Delta P_{\text{máx AB}} < 0.036 \text{ kg/cm}^2$$

$$0.029 \text{ kg/cm}^2 < 0.036 \text{ kg/cm}^2 \text{ [Cumple]}$$

Tramo BC:

La presión máxima correspondiente a este tramo es:

$$\Delta P_{\text{máx BC}} = 0.102 \text{ kg/cm}^2 \left(\frac{10 \text{ m}}{100 \text{ m}} \right)$$

$$\Delta P_{\text{máx BC}} = 0.031 \text{ kg/cm}^2$$

Datos:

- $Le = 10 (1.20) = 12 \text{ m}$
- $S = 0.61$
- $Q = 547 \text{ m}^3/\text{h}$

- $D = 73.66 \text{ mm}$
- $P_B = 2.024 \text{ kg/cm}^2$ (absoluta)

Resolviendo la fórmula de Renouard, la presión final del tramo es:

$$P_C = \sqrt{(2.024 \text{ kg/cm}^2)^2 - 48.6(0.61)(12 \text{ m})(547 \text{ m}^3/\text{h})^{1.82} (73.66 \text{ mm})^{-4.82}}$$

$$P_C = 2.016 \text{ kg/cm}^2$$

Verificando la presión tenemos:

$$\Delta P_{\text{máx BC}} = 2.024 \text{ kg/cm}^2 - 2.016 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta P_{\text{máx BC}} = 0.008 \text{ kg/cm}^2$$

Se cumple que:

$$\Delta P_{\text{máx BC}} < 0.031 \text{ kg/cm}^2$$

$$0.008 \text{ kg/cm}^2 < 0.031 \text{ kg/cm}^2 \text{ [Cumple]}$$

El diámetro de 3 pulgadas SCH80 garantiza el funcionamiento correcto y el cumplimiento del diseño.

4.1.5.2 Verificación de la velocidad del gas

Para la verificación de la velocidad usaremos la fórmula de la NTP 111 010:

$$V = \frac{365.35 (Q)}{D^2 (P)}$$

Donde:

- Q: Es el caudal en m³/h.
- D: Es el diámetro interior de la tubería en mm.
- P: Es la presión absoluta al inicio del tramo en kg/cm².
- v: Es la velocidad del gas en m/s

Reemplazando los datos tenemos:

Para el tramo AB tenemos que la presión P_A es 2.053 kg/cm².

$$V = \frac{365.35 (547 \text{ m}^3/\text{h})}{(73.66 \text{ mm})^2 (2.053 \text{ kg/cm}^2)}$$

$$V = 17.941 \text{ m/s}$$

Para el tramo BC tenemos que la presión P_B es 2.024 kg/cm².

$$V = \frac{365.35 (547 \text{ m}^3/\text{h})}{(73.66 \text{ mm})^2 (2.024 \text{ kg/cm}^2)}$$

$$V = 18.198 \text{ m/s}$$

Se verifica la velocidad en la tubería principal ABC cumple el criterio de ser menor a 30 m/s en cada tramo.

4.1.5.3 Verificación de la relación Q/D

Se consideran para la verificación el siguiente punto:

$$\frac{Q}{D} < 150$$

Donde:

- Q: Es el caudal en m³/h.
- D: Es el diámetro interior de la tubería en mm.

Reemplazando los datos correspondientes al tramo ABC tenemos:

$$\frac{547 \text{ m}^3/\text{h}}{73.66 \text{ mm}} < 150$$

$$7.43 < 150 \text{ [Cumple]}$$

Se verifica la relación de Q/D.

4.1.5.4 Cálculo de la tubería de los ramales

Para los ramales BD y CE tienen la misma longitud y disposición como se muestra en las figuras 45 y 46. Por lo tanto, para la estimación del diámetro consideraremos la presión media y máxima, y la velocidad del gas de 30 m/s. Por lo tanto:

Tramo BD:

Donde:

- Q = 547 m³/h entre los dos ramales 273.5 m³/h.
- P_B = 2.024 kg/cm²

Por lo tanto:

$$D = 3.49 \times \sqrt{\frac{Q}{P}}$$

$$D = 3.49 \times \sqrt{\frac{273.5 \text{ m}^3/\text{h}}{2.024 \text{ kg}/\text{cm}^2}}$$

$$D = 40.57 \text{ mm}$$

Del anexo N° 7 se selecciona una tubería de 2 pulg SCH40 por ser el inmediato superior. El diámetro interior es determinado por:

$$D_{\text{int}} = D_{\text{ext}} - 2(e)$$

$$D_{\text{int}} = 60.3 \text{ mm} - 2(3.91 \text{ mm})$$

$$D_{\text{int}} = 52.48 \text{ mm}$$

Tramo CE:

Donde:

- $Q = 273.5 \text{ m}^3/\text{h}.$
- $P_C = 2.016 \text{ kg}/\text{cm}^2$

Por lo tanto:

$$D = 3.49 \times \sqrt{\frac{Q}{P}}$$

$$D = 3.49 \times \sqrt{\frac{273.5 \text{ m}^3/\text{h}}{2.016 \text{ kg}/\text{cm}^2}}$$

$$D = 40.65 \text{ mm}$$

La tubería usada será la mencionada previamente de 2 pulg SCH40.

4.1.5.5 Verificación por caída de presión de los ramales

Realizaremos la verificación por cada tramo.

Tramo BD:

La presión máxima correspondiente a este tramo es:

$$\Delta P_{\text{max BD}} = 0.10 (2.024 \text{ kg}/\text{cm}^2 - 1.033 \text{ kg}/\text{cm}^2)$$

$$\Delta P_{\text{max BD}} = 0.099 \text{ kg}/\text{cm}^2$$

Datos:

- $Le = 63 (1.20) = 75.6 \text{ m}$
- $S = 0.61$
- $Q = 273.5 \text{ m}^3/\text{h}$
- $D = 52.48 \text{ mm}$
- $P_B = 2.024 \text{ kg}/\text{cm}^2$ (absoluta)

Resolviendo la fórmula de Renouard, la presión final del tramo es:

$$P_D = \sqrt{(2.024 \text{ kg/cm}^2)^2 - 48.6(0.61)(75.6 \text{ m})(273.5 \text{ m}^3/\text{h})^{1.82} (52.48 \text{ mm})^{-4.82}}$$

$$P_D = 1.945 \text{ kg/cm}^2$$

Verificando la presión tenemos:

$$\Delta P_{\text{máx BD}} = 2.024 \text{ kg/cm}^2 - 1.945 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta P_{\text{máx BD}} = 0.079 \text{ kg/cm}^2$$

Se cumple que:

$$\Delta P_{\text{máx BD}} < 0.099 \text{ kg/cm}^2$$

$$0.079 \text{ kg/cm}^2 < 0.099 \text{ kg/cm}^2 \text{ [Cumple]}$$

Tramo CE:

La presión máxima correspondiente a este tramo es:

$$\Delta P_{\text{max CE}} = 0.10 (2.016 \text{ kg/cm}^2 - 1.033 \text{ kg/cm}^2)$$

$$\Delta P_{\text{max CE}} = 0.098 \text{ kg/cm}^2$$

Datos:

- $Le = 63 (1.20) = 75.6 \text{ m}$
- $S = 0.61$

- $Q = 273.5 \text{ m}^3/\text{h}$
- $D = 52.48 \text{ mm}$
- $P_C = 2.016 \text{ kg/cm}^2$ (absoluta)

Resolviendo la fórmula de Renouard, la presión final del tramo es:

$$P_E = \sqrt{(2.016 \text{ kg/cm}^2)^2 - 48.6(0.61)(75.6 \text{ m})(273.5 \text{ m}^3/\text{h})^{1.82} (52.48 \text{ mm})^{-4.82}}$$

$$P_E = 1.937 \text{ kg/cm}^2$$

Verificando la presión tenemos:

$$\Delta P_{\text{máx CE}} = 2.016 \text{ kg/cm}^2 - 1.937 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta P_{\text{máx CE}} = 0.079 \text{ kg/cm}^2$$

Se cumple que:

$$\Delta P_{\text{máx CE}} < 0.098 \text{ kg/cm}^2$$

$$0.079 \text{ kg/cm}^2 < 0.098 \text{ kg/cm}^2 \text{ [Cumple]}$$

4.1.5.6 Verificación por velocidad de flujo en los ramales

Usando el caudal del ramal de $273.5 \text{ m}^3/\text{h}$ y diámetro interior de 52.48 mm , podemos verificar la velocidad en los mismos:

Para el tramo BD tenemos que la presión P_B es 2.024 kg/cm^2 .

$$V = \frac{365.35 (273.5 \text{ m}^3/\text{h})}{(52.48 \text{ mm})^2 (2.024 \text{ kg}/\text{cm}^2)}$$

$$V = 17.925 \text{ m/s}$$

Para el tramo CE tenemos que la presión P_C es $2.016 \text{ kg}/\text{cm}^2$.

$$V = \frac{365.35 (273.5 \text{ m}^3/\text{h})}{(52.48 \text{ mm})^2 (2.016 \text{ kg}/\text{cm}^2)}$$

$$V = 17.996 \text{ m/s}$$

Se verifica la velocidad en las tuberías correspondientes a los ramales BD y CE cumplen el criterio de ser menores a 30 m/s en cada tramo.

4.1.5.7 Verificación de la relación Q/D en los ramales

Se consideran para la verificación el siguiente punto:

$$\frac{Q}{D} < 150$$

Reemplazando los datos correspondientes a los tramos BD y CE tenemos:

$$\frac{273.5 \text{ m}^3/\text{h}}{52.48 \text{ mm}} < 150$$

$$5.21 < 150 \text{ [Cumple]}$$

Se verifica la relación de Q/D .

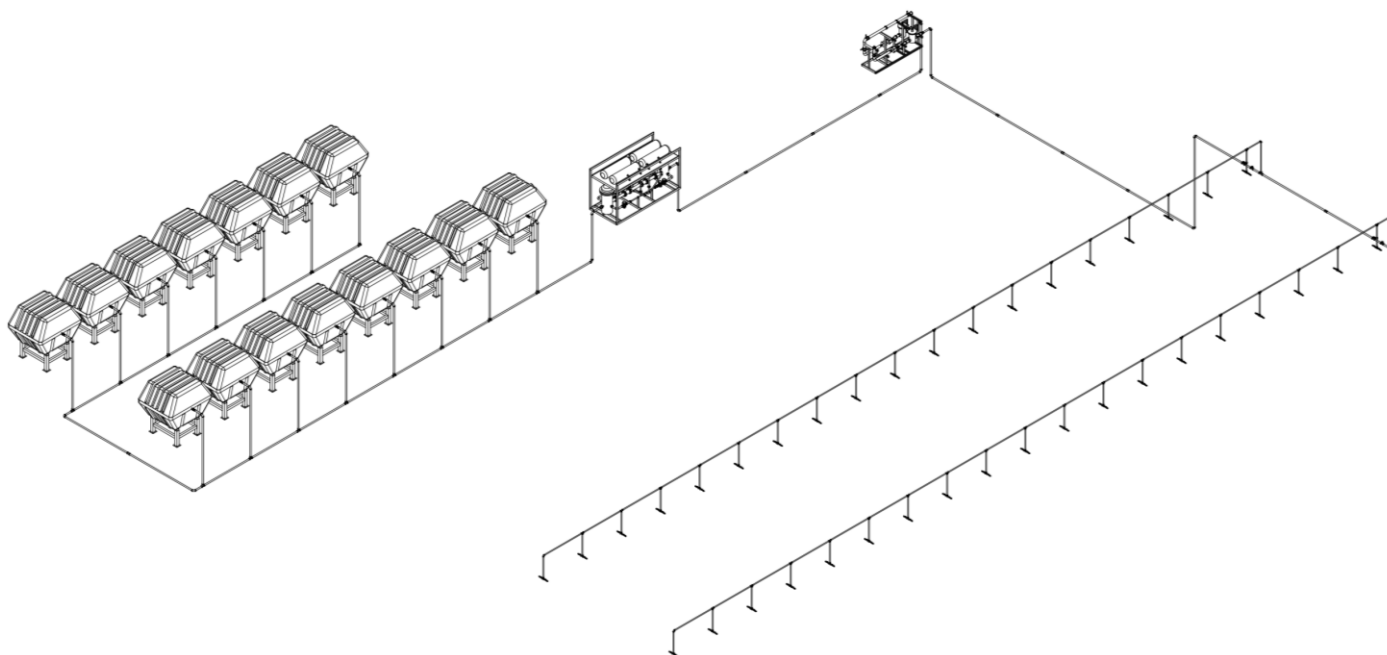


Figura 49. Instalación final de tuberías
Fuente: Elaboración propia

4.1.6 Selección de los quemadores

Existen diversas marcas de quemadores para gas natural apropiados para hornos del tipo Hoffmann. No obstante, habrá situaciones donde no se podrá contar con el gas natural y para prevenir esto los quemadores para petróleo residual usados anteriormente quedarán como medida de contingencia; es por este motivo, que se mantendrá la red existente de petróleo residual. El quemador de la figura 48 es un tipo usado para hornos Hoffmann que tienen una capacidad máxima de 170 000 kcal/h por quemador.

4.1.6.1 Determinación de la potencia térmica nominal

Se consideran que para los 32 quemadores de petróleo residual se necesita un caudal de 547 m³/h, por lo tanto, por cada quemador se tiene un consumo de 17.1 m³/h. Además, se sabe que el poder calorífico del gas es de 9500 kcal/m³ (de acuerdo a la norma NTP 111 011). Por lo tanto, se debe cumplir:

$$\text{Potencia nominal} = Q_q (\text{PCS})$$

Donde:

- Q_q : es el caudal para cada quemador.
- PCS: es el poder calorífico de acuerdo a la NTP 111 011.

$$\text{Potencia nominal} = 17.1 \text{ m}^3/\text{h} (9500 \text{ kcal}/\text{m}^3)$$

$$\text{Potencia nominal} = 162\,450 \text{ kcal}/\text{h}$$

Entonces, se seleccionará el quemador con capacidad superior como el que se mencionó anteriormente. Los quemadores RUBCAR de tipo lanza con carro para hornos Hoffmann se detallan de mejor manera en el anexo N° 8.

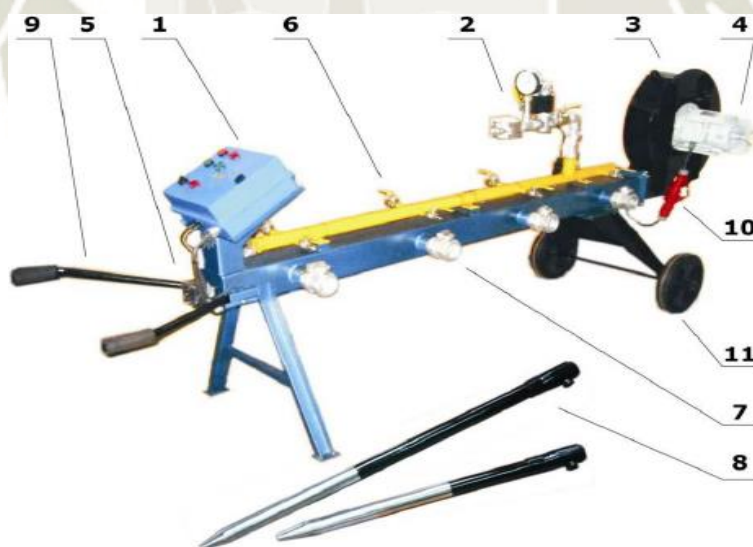


Figura 50. Quemador mixto RUBCAR

Fuente: Wayler SA / RUBCAR

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1 ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LA CONVERSIÓN

5.1.1 Costo de la inversión

5.1.1.1 Costo de materiales y equipos (CM)

Se consideran los siguientes gastos generales referidos a materiales y equipos en la siguiente tabla.

Tabla 13. *Costo de Materiales y Equipos*

No	Designación	Unid.	Cant.	Precio unit US\$	Precio total US\$
1	Tubería SCH 80 3"	35	6 m	90.00	3 150.00
2	Tubería SCH 80 2"	23	6 m	67.00	1 541.00
3	Tubería flexible 2"	12	m	10.00	120.00
4	Reducción TEE 3" a 2" SCH80/40	2	unit	12.00	24.00
5	Conector recto 3" SCH80	8	unit	12.00	96.00
6	Codo 90 3" SCH80	27	unit	18.00	486.00
7	Codo 90 2" SCH80	4	unit	12.00	48.00
8	TEE 3" SCH80	15	unit	18.00	270.00
9	TEE 2" SCH40	74	unit	12.00	888.00
10	Válvula de bola 3"	15	unit	68.00	1 020.00
11	Acople rápido 2"	76	unit	10.00	760.00
12	ERM	1	unit	37 000.00	37 000.00
13	ERP	1	unit	186 000.00	186 000.00
14	MAT-250-39	15	unit	106 102.00	1 591 530.00
15	PAD-GNC	15	unit	16 350.00	245 250.00
16	Filtro 3"	2	unit	264.00	528.00
17	Regulador de presión 3"	2	unit	282.00	564.00

18	Regulador de presión 2"	76	unit	94.00	7 144.00
19	Quemadores	4	unit	24 800.00	99 200.00
20	Medidor de flujo 2"	2	unit	1 392.00	2 784.00
21	Válvula seguridad 3/4"	2	unit	120.00	240.00
22	Manómetro 3/4"	2	unit	62.00	124.00
				Total US\$	2 178 767.00

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.2 Costo de la mano de obra (CMO)

El costo está compuesto por las obras civiles y el montaje electromecánico especializado.

5.1.1.2.1 Obras civiles (OC)

Se estima un tiempo de ejecución de 30 días.

Tabla 14. Costo de Obras Civiles

No.	Detalle	Unidad	Cantidad	Costo US\$	Total US\$
1	Estación de descarga de GNC	1	1	175 000.00	175 000.00
2	Caseta ERM	1	1	2 500.00	2 500.00
3	Caseta ERP	1	1	2 500.00	2 500.00
4	Zanja tubería	m	155	90.00	13 950.00
				Total US\$	193 950.00

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.2.2 Montaje electromecánico (MEM)

Se estima un tiempo de ejecución de 30 días.

Tabla 15. *Costos de Obras Electromecánicas*

No	Personal	Cant.	Horas	Costo hH	Total US\$
1	Ingeniero de proyecto.	1	80	50.00	4000.00
2	Ingeniero supervisor.	1	240	20.00	4800.00
3	Técnico ig2	1	240	10.00	2400.00
4	Técnico ig3	2	240	10.00	4800.00
5	Ingeniero de seguridad	1	240	10.00	2400.00
Total US\$					18 400.00

Fuente: Elaboración propia

5.1.1.2.3 Pruebas y ensayos no destructivos (END)

Se estiman los costos en base a la siguiente tabla.

Tabla 16. *Costo Ensayos no Destructivos*

No.	Ensayo no destructivo	Puntos	Costo US\$	Total US\$
1	Radiografías cordón soldadura	20	35.00	700.00

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, el costo total de la mano de obra se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Total de Costo Mano de Obra (CMO)} = \text{OC} + \text{MEM} + \text{END}$$

$$\text{Total de Costo Mano de Obra (CMO)} = 193\,950.00 + 18\,400.00 + 700.00$$

$$\text{Total de Costo Mano de Obra (CMO)} = 213\,050.00$$

$$\text{CMO} = \text{US\$ } 213\,050.00$$

5.1.1.3 Gastos generales (GG)

Se considera

$$GG = 25\% (CMO)$$

$$GG = 0.25 (213\ 050.00)$$

$$GG = 53\ 262.50$$

$$GG = \text{US\$ } 53\ 263$$

5.1.1.4 Costo total de la inversión (CT)

Se considera

$$\text{COSTO TOTAL (CT)} = \text{CM} + \text{CMO} + \text{GG}$$

$$\text{COSTO TOTAL (CT)} = 2\ 178\ 767.00 + 213\ 050.00 + 53\ 262.00$$

$$\text{COSTO TOTAL (CT)} = 2\ 445\ 080.00$$

$$\text{CT} = \text{US\$ } 2\ 445\ 080.00$$

5.1.2 Costo de operación con petróleo residual

Se consideran los costos de operación y mantenimiento que están compuestos básicamente por el costo del combustible. La planta llega a gastar 1 600 galones/día de petróleo residual y 48 000 galones/mes. El costo referencial se obtiene del anexo N° 9 de 8.93 Sol/gal y con una tasa de cambio 3.346 se obtiene 2.70 US\$ por galón.

Tabla 17. Costo de Operación con Petróleo Residual

Consumo de petróleo residual (Galón)	Costo US\$ / galón	Costo total US\$
48 000	2.70	129 600.00

Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Costo de operación después de la conversión

El costo de operación se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 18. *Costo de Operación Después de la Conversión*

Escenario	Consumo GN m ³ /mes	Precio estimado US\$/m ³	Costo total US\$
GNC	200 000	0.34	67 285.00

Fuente: Elaboración propia

5.1.4 Determinación del ahorro por mes

La estimación del ahorro se observa en la siguiente tabla:

Tabla 19. *Determinación del Ahorro/Mes*

Escenario	Gasto petróleo residual US\$	Gasto GN US\$	Ahorro/mes
GNC	129 600	67 285	62 342

Fuente: Elaboración propia

5.1.5 Tiempo de retorno de la inversión

Se considera

Tabla 20. *Tiempo de retorno de la Inversión*

Escenario	Inversión US\$	Ahorro/mes US\$	Tiempo de retorno de inversión (meses)
GNC	2 445 080	62 342	40

Fuente: Elaboración propia

5.2 CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

En este capítulo se demuestra la factibilidad económica del abastecimiento con GNC, con una inversión de 2 445 080.00 US\$ y un ahorro por mes de 62 342.00 US\$ el tiempo de retorno de la inversión resulta en 40 meses, es decir en aproximadamente 3 años y medio se recuperaría la inversión hecha para la conversión a un sistema de combustible a GNC.

CAPÍTULO 6

IMPACTO AMBIENTAL

6.1 IMPACTO AMBIENTAL DE LA CONVERSIÓN

6.1.1 Evaluación del nivel de contaminación con petróleo residual

El petróleo residual (PR6) en principio es más contaminante que el gas natural, pero para poder determinar el porcentaje en el que se puede reducir la contaminación específicamente en los quemadores lo veremos en la siguiente tabla:

Tabla 21. Reducción de Contaminantes en Quemadores PR-6 y Gas Natural

Parámetro	PR – 6	Gas natural
Análisis de gases:		
O ₂ (%)	2.2	2.0
CO ₂ (%)	14.1	10.8
CO (ppm)	48	<1
SO ₂ (ppm)	460	<1
NO _x (ppm)	250	116
Índice de Bacharach	5	0
Parámetros operativos:		
Producción de vapor (t/h)	45	51
Presión de vapor (psi)	650	640
Temperatura gas – antes del economizador (°C)	427	392
Temperatura gas – después del economizador (°C)	243	210
Presión del combustible en el quemador	-	580 mbar
Exceso de aire (%)	12	10
Caudal del combustible	1000	4370 Nm ³ /h
Eficiencia térmica (% - Base PCS)	80.3	81.5

Fuente: CINYDE SAC (2015)

El monóxido de carbono, compuesto perjudicial a la salud humana, se presenta en 48 ppm en los gases del PR6 en comparación al valor de < 1 ppm en el gas natural. Lo mismo sucede con el dióxido de azufre, causante de las lluvias acidas que se encuentren en el orden de las 460 ppm en el PR6 frente al valor de < 1 ppm en el gas natural. El impacto ambiental del cambio de combustible favorece al medio ambiente y la política ambiental debe estar dirigida a este fin.

6.1.2 Evaluación del nivel de contaminación con gas natural

Debemos observar los productos nocivos que podemos encontrar en los combustibles utilizados en la fabricación de ladrillos.

Tabla 22. *Productos Nocivos de la Combustión*

Combustible	SO ₂ kg/h	NO _x kg/h	Partículas kg/h	CO ₂ kg/h
Gas Natural	0	0.9	0.07	1130
Diésel	2.8	1.3	0.13	1490
Residual 6	12.2	3.6	0.91	1625
Carbón	22.9	4.4	26.6	2435

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se muestra la composición másica de los productos nocivos parte de la combustión, de los combustibles más usados en los hornos ladrilleros como son el petróleo residual 6, carbón y diésel en comparación al gas natural. Nótese la conveniencia de usar el gas natural frente a los demás combustibles.

La informalidad de este tipo de empresas se hace notoria cuando se mezclan combustibles de acuerdo a la disponibilidad con el objetivo de lograr el calentamiento de los hornos al mínimo costo y que dañan el medio ambiente. No es raro encontrar desechos de llantas

usadas, aceites quemados y reciclados, desechos orgánicos, estiércol, leña, carbón mineral, etc. Que generan una gran cantidad de residuos y hollín.



Figura 51. Hornos de ladrilleras informales que contaminan el medio ambiente
Fuente: Elaboración Propia.

6.1.3 Mejoras ambientales

6.1.3.1 Preparación de la materia prima

Se plantean cambios durante el proceso de preparación de la mezcla que permitan mejorar el producto como:

1. Tamizar la materia prima para evitar que los sólidos de mayor granulometría como piedras, raíces, pedazos de madera u otros que puedan afectar directamente la calidad de la mezcla. Los beneficios que se pueden obtener son:
 - Mejora de la calidad de los ingredientes en la elaboración de ladrillos.
 - Eliminación de las impurezas que reducen la resistencia al ladrillo y lo vuelven más susceptible a la fractura.
2. Implementar los rellenos orgánicos durante la preparación de la mezcla

incorporando cáscaras de café, cáscaras de arroz, aserrín o cenizas recuperadas del proceso de cocción. Los beneficios que se pueden obtener son:

- Ahorro en el consumo de materias primas y combustibles.
 - Mayor control en la gestión de residuos.
 - Proporcionar mayor consistencia a la mezcla.
 - Mejorar la resistencia del ladrillo
3. Mejorar el trabajo relacionado al mezclado manual, apisonado y golpeado para la eliminación de espacios con aire y terrones gruesos de arcilla.

6.1.3.2 Gestión adecuada de residuos sólidos

Es recomendable la implementación de buenas prácticas relacionadas a la gestión de residuos generados en la ladrillera, las principales son las siguientes:

1. Separar los residuos en la fuente de origen. Es necesario establecer espacios con el objetivo de depositar de forma segregada los residuos generados durante el proceso de producción como escombros, cascajo, cenizas, bolsas, etc. con la finalidad de evitar traslados excesivos o innecesarios. Además, la separación de residuos peligrosos como aceites usados, trapos sucios, baterías, etc., con la finalidad de disponerlos en el relleno municipal. Es recomendable utilizar letreros para esta actividad. Los beneficios obtenidos son:

- Incremento del orden y limpieza en el lugar de trabajo.

- Reciclar los residuos para su reutilización interna.
2. Recuperar las cenizas resultado de la quema, estas pueden reutilizarse como componente de las mezclas en la preparación de ladrillos crudos.
 3. Reutilizar los escombros de ladrillos provenientes del proceso de quema.

Pueden tener los siguientes usos:

- Material base para pisos de viviendas.
 - Material de relleno para mejorar caminos de acceso.
 - Material para levantamiento de paredes de baja altura que separan las zonas de producción.
4. Realizar charlas de sensibilización a los trabajadores con el fin de implementar prácticas adecuadas en la gestión de residuos.

6.2 CONCLUSIÓN DEL CAPÍTULO

La conversión de la matriz energética de petróleo residual a gas natural para el proceso de cocción en la producción de ladrillos, tendrá un impacto positivo para el medio ambiente.

CONCLUSIONES

1. Se demuestra la factibilidad técnica y económica de la conversión de petróleo residual a gas natural en los hornos de la planta ladrillera con abastecimiento virtual de GNC. Será mucho más conveniente cuando se cuente con las redes de gas del gasoducto proyectado.
2. Se ha analizado solo dos escenarios como son con GNC y con GNL ya que el escenario con alimentación mediante el gasoducto será considerado a futuro. La inversión considerada en el presente estudio dependerá del escenario que se decida.
3. La inversión que llega a los 2 445 080 dólares, considera la instalación de una estación de regulación de presión (ERP), una estación de regulación y medición (ERM), módulos de almacenamiento (MAT) e instalación de tuberías de acero para 8 quemadores para los 4 hornos actuales. El tiempo de recuperación es de aproximadamente 3 años y medio como se observa en el capítulo 5.
4. Las ventajas para el medio ambiente se han analizado en el capítulo 6, donde se observa una reducción significativa de las emisiones contaminantes y que favorecen al efecto invernadero.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda como alternativa a la Estación de Regulación (ERP), la instalación de una planta regasificadora de GNL para el uso del gas natural a futuro si es que el costo de suministro de GNL llegara a ser menor que el costo de suministro de GNC. Dicha propuesta no forma parte de la presente tesis.
2. También se recomienda a futuro el uso del gasoducto proyectado, debido a que este no implicaría costos de transporte ni la adición de alguna planta reguladora de presión (ERP) en el caso de uso de GNC o una planta regasificadora en el caso del uso de GNL.
3. En el Futuro se debe evaluar realizar el re-aprovechamiento de los gases de escape de la chimenea, estos gases se pueden utilizar para mejorar el tiempo y el proceso de secado de los ladrillos y mejoraría aún más el impacto medio ambiental se la ladrillera.

REFERENCIAS

- American Society of Mechanical Engineers. (2003). Gas Transmission and Distribution piping systems. Estados Unidos. ASME.
- Carlos Mario Sierra Combustibles Alternativos Gas Natural. UNC
- Carrera E. “Caracterización de riesgos laborales en la construcción de instalaciones para la distribución y comercialización de GLP en Arequipa”. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín.
- ÇENGEL A. & BOLES M. (2004). Termodinámica 4ta. Edición. España. Mc Graw Hill.
- Ministerio de la producción (2010). Guía de buenas prácticas para ladrilleras artesanales Perú.
- Osinergmin. (2008). Tecnología del gas natural en el Perú, Perú. MEM
- OSINERGMIN. (2009). La industria del Gas Natural en el Perú. Perú. La revista del Gas Natural.
- Parisotto S. “Distribución de GLP envasado en la zona sur de Santa Fé y Córdoba”. Ecuador: Instituto Universitario Eseade.
- Pérez R. 1988. Ingeniería del Gas Natural. Colombia. Universidad Nacional de Colombia
- Programa Regional Aire Limpio. (2013). Detrás de los ladrillos: una gestión integral para el sector informal. Primera Edición. Lima, Perú
- Quezada V. & Vaca J. “Impacto socioeconómico al eliminar subsidios del gas doméstico en Ecuador”. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil
- Silupu S. (2019), “Caracterización del control interno administrativo de las empresas envasadoras y comercializadoras de GLP”. Piura, Perú: Universidad Católica los Ángeles.

Villegas J. (2017). “Evaluación de la coeficiencia en ladrilleras ubicadas en el distrito Mariscal Benavides, Amazonas”. Chachapoyas, Perú: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

Zereceda J. “Estudio del diseño para la instalación de GLP en una planta textil de Arequipa”. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín.



ANEXOS

ANEXO N° 1: Precio GNC virtual



Arequipa, 9 de setiembre del 2019

Señores:
LADRILLOS IMPERIO SRL.
Camaná - Arequipa

Presente.-
De nuestra consideración:
Le hacemos llegar nuestra cotización a la fecha.

ITEM	ARTICULO	CONDICION	PRECIO X MMBTU EN DOLARES	PRECIO X M3 EN DOLARES
1	GNC	Abastecimiento en Planta del cliente – Mariscal Castilla – Camaná - Arequipa	7.5*	0.285

* EL PRECIO, NO INCLUYE IGV 18%

* EL PRECIO, NO INCLUYE PERCEPCIÓN 2% * CONDICIÓN DE PAGO AL CONTADO (CRÉDITO)

Condiciones Comerciales:

- Se garantiza continuidad de abastecimiento sobre tanques de Lima Gas o propios del cliente
- En tanques de propiedad y de inversión de Lima Gas, el consumo es exclusivo y bajo contrato comodato.
- Lima Gas, garantiza la seguridad y la calidad del producto, desde su procedencia hasta la entrega del mismo.
- LIMA GAS S.A. como empresa comercializadora de GLP se encuentra inscrita en el registro de la Dirección General de Hidrocarburos (DGH), del Ministerio de Energía y Minas y mantiene una Póliza de Seguro de Responsabilidad Civil Extracontractual que cubre las operaciones de suministro a nuestros clientes.
- Fecha de entrega, posterior a 24hrs o 48hrs posterior a envío de requerimiento (horario de recepción de pedidos 8:00 am a 05:00pm de lunes a domingo), salvo situaciones de Emergencia que serán atendidas al término de la distancia o a pedidos programados automáticamente mediante correo a giancarlo.nieto@limagas.com otro medio de comunicación de atención al [WhatsApp +51 979742035](https://api.whatsapp.com/send?phone=51979742035).
- Los pagos podrán ser contra entrega en efectivo o vía depósito bancario, si el cliente contara con alguna línea de crédito deberá comunicar al momento de solicitar el pedido, los abonos de realizarán a través de las siguientes cuentas corrientes:

BANCO	MONEDA	NÚMERO DE CUENTA
Banco de Crédito del Perú	Soles	194-1445750-0-34 (telecredito)
Scotiabank	Soles	0153540

Nuestro interés es poder suministrar GLP en las condiciones más seguras, guardando estricto orden y cumplimiento de los parámetros internos exigidos por su representada.

Seguros de contar con su aprobación, quedamos de ustedes.



Giancarlo Nieto
Supervisor Comercial Granel GLP

Asoc. Ind. Las Canteras Mz. N Lote 8 – Cerro Colorado – Arequipa
Oficina: (054) 415135 | Cel: 979742035
Email: giancarlo.nieto@limagas.com

ANEXO N° 2: Costo referencial del GNL

Naturgy Perú

Tarifas Vigentes desde el 01 de Noviembre 2019

Naturgy

CATEGORÍAS	RANGOS DE CONSUMO		SUMINISTRO GNL (1)		TRANSPORTE VIRTUAL (2)	DISTRIBUCIÓN POR DUCTOS (3)			
	Desde	Hasta	Precio GNL S./m ³	Recargo FISE S./m ³	S./m ³	Margen Comercial S./mes	Margen Capacidad S./ (Sm ³ /día)	Margen Promoción S./mes	Margen Distribución S./m ³
A	0	100	0.58866	0.00653	0.47334	1.54232		13.62982	0.19362
B1	101	300	0.58866	0.00653	0.47334	484.03803			0.81083
B2	301	19,000	0.63719	0.00653	0.47334	484.03803			0.81083
C	GNV		0.63719	0.00653	0.47334		1.18364		0.07909
D	19,001	900,000	0.63719	0.00653	0.47334		7.46053		0.49222

Cargos Complementarios

CATEGORÍAS	CARGOS POR CORTE (4)			CARGOS POR RECONEXIÓN (4)			CARGO	CARGOS POR INSPECCIÓN, SUPERVISIÓN Y HABILITACIÓN (5)	
	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3		Comercial S./	Industrial S./
A	17.02	23.42	380.78	19.65	38.19	423.24	INSPECCIÓN	191.03	430.44
B	17.02	23.42	388.42	19.65	38.19	423.24	SUPERVISIÓN	139.22	359.69
C	194.63	249.84	426.07	124.42		496.85	HABILITACIÓN	187.23	987.92
D	194.63	249.84	426.07	124.42		496.85	TOTAL	517.48	1778.05

Otros Cargos Regulados

CARGOS POR ACOMETIDA (6)			CARGOS POR DERECHO DE CONEXIÓN (7)	
Tipo de Acometida	Muro Existente S./	Murete Construido S./	Categoria	Derecho de Conexión S./ (m3/d)
G1.6	386.07	483.13	A	344.11
G4	465.84	562.91	B	24.84
G6	820.40	1001.06	C	47.35
			D	9.47

Todos los valores descritos no incluyen IGV

Tipo de Cambio Aplicable

Periodo	S./US\$
Nov-2019	3.3644

Factores de Actualización Aplicados

Suministro GNL				
Serie	Base	Valor	FA	Vigencia
WPU1191	128.00	216.34	1.73107	01/01/2019 - 31/12/2019
WPU05	101.08	181.180		
PPI: WPSFD4131	149.80	206.50	1.37850	01/03/2019 - 28/02/2020
FDA	-	0.95609	0.95609	01/05/2019 - 30/04/2020
WPSFD4131	184.7	203.70	1.103	01/01/2019 - 31/12/2019
Transporte Virtual				
Serie	Base	Valor	FA	Vigencia
WPSFD4131	185.3	205.30	1.095463265	01/01/2019 - 31/12/2019
IPM	100.41	109.01		
Distribución por Ductos - Acometida				

Notas

- (1) Precio de Suministro de Gas Natural Licuado. Se incluye el cargo por el Fondo de Inclusión Social (FISE) Ley 29852 y Reglamento Aprobado D.S N°21-2012-EM
- (2) Tarifa de servicio de Transporte Virtual
- (3) Tarifa de servicio de Distribución por Ductos
- (4) Cargos por Corte y Reconexión. Aprobados por Resolución OSINERGMIN N° 092-2017-OS/CD del 31 de mayo de 2017, modificados por Resolución OSINERGMIN N° 170-2017-OS/CD del 10 de agosto de 2017
- (5) Cargos por Inspección, Supervisión y Habilitación. Aprobados por Resolución OSINERGMIN N° 092-2017-OS/CD del 31 de mayo de 2017, modificados por Resolución OSINERGMIN N° 170-2017-OS/CD del 10 de agosto de 2017
- (6) Cargos por Acometida
- (7) Cargos por Derecho de Conexión
- (8) El valor por un Punto Adicional para los clientes categoría A del primer plan de conexiones no podrá exceder a US\$167.98 x Tipo de Cambio. No incluye IGV.

Serie	Base	Valor	FA	Vigencia
IAC: WPU101706	262.4	286.0	1.07	01/01/2019 - 31/12/2019
PE: WPU07110224	172.8	173.6		
PPI: WPSFD4131	185.4	205.3		
IPM	100.41	109.011678		
Derecho de Conexión				
Serie	Base	Valor	FA	Vigencia
IAC: WPU101706	252	296.00	CAT AyB: 1.086	01/01/2019 - 31/12/2019
IPM	100.4	109.01	CAT AyB: 1.173	
Corte y Reconexión - Inspección, Supervisión y Habilitación > 300m ³ /mes				
Serie	Base	Valor	FA	Vigencia
IPM	105.5312	108.4929	1.028	01/09/2019 - 30/11/2019

(9) Poder Calorífico Aplicado: 1076.766 (BTU/MPC)

ANEXO N° 3: Costo referencial del Gas Natural



Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería
GERENCIA DE REGULACIÓN DE TARIFAS
AV. CANADÁ N° 1460 – SAN BORJA
224 0487 224 0488 FAX 224 0491

COMUNICADO N° 031-2019 – GRT⁽¹⁾

Asunto : Actualización del PGN para generación eléctrica

Referencia : Resolución Suprema N° 007-2017-EM
Resolución N° 061-2019-OS/CD, Artículo Segundo, Numeral 1.2

Fecha : 30 de setiembre de 2019

PRECIO MÁXIMO DE REFERENCIA DEL GAS NATURAL (PGN) VIGENTE A LA FECHA (*)

Parámetro	Valor	Unidades
PGN	3,0688* TC ⁽²⁾	S// MMBtu

(1) Conforme el comunicado No 0004-2007-GART, a partir del mes de mayo de 2007 los comunicados de actualización del PGN se realizan a través de la página Web del Osinergmin.

(2) TC = Tipo de Cambio. Valor de referencia para el Dólar de los Estados Unidos de América, determinado por la Superintendencia de Banca y Seguros del Perú, correspondiente a la "COTIZACION DE OFERTA Y DEMANDA - TIPO DE CAMBIO PROMEDIO PONDERADO" o el que lo remplace. Se tomará en cuenta el valor venta correspondiente al último día hábil del mes de setiembre de 2019, publicado en el Diario Oficial El Peruano. El resultado del producto 3,0688 * TC deberá ser redondeado a tres dígitos decimales.

(*) Considera lo previsto en las adendas de los contratos suministradas por Pluspetrol, según lo dispuesto en el Decreto Supremo N° 024-2014-EM, que modifica el contrato de licencia en lo referente al Factor de Ajuste mencionado en el literal b) del subacápito 8.4.4.1 de la cláusula octava del referido contrato de licencia WPS1191: Oil Field and Gas Field Machinery; la calidad del combustible según el Procedimiento N° 31 del COES-SINAC, según acta del 14.06.2019; considera el FAT de la Red Principal de TGP, aprobado mediante la Resolución N° 215-2016-OS/CD, a partir del 09.09.2016; el precio de gas natural proporcionado por Pluspetrol mediante Carta PPC-COM-19-0023; lo previsto en las adendas, cuyo texto fue aprobado con Resolución Suprema N° 007-2017-EM, que autoriza la sustitución del código WPSSOP3500 del Índice PPI por el código WPSFD4131; y el Memorandum N° 699-2019-GRT de la División de Gas Natural.

ANEXO N° 4: Ficha técnica de Módulo de Almacenamiento MAT

GALILEO

Natural Gas Technologies

Daughter Stations - Discharging Platform PAD®

PAD Discharging Platforms are needed in every typical Virtual Pipeline solution designed for detachable MAT modules.

MAT storage modules are unloaded on the Discharging Platforms. These Platforms ensure a safe filling of the MAT modules and also facilitate their transfer to the transport trailers.

Virtual Pipeline solutions are designed thinking about modularity as the most important characteristic. This makes Virtual Pipeline solutions able to adapt to future changes in demand by easily adding more modules and equipment to all the system, either if gas consumption raises or if new needs require a supply of gas at a different regulation pressure.



How it works

When a VST trailer arrives to a Daughter Station, the truck driver unloads the fully-filled MAT storage modules on the discharging platforms and loads the empty MAT modules on the VST trailer to take them back to the Mother Station.

A Virtual Pipeline solution may count on Remote Consumption Centers and/or CNG Remote Stations. Once a MAT module is connected to the discharging platform, for the first case the PRP® Pressure Regulating Plant manages when the module is consumed, according to the Electronic Management system. For the second case, this will be done by a Booster®.

Technical Specifications

DATASHEET	
MODEL	PAD
Standard Compliance Availability	NAG-E-406 (Argentina) NTP 111.031 (Perú)
Self supporting structure designed and built entirely of commercial steel with anti corrosive treatment.	✓
Valves, sensors and accessories for operation and control.	✓
Specifically dimensioned piping according to the consumption.	✓
Instrumentation	Pipes: 1" y 1 1/2" ASTM A179
Outlet	GNC
DIMENSIONES	
Width [mm]	1760
Heigh [mm]	1380
Length [mm]	1500

Daughter Stations - Discharging Columns PAD-F®

Any High Consumption Regulation Station (typically a Daughter Station) has VSTF® Modular Fixed Storage Trailer Discharging Columns, PAD-F together with one or more PRP, Pressure Regulating Plants. These ones are in charge of reducing the high pressure of the natural gas in the VSTF to the demanded consumption pressure.

How it works

When a VSTF® trailer arrives to the Daughter Station, the truck driver disengages the trailer and connects it to the Discharging Column, letting the gas flow to the Pressure Regulating Plant or Booster. Gas supply is regulated to the desired consumption pressure.



Technical Specifications

DATASHEET	
MODEL	PAD-F
Standard Compliance Availability	NAG-E-406 (Argentina) NTP 111.031 (Peru)
Quantity of Hoses	2 Platforms of 4 hoses each one
Valves, sensors and accessories for operation and control.	✓
Specifically dimensioned piping according to the consumption.	✓
Instrumentation	Pipes: 2"ASTM A 53 Gr. B 1"ASTM A179
DIMENSIONS	
Width [mm]	1200
Height [mm]	1704
Length [mm]	840



GALILEO

Natural Gas Technologies

MAT® - CNG Transport and Storage Module

The transport and storage module (MAT) is the heart of Galileo's Natural Gas transport system: "Virtual Pipeline®". MAT modules are used for storing and transporting compressed natural gas to areas where traditional pipelines do not exist. These modules are transported on a specially designed trailer for an agile and safe handling in all kinds of roads and routes.

Each module can store up to 1500 Nm³ of compressed natural gas at 250bar. MAT modules have safety devices in order to meet the highest world standards for transporting high pressure natural gas:

- Overpressure venting system
- Non-combustible protection material to be determined by the client
- Certified by the local authorities Enargas NAG-E-406



DATASHEET		
MODEL	MAT-200/250-34 Cylinders	MAT-200/250-39 Cylinders
Standard Compliance Availability	NAG-E-406 / NTP 111.031 / TPD directiva CE / DOT	NAG-E-406 / NTP 111.031 / TPD directiva CE / DOT
Cylinders Standard Compliance Availability	ISO9809-1 ISO9809-2 IRAM 2526	ISO9809-1 ISO9809-2 IRAM 2526
Nominal Load Pressure	200 / 250 bar	200 / 250 bar
Amount of Cylinders	34	39
Safety device in each cylinder	High temperature fusible plug and flow excess shut down	High temperature fusible plug and flow excess shut down
Hydraulic Capacity per Cylinder	150 litres	150 litres
Total Hydraulic Capacity	5100 litres	5850 litres
Storage Capacity	1180Nm ³ * / 1360Nm ³ *	1350Nm ³ * / 1560Nm ³ *
Empty weight (ISO9809-2 cylinders)	6665 Kg	7500 Kg
Empty weight (ISO9809-1 cylinders)	7275 Kg	8200 Kg
DIMENSIONS		
Length [mm]	3226	3226
Height [mm]	2280	2280
Width [mm]	2560	2560

*The storage capacity depends strongly on the specific composition of the stored gas and on the working pressure of the MAT (200 to 250 bar depending on the local regulations).



ANEXO N° 5: Ficha técnica de Estación de Descompresión ERP

ESTACIÓN DE DESCOMPRESIÓN DE GNC

Estas estaciones tienen la función de reducir la presión del gas natural comprimido que se transporta típicamente a una presión de 250 bares a una más apropiada para el consumo.

- Presión de entrada: 250 bares (3625 psi)
- Presión de salida: 4 – 14 bares (60 – 200 psi)
- Etapas: 2
- Calentadores catalíticos que evitan congelamiento de tuberías por los cambios elevados de presión
- Flujo: 1200 m³ /h
- Filtro coalescente
- Separador de condensados por cada etapa de compresión
- Sistema de lubricación



ANEXO N° 6: Ficha técnica de Estación de Regulación y Medición ERM

Estaciones de Regulación, Filtración y Medición (ERM)

Descripción General

General Description

Las estaciones de Regulación Filtración y Medición (ERM) de baja y alta presión, son unidades paquetizadas sobre skid auto-portante, diseñadas para cubrir todas las aplicaciones de suministro de gas natural al área industrial y civil. La vasta experiencia de Tormene Americana en el diseño y fabricación de válvulas reguladoras, y las incontables provisiones al mercado del gas, le dan a estas estaciones de regulación una base de ingeniería y testeos reales de campo inalcanzable por otros proveedores.

Gas Pressure Regulating and Metering Stations (PRMS) for low and high pressure are skid packaged units designed to cover all applications for natural gas delivery for industrial and civil applications. The vast experience of Tormene Americana in the design and manufacturing of regulator valves, and countless provisions for the gas market, give these regulation stations a base for engineering and actual field tests of incomparable level compared with other providers.



Fabricación Y Paquetizado

Manufacture & Skid Mounting

Las ERM son fabricadas y paquetizadas en nuestras instalaciones industriales. Nuestra ingeniería y fabricación estandarizadas para estos modelos junto con ensayos no destructivos y testeos de funcionamiento según estándares internacionales, aseguran una provisión rápida y segura de su estación de regulación y medición. Mas de 200 provisiones en el mercado del Conosur, evidencian nuestra experiencia en el diseño, fabricación y despacho de ERM de gas.

The ERM's are manufactured and Skid Mounted in our own facilities. Our standardized engineering and manufacturing procedures for these stations along with Non-Destructive Testing and operation tests according to international standards, ensure a fast and secure supply for the ERM. More than 200 supplies on the market of the Southern Cone, demonstrate our expertise in the design, manufacture and deliver of ERM.



Válvulas Reguladoras

Regulator Valves

Las válvulas reguladoras TA cuentan con los más altos estándares de calidad y fabricación lo cual asegura una operación altamente confiable y efectiva en todas las necesidades de caudal y presión de gas para la industria como también para pequeñas poblaciones. En sus 3 modelos de simple doble y triple función, las válvulas TA son un standard de equipamiento en todas las distribuidoras de gas de Argentina y Conosur. Su diseño exclusivo de doble diafragma y bloqueo para alta presión, posicionaron a las válvulas TA956 en lo más alto del standard de calidad e ingeniería en el mercado de válvulas de regulación de presión.

TA Regulators are equipped with the highest standards of quality and manufacturing which ensures a highly reliable and effective operation in the needs of flow and pressure of gas for Industrial and Civil Citygates. In their 3 models of single double and triple function, TA valves are a standard of equipment in all Argentina and Southern Cone Gas Distributors and Transporters. Its exclusive design of double diaphragm and blockage for high pressure applications had placed the TA956 valve in the top of the standard of quality and engineering in the pressure regulators market.



CE Aprobación de la CE
CE approved

Unidades de simple función



Unidades de doble función



Unidades de triple función





Medición Fiscal

Las ERM están equipadas con sistema de medición fiscal de acuerdo al último reporte AGA7, AGA8. Dicho sistema esta formado por un elemento primario de medición (turbina o rotativo), un filtro de protección, acondicionamiento de flujo y un corrector de volumen o computador de flujo. Según requerimiento del usuario o standard locales, este sistema puede estar equipado con transmisión de datos de caudal y volumen ya corregidos.

Fiscal Metering

The ERM are equipped with fiscal measurement system according to the last AGA7, AGA8 Reports. These systems are composed by a primary flow measuring element (turbine or rotary), filter, flow conditioner and a volume corrector or flow computer. According to local requirements or standards, this system can be equipped with data transmission unit of flow rate and volume corrected values.

Modelos Models

Modelo ERM	111	122	123	133	233	234	334	333	466	636	848
Diam Ent / In	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	1 1/2"	2"	2"	3"	3"	4"	6"	8"
Diam Sal / Out	2"	2"	3"	3"	3"	4"	4"	6"	6"	6"	8"
Diam Reg vlv	1"	1"	1"	2"	2"	2"	2"	2"	2"	3"	4"
Pilotada / Pilot					•	•	•	•	•	•	•
Bloqueo / Blockage	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Coneccion ANSI RF	#150	#150	#150	#150	#150	#150	#150	#150	#150	#150	#150
Config **	SR	SR/DR	SR/DR	SR/DR	SR/DR	SR/DR	SR/DR	SR/DR	SR/DR	SR/DR	SR/DR
Caudal / Flow rate. Max (NM3H)	100	220	350	510	970	1200	1625	2200	3800	7500	11500
Presion Ent. / Inlet Pressure. min/max (bar)	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10	5/10
Presion Reg. / Regulated Pressure (bar)	0,5/2,5	1	2	1	1	1/2	1,5/2	2	2	2	4

ANEXO N° 7: Ficha técnica de tuberías Schedule 80



Tubos A53 /A106 API 5L/GR B SCH STD/40/XS/80/160

Tubo de acero negro sin costura, tri-norma A53 / ASTM A106 / API 5L grado B x 6 metros de largo.

Desde 1/4" a 11/2" en corte recto, y desde 2" a 24" con extremos biselados.

Esta tubería está destinada a aplicaciones mecánicas y de presión y también es aceptable para usos ordinarios en la conducción de vapor, agua, gas, y las líneas de aire.

Este tipo de tubería es apta para ser soldada y roscada. La vida útil corresponde al uso en condiciones normales para lo que fue fabricada.



TUBERÍA DE ACERO

Tolerancia Dimensional

Espesor mínimo	-12.5% del valor nominal
Peso	+/-10% del valor nominal
Diámetro	1/8" hasta 1 1/2": +/- 1/64"; 2" hasta 24": +/-1% del valor nominal

Propiedades Mecánicas

Resistencia a la Tracción, min	60000 PSI (415 MPa)
Fluencia, min	35000 PSI (240 MPa)

Diámetro Nominal	Dimen. Exterior	STD		SCH-40		XS		SCH-80		SCH-160	
		Espesor Nominal	Peso	Espesor Nominal	Peso	Espesor Nominal	Peso	Espesor Nominal	Peso	Espesor Nominal	Peso
Pulgadas	mm	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m	mm	kg/m
1/4	13.7	2.24	0.63	2.24	0.63	3.02	0.80	3.02	0.80	-	-
3/8	17.1	2.31	0.84	2.31	0.84	3.20	1.10	3.20	1.10	-	-
1/2	21.3	2.77	1.27	2.77	1.27	3.73	1.62	3.73	1.62	4.78	1.95
3/4	26.7	2.87	1.69	2.87	1.69	3.91	2.20	3.91	2.20	5.56	2.90
1	33.4	3.38	2.50	3.38	2.50	4.55	3.24	4.55	3.24	6.35	4.24
1 1/4	42.2	3.56	3.39	3.56	3.39	4.85	4.47	4.85	4.47	6.35	5.61
1 1/2	48.3	3.68	4.05	3.68	4.05	5.08	5.41	5.08	5.41	7.14	7.25
2	60.3	3.91	5.44	3.91	5.44	5.54	7.48	5.54	7.48	8.74	11.11
2 1/2	73.0	5.16	8.63	5.16	8.63	7.01	11.41	7.01	11.41	9.53	14.92
3	88.9	5.49	11.29	5.49	11.29	7.62	15.27	7.62	15.27	11.13	21.35
4	114.3	6.02	16.07	6.02	16.07	8.56	22.32	8.56	22.32	13.49	33.54
5	141.3	6.55	21.77	6.55	21.77	9.53	30.97	9.53	30.97	15.88	49.12
6	168.3	7.11	28.26	7.11	28.26	10.97	42.56	10.97	42.56	18.26	67.57
8	219.1	8.18	42.55	8.18	42.55	12.70	64.64	12.70	64.64	23.01	111.27
10	273.0	9.27	60.29	9.27	60.29	12.70	81.55	15.09	95.98	28.58	172.27
12	323.8	9.53	73.88	10.31	79.71	12.70	97.46	17.48	132.05	33.32	238.69
14	355.6	9.53	81.33	11.13	94.55	12.70	107.39	19.05	158.11	35.71	281.72
16	406.4	9.53	93.27	12.70	123.31	12.70	123.30	21.44	203.54	40.49	365.38
18	457	9.53	105.16	14.27	155.81	12.70	139.15	23.83	254.57	45.24	459.39
20	508	9.53	117.15	15.09	183.43	12.70	155.12	26.19	311.19	50.01	564.85
22	559	9.53	129.13	-	-	12.70	171.09	28.58	373.85	53.98	672.30
24	610	9.53	141.12	17.48	255.43	12.70	187.06	30.96	442.11	59.54	808.27

ANEXO N° 8: Ficha técnica de quemador para horno tipo Hoffmann

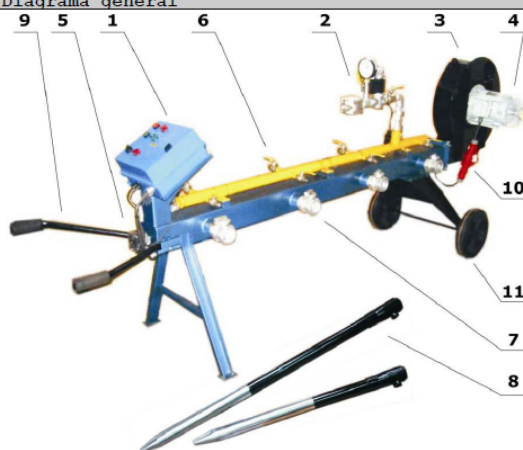


Memoria descriptiva quemador RUBCAR Certificado de fabricación

Cliente	
Empresa	
Usuario	
Fecha	

Quemador	
Modelo	Colector Hoffman de 8 Quemadores
Combustible	GLP / GN
Capacidad máxima	170,000 kcal/h (cada quemador)
Presión estática	160mbar (GN) / 80mbar (GLP)
Consumo máximo	6.5 gal/h de GLP (cada quemador) Quemador
tipo	Mezcla en boquilla
Cuerpo quemador	Acero, con punteras de lanza en AISI 304
Sistema de seguridad	Eléctrico
Sistema de control	On-off
Ventilador de combustión	Centrífugo, trifásico

Diagrama general



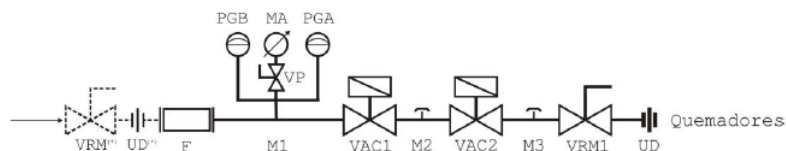
- 1 Tablero eléctrico de control
- 2 Tren de válvulas
- 3 Ventilador de combustión Centrífugo
- 4 Motor de ventilador de combustión
- 5 Presostato de aire Jefferson
- 6 Válvulas esféricas de alim. de gas RB Paso total - 1/2"
- 7 Válvulas de alimentación de aire Rubcar Paso total - 1 1/2"
- 8 Lanzas y frentes con visor Rubcar
- 9 Manoplas para traslado Rubcar
- 10 Ficha eléctrica de acople ventilador Rubcar
- 11 Carro con ruedas Rubcar

	Ameghino 1877 - CP 1407 - Buenos Aires - Argentina Telefax: (0054-11) 4682-9114 - Rot. 4683-5233 Wayler@rubcar-borghi.com.ar - www.rubcar-borghi.com.ar
---	---



Wayler SA

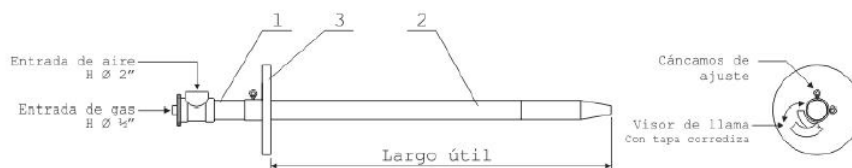
Tren de válvulas



1" No acopiado

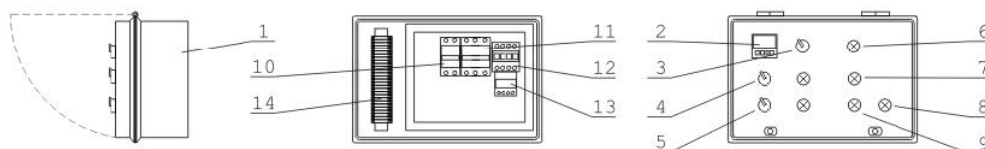
N°	C.	Id.	Denominación	Marca	Modelo	Ø	Detalle
1	1	F	Filtro de gas	Condarco	Tipo "y"	1 1/2"	F°H° - 50 mic
2	1	PGB	Presostato de gas baja	Dunas	GW 50 A 4	1/8"	2.5 a 50 mbar Corte por baja P.
3	1	PGA	Presostato de gas alta	Krom	DG	1/8"	100 a 500 mbar Corte por alta P.
4	1	M	Tomas de presión	Rubcar	Std.	1/8"	Taponadas
5	1	VP	Válvula de bloqueo manómetro	Klinger	Gas	1/2"	Paso total
6	1	MA	Manómetro	France	Ø100mm	1/2"	0 - 0.6 bar
7	1	VAC1	Válvula automática de cierre	Jefferson	2030LA12	1 1/2"	Acción directa 220v, 60Hz
8	1	VAC2	Válvula automática de cierre	Jefferson	2030LA12	1 1/2"	Apertura lenta 220v, 60Hz
9	1	VRM1	Válvula de regulación manual	Klinger	Gas	1 1/2"	Paso total
10		UD	Unión doble		Std.	1 1/2"	Galvanizado

Quemador y tope de lanza



N°	C.	Id.	Denominación	Marca	Modelo	Ø	Detalle
1	6		Premezclador	Rubcar	Serie 2000	2"	F°H° - Negro
2	6		Lanza	Rubcar	Acero LU = 1150 mm	2"	Con puntera en AISI 310
3	6		Tope de lanza	Rubcar	Acero	295	Con visor

Tablero eléctrico



Ameghino 1877 - CP 1407 - Buenos Aires - Argentina
Telefax: (0054-11) 4682-9114 - Rot. 4683-5233
Wayler@rubcar-borghi.com.ar - www.rubcar-borghi.com.ar



Wayler SA

N°	C.	Id.	Denominación	Marca	Modelo	Ø	Detalle
1	1		Gabinete	Rocket	Pr350		Plástico
2	1	CT	Control de temperatura	Novus	N440 - K		220V - 50/60Hz
3	1		Selector encendido CT	TBCin	0-1		Ø 22mm
4	1		Selector encendido TV	TBCin	0-1		Ø 22mm
5	1		Selector encendido VC	TBCin	0-1		Ø 22mm
6	1		Indicador luminoso Alarma	TBCin	Std.	22	Rojo
7	1		Indicador luminoso PA	TBCin	Std.	22	Ambar
8	1		Indicador luminoso PGB	TBCin	Std.	22	Ambar
9	1		Indicador luminoso PGB	TBCin	Std.	22	Ambar
10	1		Int. termo magnético	Baw	C5		2 x 5 Amp.
11	1		Int. termo magnético	Baw	C32		3 x 32 Amp.
12	1		Contactador	Baw	CB3A 1210		5.5 kW 220V 50/60Hz
13	1		Relevo térmico	Baw	RTB 121		12 a 18 Amp.
14	26		Borneras de conexionado	Wago	2004		4 mm²



COTIZACIÓN

WILAN S.A.C.
IMPORTACION - EXPORTACION
SERVICIOS DE INSTALACION, ASESORIA
Y MANTENIMIENTO EN INDUSTRIAS

Av. Elmer Faucett N° 293-295
Telf.: (511) 451-8598 / 451-9431
San Miguel - Lima - Perú
Oficina: 960 067 086
Serv. Tec: 961 485 354
e-mail: wilan@wilanperu.com
Web: www.alanper.com

RUC 20516297957

COTIZACIÓN

Señores :	LADRILLOS IMPERIO S.R.L.	Cotización :	0545-08-2019
Dirección :	Camaná - Arequipa	Teléfono :	984 406 700
E-mail :		Rep. Venta :	Wilma Ayasta
Atención :		L. Entrega :	En nuestra oficina

Item	Detalle	P.Unit. US\$	P.Total US\$
	QUEMADORES EQA 600 TIPO LANZA CARRO HOFFMANN DE 8 QUEMADORES con ventilador de 4 HP. Manguera con alimentación de 1" con acople rápido hembra y acoples machos (suelos) con esféricas. Manifold con filtro 1", esférica y manómetro con esférica. Mangueras aire con acoples rápidos de 1.1/2" a palanca, mariposas y abrazaderas. Conexiones flexibles para gas de 1/2" con acoples rápidos y esféricas. Quemadores con tubos aire-gas de acero inoxidable 310. Base con visor y cuerpo quemador. Incluye automatización: Con válvula 1335 diám. 3/4", para gas, termocupla K con vaina Inconel 600 diámetro 9,52 x 1200 mm (0-1150 grados centígrados), 10 m. de cable compensado de PVC y gabin. metálico de 200x300x130 mm., montado en el carro, con pirómetro Novus N1200 On-Off, interruptor, fusible, contactor con protección térmica, bornera de conexiones, salida para alarma por alta temperatura c/indicación luminosa.	24,800.00	24,800.00
		Sub Total US\$	24,800.00
		+18% I.G.V.	4,464.00
		TOTAL US\$	29,264.00

Mayor información visite: www.alanper.com

Ficha técnica adjunta.

CONDICIONES

Tiempo de entrega: 8-10 semanas estimado, luego de recibir la orden de compra junto con el adelanto de 50%.	Forma de pago: 50% adelantado junto con la orden de compra y saldo contra entrega. BCP Cta. Cte. US\$ 193-2348107-1-61 Fecha : 26-08-2019
--	--

Atentamente,
Elisa Valladolid.



ANEXO N° 9: Costo de referencia del petróleo residual

LISTA DE PRECIOS DE COMBUSTIBLES CON IMPUESTOS

LISTA COMB-21-2019
VIGENCIA A PARTIR DEL 06.07.2019

PRECIOS CON IMPUESTOS NO INCLUYEN DESCUENTOS Y FISE

PLANTAS	GLP-E SOLES/KG	GLP-G SOLES/KG	GASOLINA SUPER 90 SP	GASOLINA 84 SP	DIESEL B5 UV	DIESEL B5	PETROLEO INDUSTRIAL N° 6	SOLES/GLN PETROLEO INDUSTRIAL 500
TALARA	1.9942	1.8408	11.5593	10.9292	10.6200	11.5522	8.5668	8.5786
PIURA			11.7504	11.2095	10.8088	11.7410		
ETEN			11.9671	11.4262				
SALAVERRY			12.0308	11.4899			8.8913	
CHIMBOTE			12.0181				8.9031	8.9267
SUPE			11.6357	11.2860				8.7379
CALLAO	1.9470	1.7582	11.3171	10.7507				
CONCHAN			11.3044	10.7380			8.3190	8.3190
C. DE PASCO			12.3749	11.8404	11.3870	12.3192		
PISCO			11.7504	11.1586	10.9150	11.8472		8.9031
MOLLEND			12.1200	11.5791			8.9267	8.9385
JULIACA				11.9742				
CUSCO				12.0634				
ILO							8.9385	
EL MLAGRO			11.9926	11.3625	10.9504	11.8826	9.1804	
TARAFOTO			12.2602	11.5536	11.2159	12.1481		

IMPUESTOS APLICADOS A ESTAS PLANTAS

RODAJE % (*)	8%	8%						
ISC (Soles/Galón) (**)	1.2100	1.2700	1.2700	1.7000	1.7000	1.7000	0.9200	1.0000
IGV %	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%	18%

LEY DE PROMOCION DE LA INVERSION EN LA AMAZONIA - N° 27037

PLANTAS	GLP-E SOLES/KG	GLP-G SOLES/KG	GASOLINA SUPER 90 SP	GASOLINA 84 SP	DIESEL B5 UV	DIESEL B5	PETROLEO INDUSTRIAL N° 6
YURIMAGUAS				8.6508	8.4500	9.2400	7.1100
YQUITOS			9.3852	8.4726	7.7800	8.5700	7.2800
PUCALLPA			9.1368		7.7600	8.5500	
PTO. MALDONADO				9.1584			

IMPUESTOS APLICADOS A ESTAS PLANTAS

RODAJE % (*)	8%	8%						
--------------	----	----	--	--	--	--	--	--

GERENCIA CADENA DE SUMINISTRO

REEMPLAZA LISTA COMB-20-2019
DE FECHA : 02.07.2019

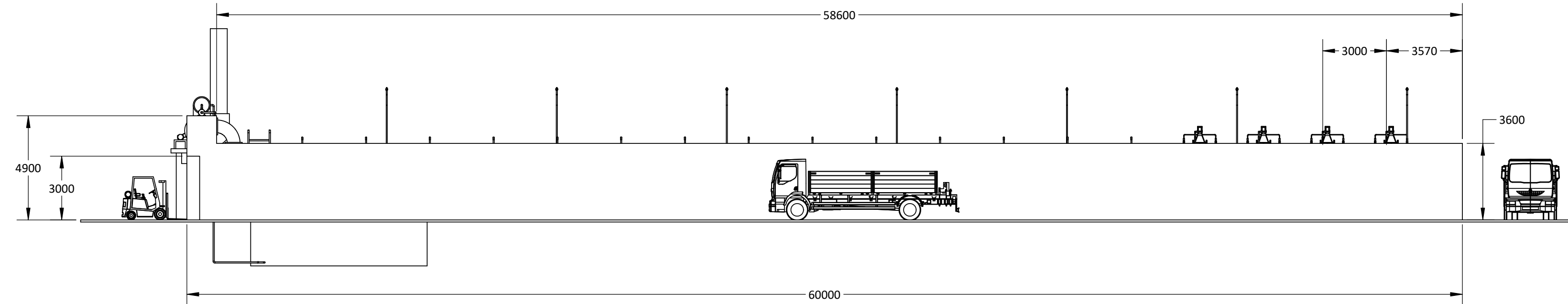
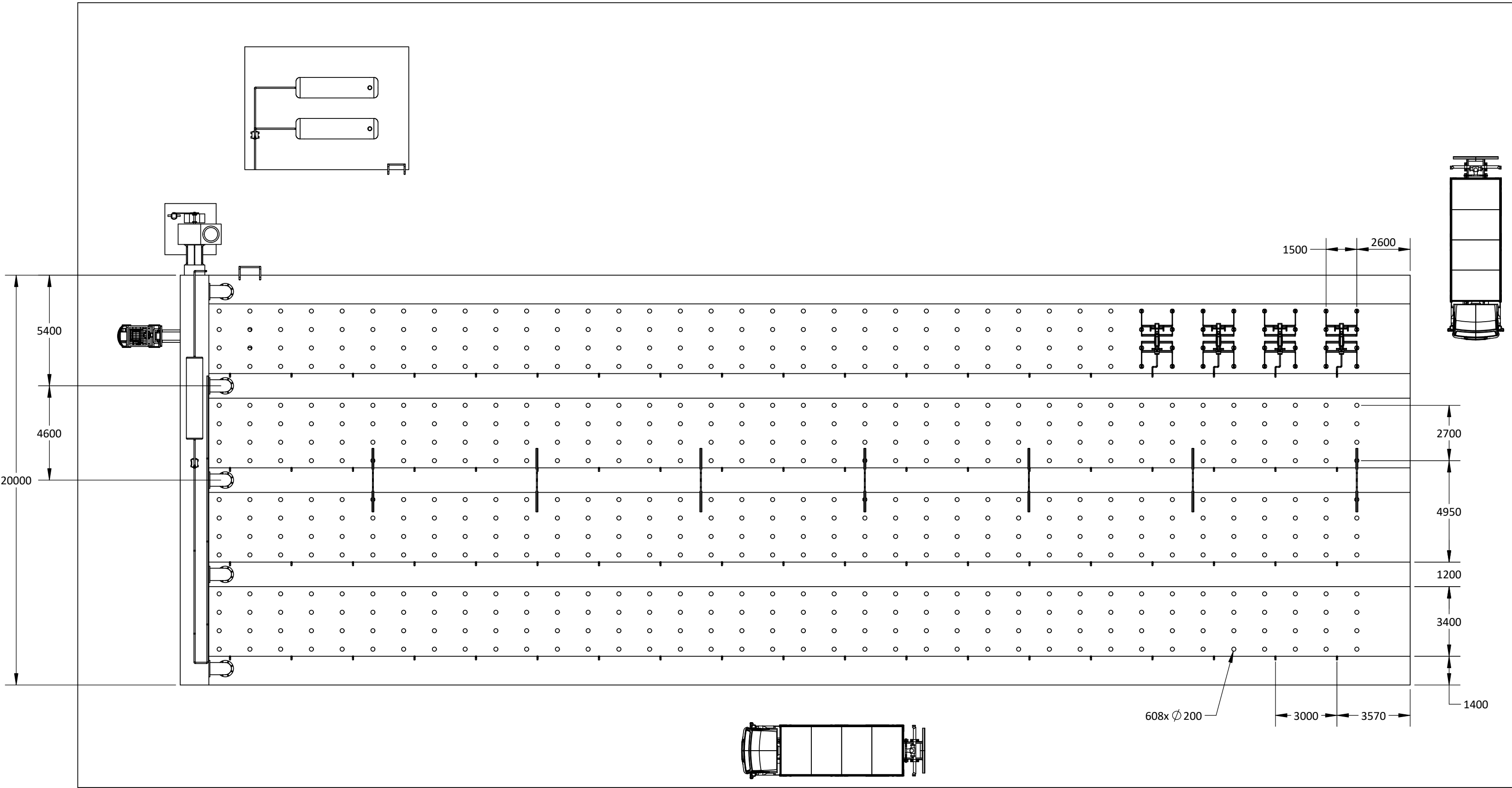
(*) El Impuesto del rodaje se aplica sobre el valor de venta de las gasolinas sin incluir el ISC y el IGV.

(**) Impuesto Selectivo al Consumo en aplicación del D.S. N° 094-2018-EF del 09.05.2018.

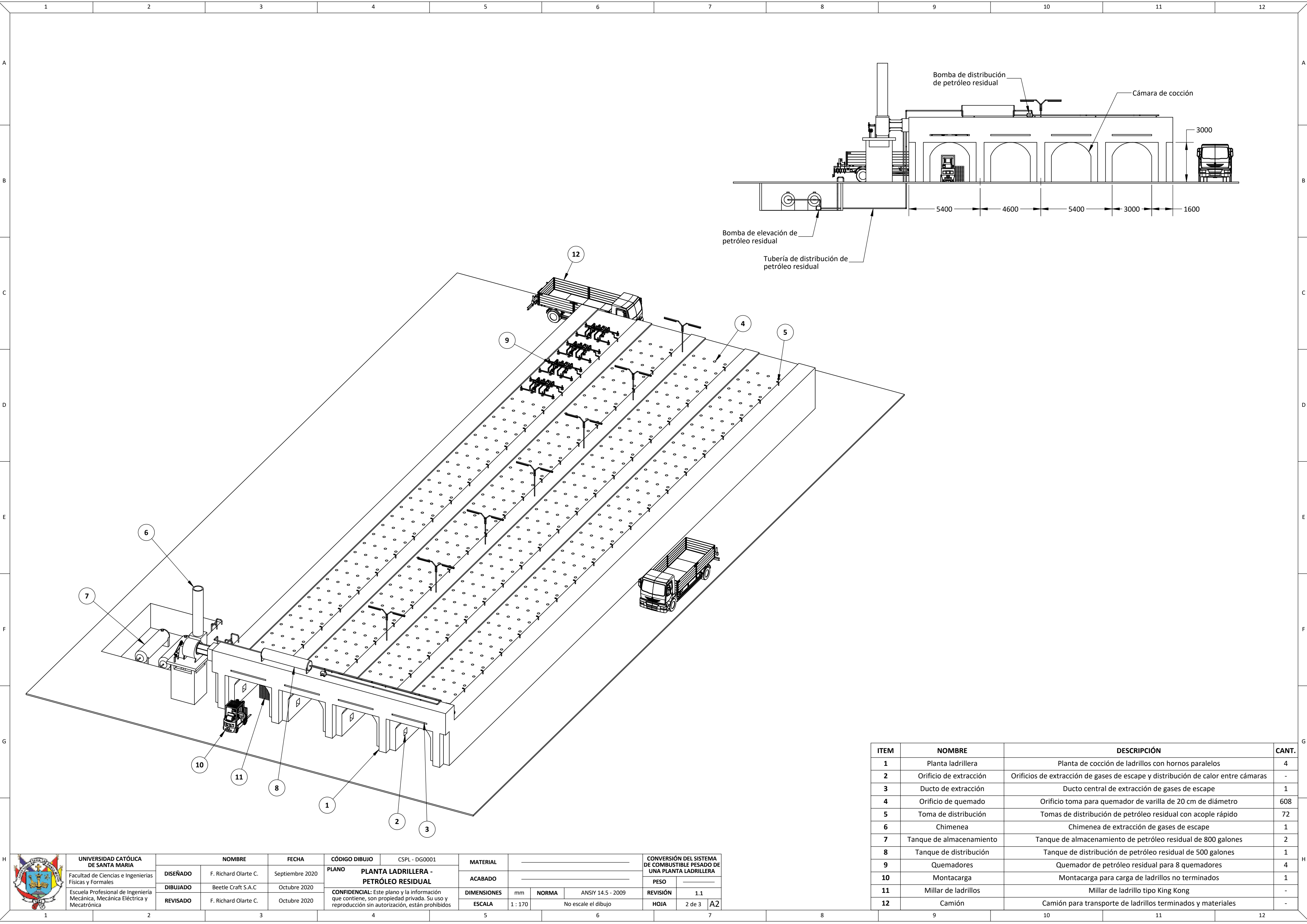
A los precios de lista de los combustibles después de impuestos se le adiciona el FISE en aplicación de la Ley N° 29852, modificada con Ley N° 30114 del 02 de diciembre del 2013 "LEY DE PRESUPUESTO DEL SECTOR PUBLICO PARA EL AÑO FISCAL 2014".



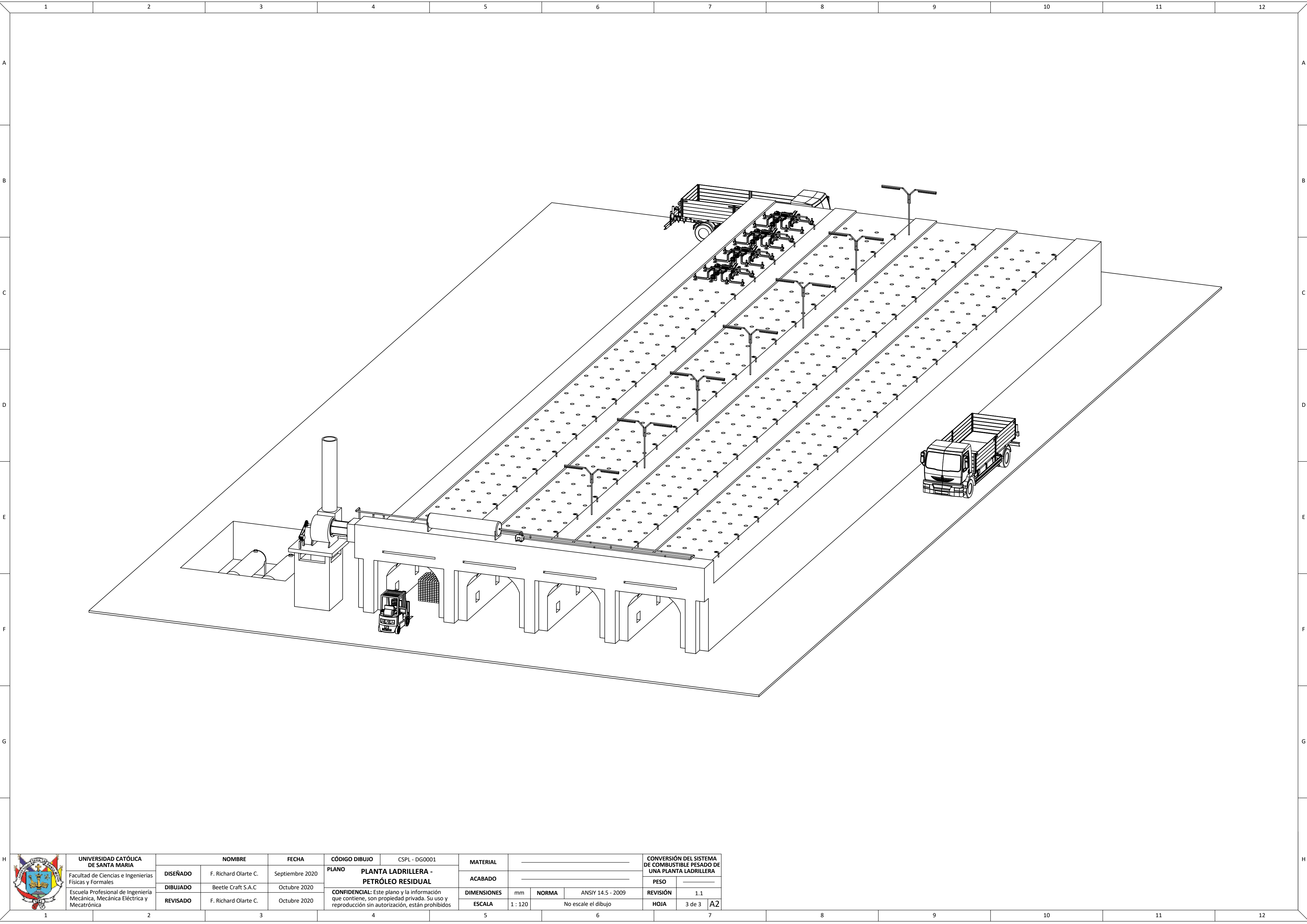
PLANOS



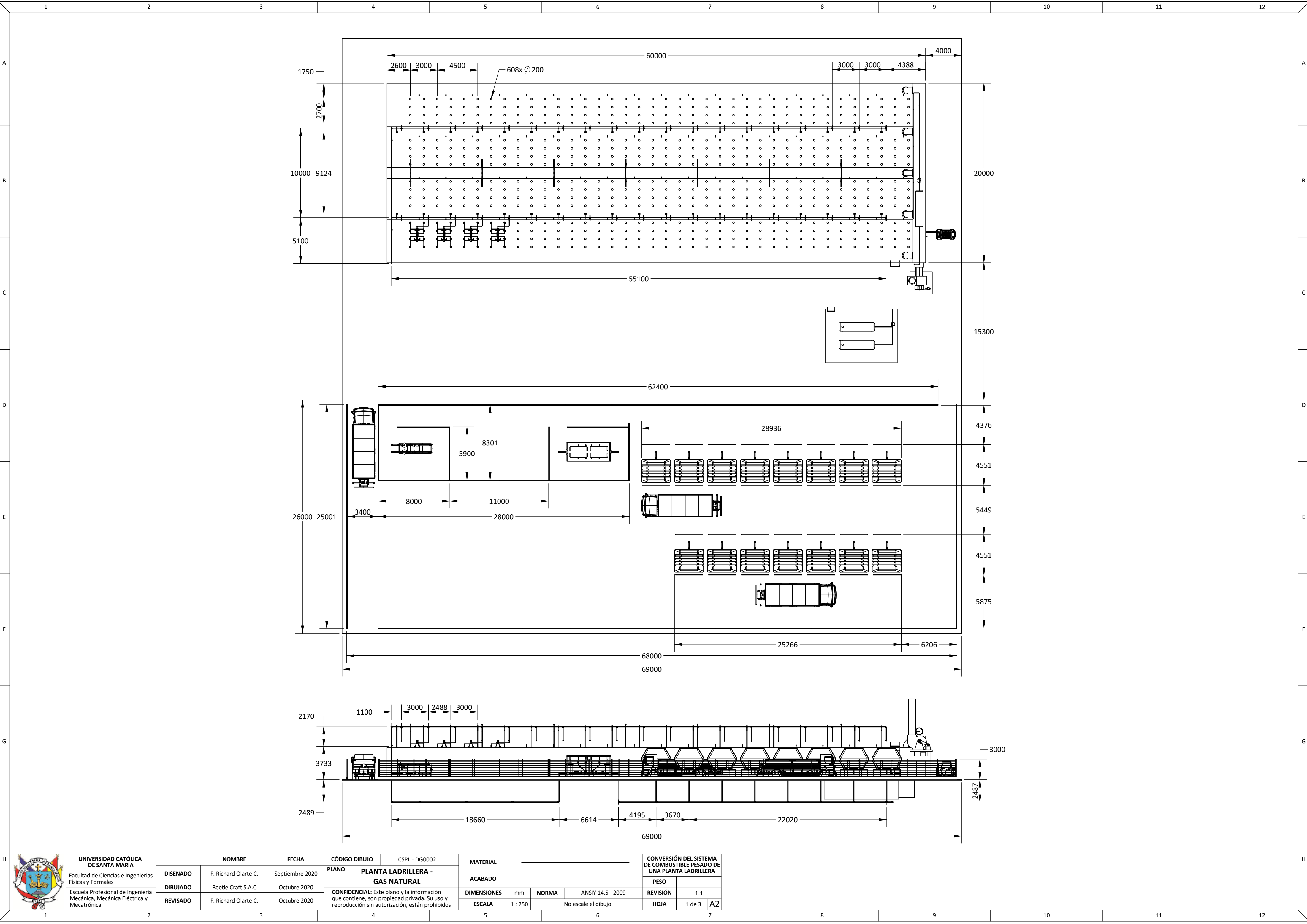
	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA		NOMBRE		FECHA		CÓDIGO DIBUJO		CSPL - DG0001		MATERIAL				CONVERSIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE PESADO DE UNA PLANTA LADRILLERA			
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		DISEÑO	F. Richard Olarte C.	Septiembre 2020		PLANO	PLANTA LADRILLERA - PETRÓLEO RESIDUAL				ACABADO				PESO		
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		DIBUJADO	Beetle Craft S.A.C	Octubre 2020			CONFIDENCIAL: Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos				DIMENSIONES		mm	NORMA	ANSI 14.5 - 2009	REVISIÓN	1.1
			REVISADO	F. Richard Olarte C.	Octubre 2020							ESCALA		1 : 170	No escale el dibujo		HOJA	1 de 3



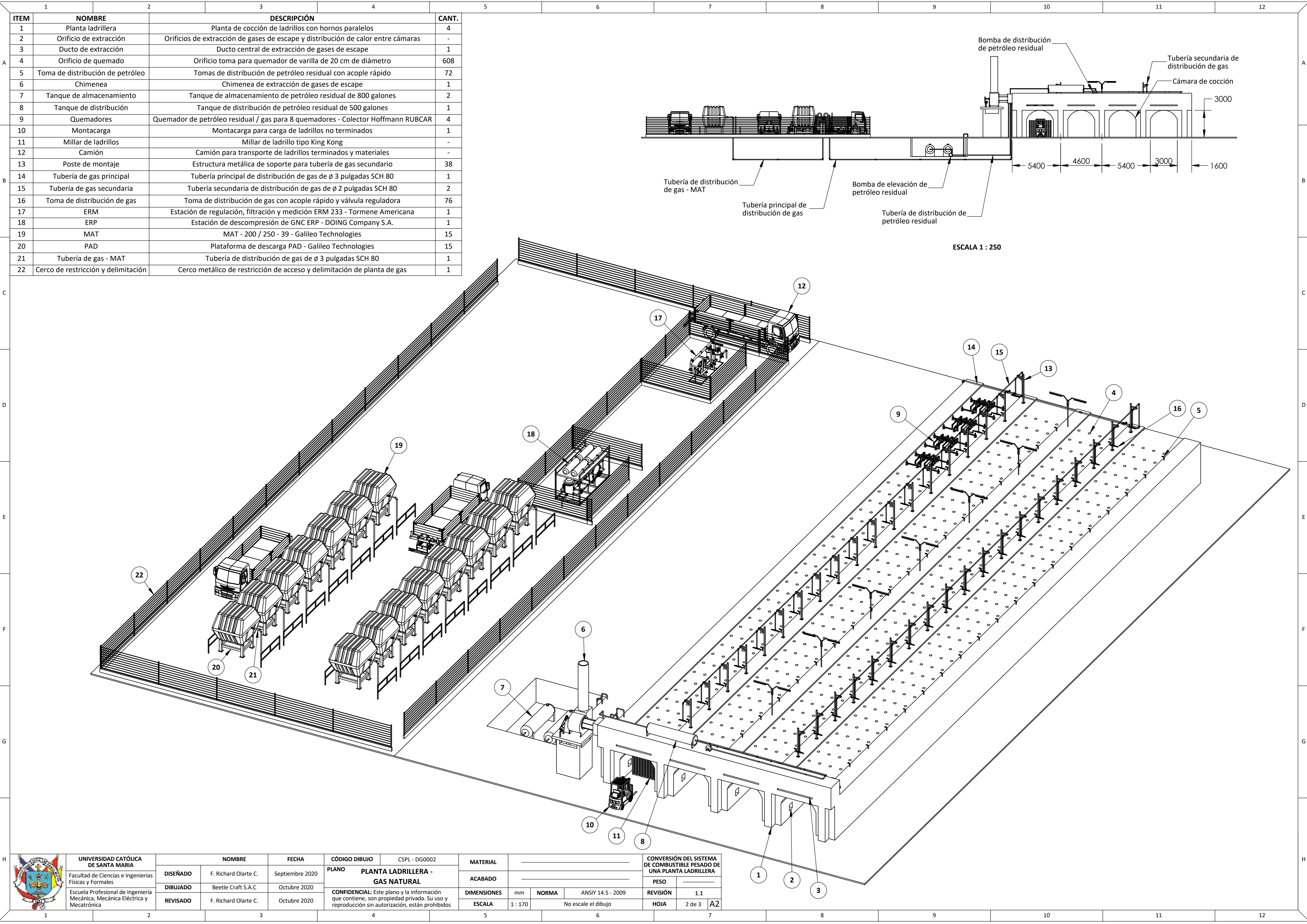
ITEM	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	CANT.
1	Planta ladrillera	Planta de cocción de ladrillos con hornos paralelos	4
2	Orificio de extracción	Orificios de extracción de gases de escape y distribución de calor entre cámaras	-
3	Ducto de extracción	Ducto central de extracción de gases de escape	1
4	Orificio de quemado	Orificio toma para quemador de varilla de 20 cm de diámetro	608
5	Toma de distribución	Tomas de distribución de petróleo residual con acople rápido	72
6	Chimenea	Chimenea de extracción de gases de escape	1
7	Tanque de almacenamiento	Tanque de almacenamiento de petróleo residual de 800 galones	2
8	Tanque de distribución	Tanque de distribución de petróleo residual de 500 galones	1
9	Quemadores	Quemador de petróleo residual para 8 quemadores	4
10	Montacarga	Montacarga para carga de ladrillos no terminados	1
11	Millar de ladrillos	Millar de ladrillo tipo King Kong	-
12	Camión	Camión para transporte de ladrillos terminados y materiales	-



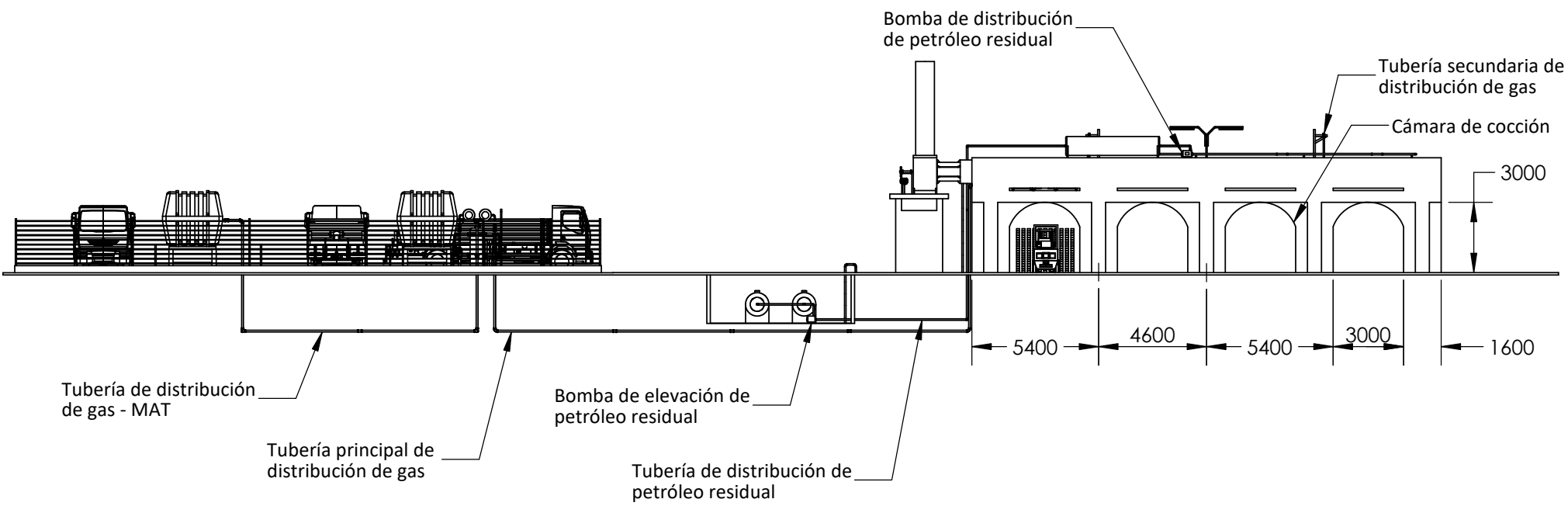
	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA		NOMBRE		FECHA		CÓDIGO DIBUJO		CSPL - DG0001		MATERIAL		CONVERSIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE PESADO DE UNA PLANTA LADRILLERA			
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales		DISEÑADO	F. Richard Olarte C.	Septiembre 2020		PLANO PLANTA LADRILLERA - PETRÓLEO RESIDUAL			ACABADO		PESO				
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		DIBUJADO	Beetle Craft S.A.C	Octubre 2020			CONFIDENCIAL: Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		DIMENSIONES		mm	NORMA	ANSI 14.5 - 2009	REVISIÓN	1.1
			REVISADO	F. Richard Olarte C.	Octubre 2020			ESCALA		1 : 120		No escale el dibujo		HOJA	3 de 3	A2
1		2		3		4		5		6		7				



	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	NOMBRE		FECHA	CÓDIGO DIBUJO	CSPL - DG0002		MATERIAL				CONVERSIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE PESADO DE UNA PLANTA LADRILLERA	
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales	DISEÑO	F. Richard Olarte C.	Septiembre 2020	PLANO		PLANTA LADRILLERA - GAS NATURAL		ACABADO				
	Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	DIBUJADO	Beetle Craft S.A.C	Octubre 2020	CONFIDENCIAL: Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos		DIMENSIONES		mm	NORMA	ANSI 14.5 - 2009	PESO	
		REVISADO	F. Richard Olarte C.	Octubre 2020			ESCALA		1 : 250	No escale el dibujo		REVISIÓN	1.1
											HOJA	1 de 3	A2

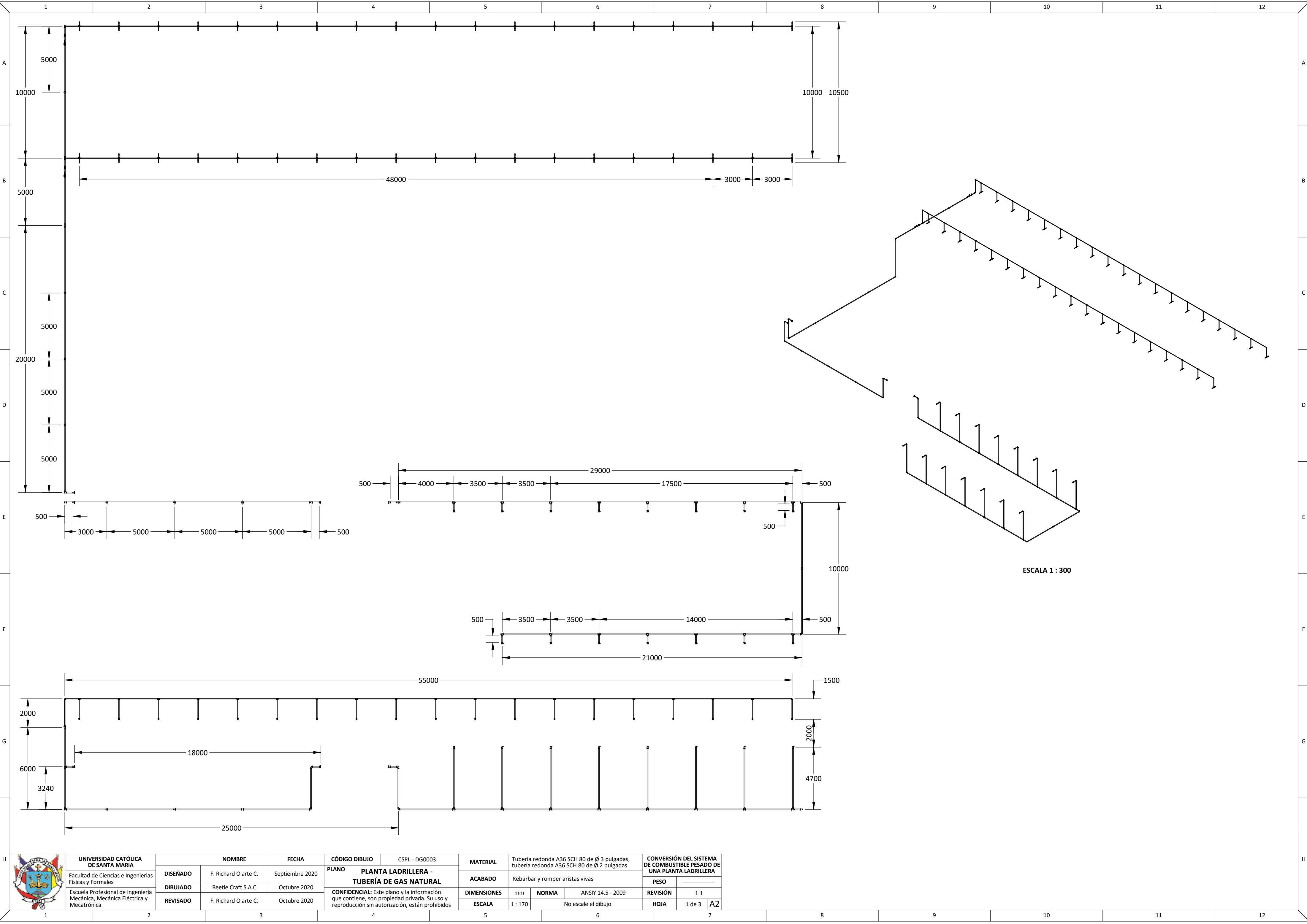


ITEM	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	CANT.
1	Planta ladrillera	Planta de cocción de ladrillos con hornos paralelos	4
2	Orificio de extracción	Orificios de extracción de gases de escape y distribución de calor entre cámaras	-
3	Ducto de extracción	Ducto central de extracción de gases de escape	1
4	Orificio de quemado	Orificio toma para quemador de varilla de 20 cm de diámetro	608
5	Toma de distribución de petróleo	Tomas de distribución de petróleo residual con acople rápido	72
6	Chimenea	Chimenea de extracción de gases de escape	1
7	Tanque de almacenamiento	Tanque de almacenamiento de petróleo residual de 800 galones	2
8	Tanque de distribución	Tanque de distribución de petróleo residual de 500 galones	1
9	Quemadores	Quemador de petróleo residual / gas para 8 quemadores - Colector Hoffmann RUBCAR	4
10	Montacarga	Montacarga para carga de ladrillos no terminados	1
11	Millar de ladrillos	Millar de ladrillo tipo King Kong	-
12	Camión	Camión para transporte de ladrillos terminados y materiales	-
13	Poste de montaje	Estructura metálica de soporte para tubería de gas secundario	38
14	Tubería de gas principal	Tubería principal de distribución de gas de ø 3 pulgadas SCH 80	1
15	Tubería de gas secundaria	Tubería secundaria de distribución de gas de ø 2 pulgadas SCH 80	2
16	Toma de distribución de gas	Toma de distribución de gas con acople rápido y válvula reguladora	76
17	ERM	Estación de regulación, filtración y medición ERM 233 - Tormene Americana	1
18	ERP	Estación de descompresión de GNC ERP - DOING Company S.A.	1
19	MAT	MAT - 200 / 250 - 39 - Galileo Technologies	15
20	PAD	Plataforma de descarga PAD - Galileo Technologies	15
21	Tubería de gas - MAT	Tubería de distribución de gas de ø 3 pulgadas SCH 80	1
22	Cerco de restricción y delimitación	Cerco metálico de restricción de acceso y delimitación de planta de gas	1

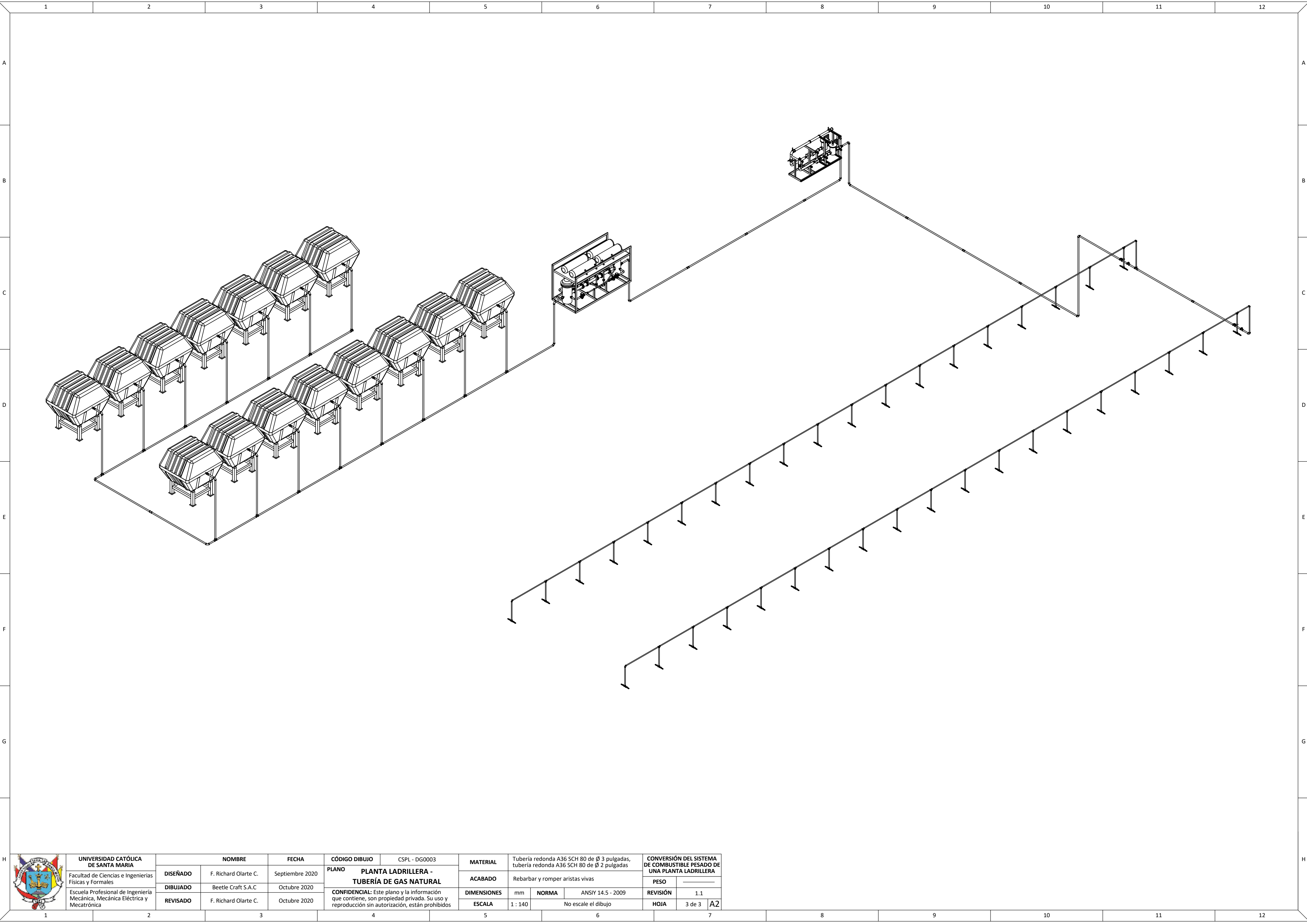


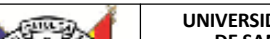
ESCALA 1 : 250

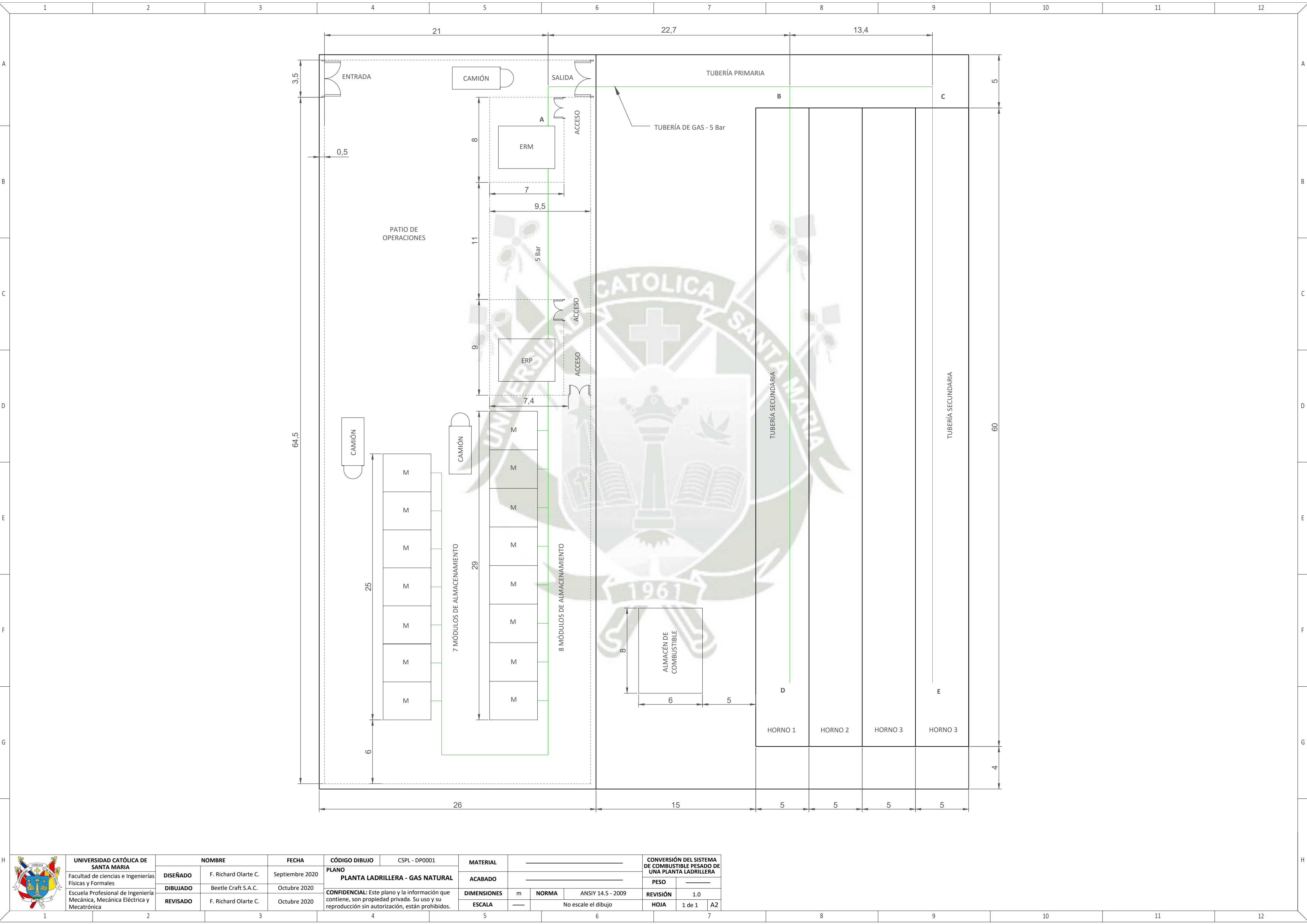
	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA		NOMBRE		FECHA	CÓDIGO DIBUJO	CSPL - DG0002		MATERIAL		_____		CONVERSIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE PESADO DE UNA PLANTA LADRILLERA	
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		DISEÑO	F. Richard Olarte C.	Septiembre 2020	PLANO	PLANTA LADRILLERA - GAS NATURAL		ACABADO		_____			
			DIBUJADO	Beetle Craft S.A.C	Octubre 2020				DIMENSIONES		mm	NORMA	ANSI 14.5 - 2009	
			REVISADO	F. Richard Olarte C.	Octubre 2020				ESCALA		1 : 170	No escale el dibujo		
										PESO		_____		
												REVISIÓN	1.1	
												HOJA	2 de 3	A2



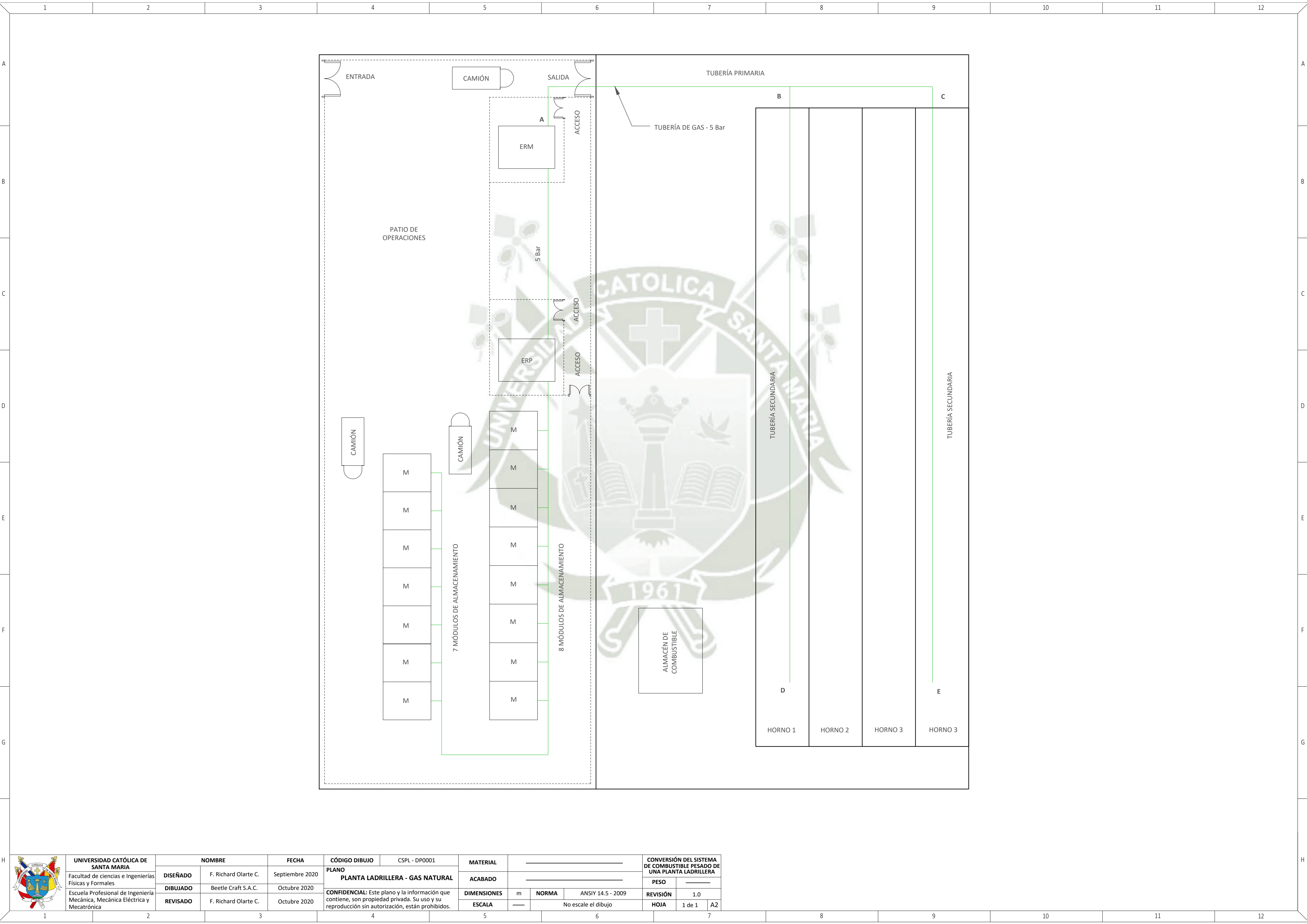
	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA		NOMBRE		FECHA		CÓDIGO DIBUJO	CSPL - DG0003		MATERIAL		Tubería redonda A36 SCH 80 de Ø 3 pulgadas, tubería redonda A36 SCH 80 de Ø 2 pulgadas		CONVERSIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE PESADO DE UNA PLANTA LADRILLERA		
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		DISEÑADO	F. Richard Olarte C.	Septiembre 2020		PLANO PLANTA LADRILLERA - TUBERÍA DE GAS NATURAL CONFIDENCIAL: Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos			ACABADO		Rebarbar y romper aristas vivas		PESO _____		
			DIBUJADO	Beetle Craft S.A.C	Octubre 2020					DIMENSIONES		mm	NORMA	ANSI 14.5 - 2009	REVISIÓN 1.1	
			REVISADO	F. Richard Olarte C.	Octubre 2020					ESCALA		1 : 170	No escale el dibujo		HOJA 1 de 3	
														A2		



	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA		NOMBRE		FECHA		CÓDIGO DIBUJO		CSPL - DG0003		MATERIAL		Tubería redonda A36 SCH 80 de Ø 3 pulgadas, tubería redonda A36 SCH 80 de Ø 2 pulgadas		CONVERSIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE PESADO DE UNA PLANTA LADRILLERA						
	Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		DISEÑO	F. Richard Olarte C.	Septiembre 2020		PLANO		PLANTA LADRILLERA - TUBERÍA DE GAS NATURAL				ACABADO		Rebarbar y romper aristas vivas		PESO	_____			
			DIBUJADO	Beetle Craft S.A.C	Octubre 2020				CONFIDENCIAL: Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y reproducción sin autorización, están prohibidos				DIMENSIONES		mm	NORMA	ANSI 14.5 - 2009		REVISIÓN	1.1	
			REVISADO	F. Richard Olarte C.	Octubre 2020								ESCALA		1 : 140		No escale el dibujo		HOJA	3 de 3	A2



	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA	NOMBRE		FECHA	CÓDIGO DIBUJO	CSPL - DP0001		MATERIAL		_____			CONVERSIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE PESADO DE UNA PLANTA LADRILLERA		
	Facultad de ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	DISEÑO	F. Richard Olarte C.	Septiembre 2020	PLANO		ACABADO		_____						
		DIBUJADO	Beetle Craft S.A.C.	Octubre 2020	CONFIDENCIAL: Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y su reproducción sin autorización, están prohibidos.		DIMENSIONES		m	NORMA	ANSIY 14.5 - 2009		REVISIÓN	1.0	
		REVISADO	F. Richard Olarte C.	Octubre 2020			ESCALA		_____	No escale el dibujo			HOJA	1 de 1 A2	



	UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA Facultad de ciencias e Ingenierías Físicas y Formales Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	NOMBRE		FECHA	CÓDIGO DIBUJO	CSPL - DP0001		MATERIAL		CONVERSIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE PESADO DE UNA PLANTA LADRILLERA				
		DISEÑO	F. Richard Olarte C.	Septiembre 2020	PLANO PLANTA LADRILLERA - GAS NATURAL CONFIDENCIAL: Este plano y la información que contiene, son propiedad privada. Su uso y su reproducción sin autorización, están prohibidos.	ACABADO		PESO						
						DIMENSIONES	m	NORMA	ANSIY 14.5 - 2009	REVISIÓN	1.0			
												ESCALA	—	No escale el dibujo