

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIDAD DE INGENIERIA MECATRÓNICA**



**CONVERSIÓN A GAS NATURAL DEL SISTEMA
DE CALCINACIÓN DE UN HORNO QUE
UTILIZA COMO COMBUSTIBLE CARBÓN
MINERAL Y PETRÓLEO EN UNA PLANTA DE
CEMENTO**

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECATRÓNICO**

RODOLFO NICOLAS GUTIERREZ DELGADO

PROMOCIÓN 2004-I

LIMA - PERÚ

Dedicado a Mis padres,

Rudy B. Gutiérrez Alarcón y Gloria Albertina Delgado Pacheco.

A mi Alma Compañera, Yanina Morales; a mis hermosos y amados hijos,

Franco Paolo y Shanti Camila.

CONTENIDO

PROLOGO	1
1 INTRODUCCIÓN	4
1.1 Antecedentes.....	4
1.2 Objetivos.....	6
1.3 Definiciones.....	6
1.4 Alcances y Limitaciones del Informe.....	12
1.5 Justificación.....	13
2 ESTADO SITUACIONAL INICIAL DEL SISTEMA DE CALCINACIÓN	16
2.1 Consideraciones de Demanda de Producción.....	16
2.1.1 Participación de la Producción en el Mercado Nacional.....	16
2.1.2 Clinkerización y Producción del Horno.....	17
2.2 La Torre PreCalentadora.....	19
2.3 El Horno Rotatorio Coolax.....	20
2.4 El Quemador Swirlax.....	22
2.5 Sistema de Calcinación con Petróleo.....	24
2.5.1 El Thermopack.....	25
2.5.2 Lanza de Petróleo TSFM.....	26
2.6 Sistema de Calcinación con Carbón.....	27
2.6.1 Sistema de Pulverización de Carbón.....	27
2.6.2 Bombas de transporte de Carbón.....	28
3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CALCINACIÓN PROPUESTO	31
3.1 El Gas Natural.....	31
3.1.1 Definición.....	31

3.1.1.1	Composición del Gas Natural.....	32
3.1.1.2	Propiedades y Características.....	33
3.1.1.3	Ventajas del Uso del Gas Natural.....	34
3.1.1.3.1	Ventajas Ambientales.....	34
3.1.1.3.2	Ventajas Operacionales.....	35
3.1.1.3.3	Ventajas Económicas.....	37
3.2	Suministro de Gas Natural a la Planta.....	38
3.2.1	Antecedentes.....	38
3.2.2	Detalle del Suministro.....	38
3.2.3	Detalle de la Inversión.....	40
3.3	Sistema de Tren de Válvulas de Reducción de Presión.....	41
3.3.1	Válvulas ON/OFF.....	42
3.3.2	Filtro.....	42
3.3.3	Indicador de Diferencial de Presión.....	43
3.3.4	Sensor de Proximidad.....	44
3.3.5	Sensor de temperatura.....	45
3.3.6	Sensor de Presión.....	47
3.3.7	Sensor de Flujo.....	48
3.3.8	Válvula de Regulación Principal.....	51
3.3.8.1	Válvula de Seguridad.....	56
3.3.9	Convertidor I/P.....	58
3.3.10	Válvula de Alivio.....	60
3.3.11	Indicador de Fuga.....	61
3.3.12	Válvulas Reguladoras Secundarias.....	62
3.4	Sistema de Premezclado.....	65
3.4.1	Acondicionamiento del Gas.....	66
3.4.2	Acondicionamiento del Aire.....	67
3.5	Sistema de Cierre Rápido.....	67
3.6	El Quemador Duoflex	68

4	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CALCINACIÓN PROPUESTO.....	74
4.1	Procedimientos del Encendido.....	74
4.1.1	Condiciones Preliminares.....	74
4.1.2	Entrada del Horno.....	75
4.1.3	Gas en Quemador Principal del Horno II.....	76
4.2	Sistema de Control del Quemador.....	77
4.2.1	Pantalla de Objetos en el Look-out.....	80
4.3	Consideraciones para la Seguridad.....	83
4.3.1	Consideraciones Básicas y Específicas.....	83
4.3.1.1	Identificación de Riesgos.....	84
4.3.1.2	Aspectos Ambientales de la Emergencia.....	84
4.3.2	Descripción de Instrucciones.....	84
5	RESULTADO DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	86
5.1	Performance del Proceso con el Nuevo Sistema.....	86
5.1.1	Gases Liberados durante la combustión.....	87
5.1.2	Cálculo de Consumos Energéticos Específicos.....	89
5.2	Beneficios Operacionales.....	90
5.3	Beneficios Ambientales.....	91
5.3.1	Reducción de las Emisiones.....	92
5.3.2	Bonos de Carbono.....	92
6	EVALUACIÓN ECONÓMICA	96
6.1	Beneficios Económicos.....	96
	CONCLUSIONES.....	99
	BIBLIOGRAFÍA	
	PLANOS	
	APÉNDICE	

PROLOGO

La experiencia de formar parte de una de las empresas líderes en la fabricación de cemento, me ha permitido adquirir una visión amplia de la importancia de la integración de diversas ramas de la ingeniería como la mecánica, electrónica y el control de procesos. Esta integración está siendo demostrada en las innovaciones que la compañía, Cementos Lima S.A., ha realizado en la adaptación de su Sistema de Calcinación, que usaba principalmente carbón y petróleo, a un sistema basado en Gas Natural, lo cual optimiza considerablemente la productividad y el impacto ambiental de las operaciones.

La necesidad de utilizar gas natural en el Sistema de Calcinación se hizo mayor al elevarse los costos del carbón y petróleo, que eran los principales combustibles en el proceso productivo, conjuntamente con la oportunidad de aprovechar el suministro de gas natural de Camisea y minimizar el impacto ambiental de los gases producto de la combustión.

Dada la importancia del cemento como base de la industria de la construcción y siendo esta una de las principales actividades productivas del País, y asimismo considerando la maquinaria y tecnología especializada que se requiere en su proceso productivo, he decidido desarrollar este trabajo de manera que pueda mostrar la

sinergia e integración de las tecnologías mecánicas, electrónicas y del control de procesos en la implementación del Sistema de Calcinación para usar Gas Natural como combustible principal en reemplazo del carbón mineral y petróleo en una de las principales Plantas Cementeras del Perú .

En el primer capítulo presentamos la introducción del presente informe en el cual se detallan los antecedentes de la empresa, la justificación, el objetivo, las definiciones y los alcances y limitaciones del informe.

En el segundo capítulo veremos el Estado Situacional Inicial del Sistema de Calcinación de clinker antes de realizarse la modificación. Se describirán las condiciones y necesidades de la Demanda de Producción que son las que han generado la necesidad de optimizar el Sistema de Calcinación. Se describirán el Sistema de calcinación en la Torre de Pre calentamiento así como el Sistema de Calcinación del Horno Rotario, el Quemador Swirlax de diseño Flsmith. Conjuntamente se describirá el Sistema de Alimentación de Carbón y de Petróleo para los calcinadores de Carbón y Petróleo de la Torre Pre-calentadora y del Quemador Principal.

En el tercer capítulo describiremos el Sistema de Calcinación Propuesto para la optimización del Sistema de Calcinación Inicial, en el cual ahora se usará Gas Natural como combustible principal. Para tal efecto haremos mención al suministro de Gas Natural a la Planta de Producción de Atocongo y se describirán en detalle los

Sistemas de Regulación de Presión, Premezclado, Sistema de Cierre Rápido de Gas y Quemador Duoflex DBC, patente de diseño Flsmith.

En el cuarto capítulo mostraremos la Implementación del Sistema de Calcinación a Gas Natural en el Horno principal en detalle y una mención a los sistemas ubicados en la Torre Precalentadora, los cuales son similares al descrito en el principal. Se mostrará el Sistema de Control y de Interface con el Sistema de Operación de la planta para el óptimo desempeño del Sistema de Calcinación Instalado. Asimismo, dada la criticidad de la operación, procedimiento de encendido detallaremos las consideraciones necesarias para la prevención de los riesgos.

En el quinto capítulo se describirán los resultados de la Implementación del nuevo sistema. Se describirán los beneficios operativos y los beneficios ambientales de la performance con el sistema en funcionamiento.

En el sexto capítulo describiremos la evaluación económica en donde se detalla la inversión de la compañía en la adquisición, implementación y puesta en marcha del nuevo sistema y el análisis del Flujo de Caja.

Finalmente, se muestran las conclusiones, bibliografía, planos y apéndices necesarios para la adecuada presentación y justificación de este presente informe.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La empresa Cementos Lima S.A. es la empresa líder en el mercado cementero nacional dedicado a la producción y comercialización de cemento, ejerciendo una posición de liderazgo en el mercado local al participar con el 40% de las ventas nacionales, abasteciendo a los mercados de Lima y la zona central del país.

La planta de Atocongo de Cementos Lima tiene actualmente la capacidad de producir 4.5 millones de TM de cemento al año y 3.6 millones de TM de clinker al año, suficiente para cubrir la demanda total de cemento a nivel nacional.

El desarrollo de las operaciones de Cementos Lima se basa en dos lineamientos estratégicos principales:

El primer objetivo estratégico de la empresa esta relacionado con la expansión de sus operaciones, tanto dentro, como fuera del mercado nacional, buscando siempre ser la organización líder en el mercado nacional y ocupar una posición competitiva a nivel mundial.

El segundo objetivo estratégico, se refiere al control y reducción de costos, dirigido a mejorar la eficiencia productiva, a disminuir las paradas de planta y a mantener el menor costo de combustible posible.

Para el logro de esos objetivos, la empresa desarrolla importantes proyectos de inversión, vinculados principalmente a la ampliación de la capacidad de producción de planta, al uso de combustibles alternativos, a la implementación de nuevos procesos productivos, a mejoras en los medios de transporte, entre otros factores.

El importante crecimiento que viene mostrando el sector construcción en los últimos 5 años, al igual que el comportamiento del PBI global, se muestra interrumpido y se refleja en un continuo aumento en el volumen de ventas de cemento y por ende de los ingresos de la empresa. que se traduce en un importante crecimiento del resultado neto (durante el primer trimestre del 2007, Cementos Lima obtuvo una utilidad neta ascendente a S/. 41.1 millones, superior en 21.5% a la utilidad obtenida en el mismo periodo del 2006).

Ello le permite generar economías de gran escala dada su capacidad instalada y los diferentes procesos relacionados con la eficiencia operativa implementados (mezcla de combustibles, ajustes en la programación, administración de inventarios, control de gastos operativos), lo que se está reflejando en un crecimiento del resultado operativo y en la posibilidad económica de realizar proyectos de optimización de su proceso productivo.

1.2 Objetivo

El objetivo del presente informe es describir la tecnología necesaria y la implementación de la misma para la conversión a gas natural como combustible principal del Sistema de Calcinación del quemador principal del Horno Rotatorio de la Línea II de la planta de Cementos Lima S.A., el cual incidirá directamente en la operabilidad de la proceso de calcinación, el impacto ambiental producto de los gases de combustión mediante la disminución de las emisiones de los gases de efecto invernadero y la productividad de la empresa.

1.3 Definiciones

1.3.1 Crudo.-

El crudo es la caliza debidamente molida y homogeneizada, la cual, por sus características de fineza y composición química, se encuentran lista para ser alimentada a los hornos y producir clinker.

1.3.2 Clinker.-

El clinker es el producto formado a través de la cocción o sinterización del crudo en el horno de calcinación.

1.3.3 Cemento.-

El cemento es un material pulverizado que por adición de una cantidad conveniente de agua forma una pasta conglomerante capaz de endurecer, tanto bajo el agua como bajo el aire.

1.3.4 Carbón.-

El carbón es un combustible sólido que se componen principalmente de partes orgánicas y minerales. A los componentes orgánicos pertenecen el Carbono, Hidrógeno, Oxígeno y el Nitrógeno. Mientras que la parte mineral corresponden el azufre y las cenizas. Existen varias clasificaciones de los carbones según su rango de contenido de carbono, volatilidad, poder calorífico.

1.3.4.1 Carbón Antracítico.-

Es el carbón mineral de más alto rango y el que presenta el mayor contenido en carbono. Sin embargo, su poder calorífico (Sup.5.984 Kcal/Kg) es, en general, inferior al de los carbones bituminosos (Sup. 7.538 KcalKg) debido a su bajo contenido de material volátil. La antracita presenta una ignición dificultosa pero arde dando una llama azul corta y sin apenas humos. La antracita presenta una mayor dureza, densidad y brillo que el carbón bituminoso.

1.3.4.2 Carbón Bituminoso.-

Es un carbón mineral denso de color negro o marrón oscuro, relativamente duro, se clasifican de acuerdo a su humedad, contenido volátil, etc. Los carbones con alto contenido de volátiles pueden ser fáciles de encender pero no tan baratos como los carbones menos volátiles, y estos a su vez pueden resultar más difíciles de encender pero contendrán más energía por unidad de volumen.

1.3.5 Proceso de Obtención de Clinker y Cemento.-

El proceso de producción de la Planta empieza primeramente por la extracción de material de la cantera de Atocongo, posteriormente sigue el proceso de reducción de su tamaño y homogenización, prosigue con la Calcinación para la obtención del Clinker, posteriormente esta el proceso de Obtención del Cemento y el proceso final de Envasado y despacho del Cemento.

1.3.5.1 Extracción de la Caliza en la Cantera de Atocongo.-

En las canteras de Atocongo se extrae diariamente 34,000 toneladas de roca, de las cuales 18,000 son de caliza apta para el proceso y 16,000 de material estéril que cubre parte del yacimiento. Esta extracción se realiza inicialmente por voladura secuencial, para lograr una mayor eficiencia, y se prosigue con las operaciones de carguío y acarreo del material hacia la Chancadora Primaria.

1.3.5.2 Reducción del Tamaño de la Caliza y su Homogenización.-

La caliza extraída de la cantera es llevada a la Chancadora Primaria, de tipo “Cono”, la cual tritura la piedra caliza por presión reduciendo su tamaño desde un máximo de 1.50 metros, hasta un mínimo de 25 centímetros, depositándola en una Cancha de Almacenamiento que tiene una capacidad de 200,000 toneladas. Su capacidad de producción es de 1,600 toneladas por hora.

De la Cancha de Almacenamiento del Chancado Primario la caliza es transportada, dosificada según su ley, a las Chancadoras Secundarias Hischmann y Pennsylvania donde se reduce su tamaño de 25 centímetros a un máximo de 19

milímetros para el caso de molienda posterior en molino de bolas, o a un máximo de 50 milímetros para el caso de molienda posterior en Prensa de Rodillos. La capacidad de estas dos unidades es de 600 toneladas por hora y 1,200 toneladas por hora.

Las Zarandas que existen en este circuito se encargan de separar la caliza menor de 19 milímetros o 50 milímetros, según sea el caso, para enviarla a la Cancha de Pre-Homogeneización y los tamaños más gruesos regresan a las Chancadoras Secundarias para terminar su proceso.

La Cancha de Pre-Homogeneización es del tipo “circular” de 108 metros de diámetro y tiene una capacidad de 110,000 toneladas de almacenamiento al día y una capacidad de entrega de 700 toneladas por hora. Su funcionamiento es automático. La caliza es depositada en capas sucesivas horizontales por medio de una faja telescópica apiladora que recorre un ángulo prefijado. Una vez conseguida la altura necesaria de una ruma se pasa a preparar otra. Mientras tanto, la ruma anterior es recuperada en forma perpendicular a su apilamiento, originándose un efecto de mezcla uniforme. De allí la caliza es trasladada mediante fajas a los silos de alimentación del molino de crudo.

En la molienda de crudo se realiza la última reducción del tamaño de la caliza a un estado pulverulento. Para este proceso se cuenta con dos equipos de diferente tecnología, un Molino de Crudo (cuyos cuerpos moledores son bolas de acero de diferente diámetro, donde la molienda se efectúa por atrición, con un consumo de

energía de 5.5 MW por hora) y la Prensa de Rodillos (cuyos cuerpos moledores son rodillos de 2 metros de diámetro, donde la molienda se efectúa por compresión, con un consumo de energía de 3.6 MW por hora). Al pulverizarse la caliza, se obtiene un producto llamado “crudo” el cual es conducido por medio de fajas transportadoras a los Silos de Homogeneización Continua, donde se mezcla la caliza con el objeto de obtener un crudo lo más uniforme posible.ç

1.3.5.3 Obtención del Clínker.-

El clínker se obtiene haciendo pasar el crudo por cualquiera de las dos líneas de calcinación, las cuales cuentan, cada una, con un Edificio Pre-calentador, un Horno y un Enfriador; equipos por donde pasará el crudo, uno tras otro, para transformarse finalmente en clínker.

Las Torres Pre-calentadoras son edificios que cuentan con una Torre de Ciclones, ubicados uno encima del otro. El crudo homogeneizado se alimenta por el extremo superior de este Pre-calentador, pasando a través de los ciclones donde se calienta por acción de los gases generados en el quemador del horno, iniciándose de este manera el proceso de descarbonatación y transformación Termo-químico del crudo.

El crudo descarbonatado ingresa a los hornos y por efecto del calor generado por la combustión en un cañón quemador situado en el extremo de salida, sufre transformaciones físicas y químicas, llegando a obtenerse el producto llamado clínker a temperaturas del orden de los 1400 a 1450° C. Los Hornos Rotatorios de

Calcinación I y II son tubos de acero de 5.20 y 5.25 metros de diámetro y de 83 y 85 metros de largo, con una pendiente de 3 % y giran a una velocidad de hasta 4.5 RPM. Los Hornos I y II están revestidos interiormente por ladrillos refractarios para proteger el tubo acero estructural, y disminuir la pérdida de calor, y tienen una capacidad de 4,000 y 7,500 toneladas día de clínker respectivamente.

El clínker descargado por los hornos pasa a los enfriadores de parrillas. Estos constan de varias superficies escalonadas compuestas por placas de acero refractario fijas y móviles alternadas, con unos pequeños orificios por donde pasa el aire que es insuflado por la parte inferior por la acción de ventiladores con el objeto de enfriar el clínker de aproximadamente 1,400°C hasta alrededor de 180°C. En la parte final de estas unidades se encuentran instaladas trituradoras de rodillos accionadas por motores hidráulicos las cuales se usan para reducir el tamaño del clínker a un máximo de 5 centímetros.

1.3.5.4 Obtención del Cemento.-

El clínker que sale de los enfriadores es transportado a una cancha de almacenamiento donde termina su proceso de enfriamiento para ser posteriormente alimentado a los conjuntamente con yeso a los Molinos de Bolas de Cemento o a las Prensas de Rodillos de Cemento. La molienda conjunta del clínker con yeso constituye el Cemento Portland, adicionándose yeso en aproximadamente 3.8 %.

1.4 Alcances Y Limitaciones Del Informe

El alcance del presente informe hace referencia al Sistema de Calcinación del Quemador Principal del Horno II, indicando que se tienen existentes en la planta cinco Sistemas de Calcinación: dos Sistemas en los Quemadores principales de los Hornos I y II respectivamente, dos sistemas en los precalentadores de la Línea II y un Sistema en el precalentador de la Línea I. Se hace referencia a este sistema, ya que es el mas significativo e importante por que en este Horno se obtienen aproximadamente 7500 TN/Dia de clinker, que representa el 70% de la producción.

El sistema de control externo del sistema de calcinación del quemador principal esta basado en un control ON-OFF por parte de la Empresa ya que el Sistema de control y autorregulación del Sistema de Calcinación es reservado por el fabricante Flsmith. Por tal motivo detallaremos en esta parte solo el sistema de control ON-OFF y la integración de este Sistema al Sistema de Control Distribuido de la Planta.

En relación al detalle del Suministro de gas natural este fue un proyecto “llave en mano” desarrollado por GNLC (Gas Natural de Lima y Callao) en donde se detallaran los alcances de la obra de forma genérica mas no los detalles específicos por ser de carácter reservado.

1.5 Justificación

La Planta de Atocongo, por diseño implica un alto consumo de combustibles fósiles con el poder calorífico y rendimiento necesario a fin de lograr la transformación físico-química del crudo en el horno y poder mantener la producción de clinker a fin de satisfacer a sus clientes.

El Perú es un país deficitario, del total de Diesel 2 que se comercializa a nivel nacional, el 27% es Diesel importado, 48% se produce a partir de petróleo importado y el 25% restante se produce a partir del petróleo nacional. Es decir, las tres cuartas partes del Diesel 2 que se consume, es importado.

Esta dependencia que existe a nivel de los hidrocarburos genera que los factores que afectan al mercado mundial tengan influencia en el mercado nacional y por ende en los consumidores directos, entre los que se encuentra Cementos Lima S.A.

El encarecimiento de los precios de los combustibles fósiles y el carbón ha tenido una influencia directa en los costos de producción, lo que a su vez ha generado las políticas necesarias a fin de optimizar el proceso de producción y reducir el impacto ambiental debido al proceso productivo.

Si analizamos la Balanza Comercial de Hidrocarburos hasta el 2006, se observa que es negativa, según se aprecia en la figura siguiente.

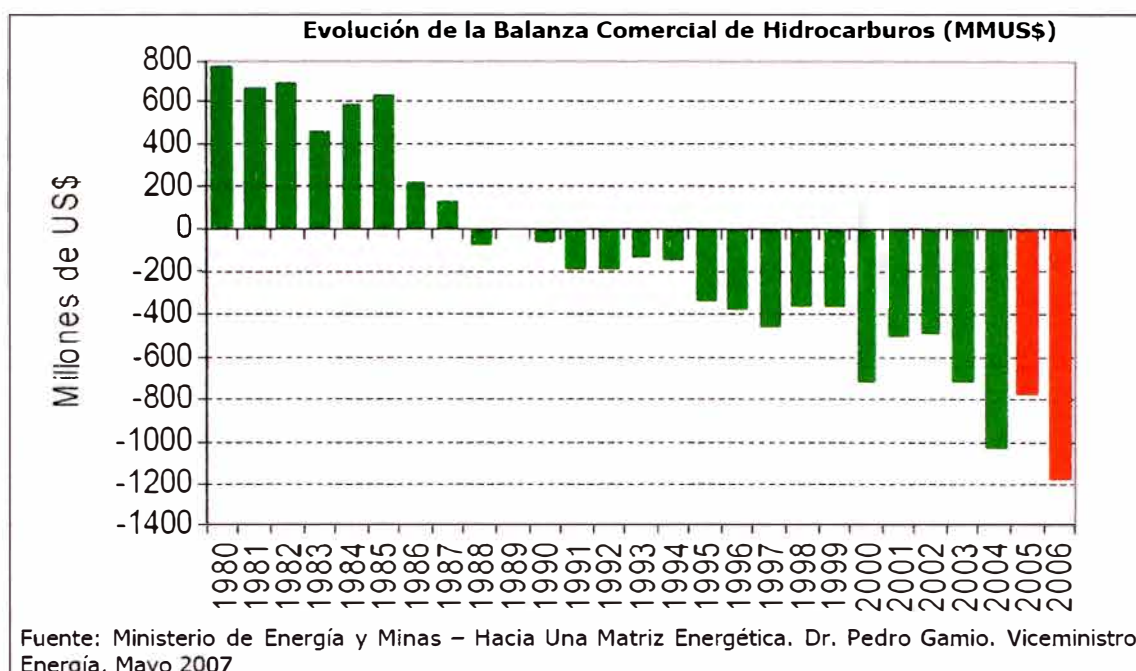


Figura – 1.1 –Balanza Comercial

Por lo mostrado anteriormente, la empresa desea un cambio en su matriz energética reduciendo la participación que representa el petróleo y el carbón principalmente, en reemplazo del gas natural.

El objetivo es reducir la dependencia que existe sobre los hidrocarburos que se importan y consumir lo que poseemos, en especial el gas natural por sus ventajas operativas y económicas.

Asimismo, Cementos Lima S.A. planea obtener ingresos adicionales por la venta de la reducción de emisiones a alguna compañía o país que tenga obligaciones de reducir emisiones mediante el registro y certificación de este proyecto bajo los compromisos establecidos en el Protocolo de Kyoto.

Cementos Lima S.A. estima una reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el primer periodo de certificación, 7 años, de 3,029,333 toneladas de CO₂ , dando un margen de utilidad neta por la venta de los bonos de carbono de \$22.1 millones de dólares.

CAPITULO II

ESTADO SITUACIONAL INICIAL DEL SISTEMA DE CALCINACIÓN

2.1 Consideraciones de Demanda de Producción

2.1.1 Participación de la Producción en el Mercado Nacional

La planta de Atocongo de cementos Lima tiene actualmente la capacidad de producir 4.5 millones de TM de cemento al año y 3.6 millones de TM de clinker al año con sus dos líneas de producción, suficiente para cubrir la demanda total de cemento a nivel nacional sin ningún inconveniente por los próximos 3 o 4 años.

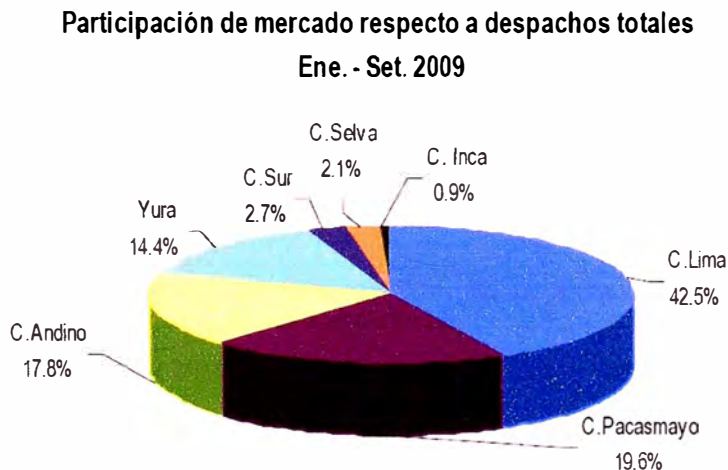


Figura 2.1 – Participación de la empresa en el Mercado Nacional

La participación de Cementos Lima S.A. en el mercado peruano, en relación a las demás compañías cementeras en el Perú es del 42.5% del Mercado Nacional, las cuales en conjunto pueden producir 10.0 millones de TM de cemento año, superior a lo requerido en el País (7.5 millones de TM en el ejercicio 2009).

Cementos lima S.A. continua teniendo la mayor participación del mercado (42.5% a setiembre del 2009) y esto se da en gran medida por la importante ventaja, frente a los demás productores, en cuanto a la ubicación de la planta, la cual se encuentra en lima, que es donde se desarrolla la mayor cantidad de proyectos de construcción.

En los próximos años se presentara una mayor competencia en el mercado cementero, pues se esperan inversiones en el sector de hasta \$ 1,145 millones, cifra que incluye la posibilidad de construcción de tres nuevas plantas, lo que implica mantener márgenes operativos y de rendimientos buenos de forma que la demanda de producción sea satisfecha, a pesar de la competencia externa e interna presente.

2.1.2 Clinkerizacion y Producción del Horno

El proceso de clinkerización en la industria del cemento es el mayor consumidor de energía tanto térmica como eléctrica, representando el costo de la energía más del 40% del costo de fabricación. El proceso de clinkerización a nivel industrial se lleva a cabo a temperaturas de 1450°C en hornos rotatorios, donde las reacciones son en fase semilíquida formando principalmente silicatos de calcio y aluminio ferritos. Los consumos específicos de energía térmica, en plantas de reciente tecnología, son superiores a 700 kcal/kg de clinker.

CIMENTOS LIMA
PLANTA ATACONGO

Project no. 71202

Phase 1 + 2, 7.500 tpd clinker

Capacity of bag-filters
Volume: 8100 m³/min
Design temp: 280 deg C
Max. 180 mm WG pressure drop
Dust: 45 g/m³

Design for filterfans:

Type: MT-35SS
Volume: 8.500 m³/min
Temp: 280 deg C
Density: 0,56 kg/m³
Pressure: 280 mm WG

Rpm: 479 (Gear)
Reg: min. 25 %
KW: 487
Motor: 600 KW

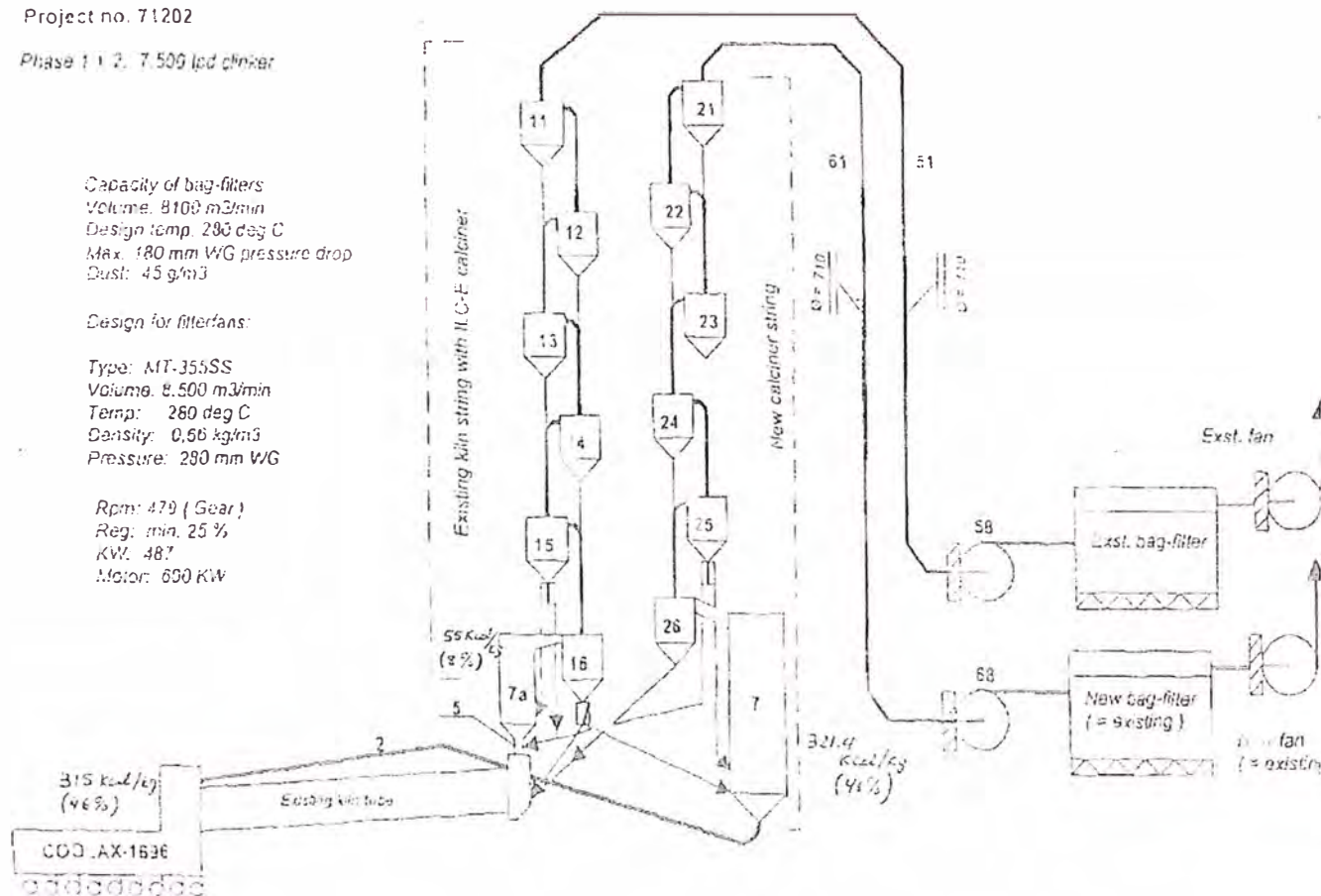


Figura 2.2 - Consumo Energético de Clinkerización

Por diseño se aprecia que el consumo energético previsto total en la línea de calcinación II es de 691.4 Kcal/Kg de Clinker producido.

Los fabricantes de cemento centran sus esfuerzos en el ahorro de energía térmica, buscando el reemplazo o reducción de los combustibles. La mejora en la reactividad de la mezclas de harina cruda a alimentarse a los hornos es una de las vías para mejorar la productividad y obtener ahorros de energía .

2.2 La Torre Precalentadora

La Torre Precalentadora esta constituido por un conjunto de torres de ciclones fabricadas en acero estructural ASTM-A36 y recubiertas por ladrillo y castable refractario, una encima de la otra, las cuales precalientan el material aproximadamente hasta los 850°C .

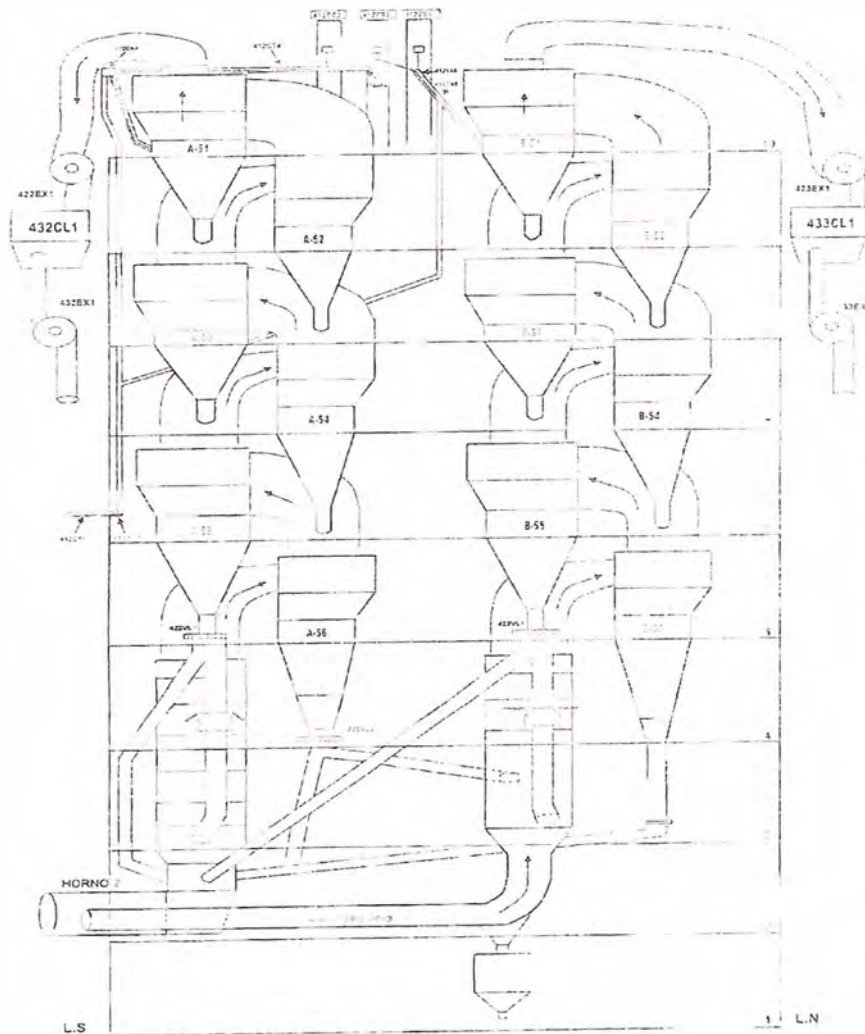
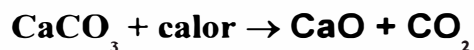


Fig. 2.3 – Distribución del Precalentador

La altura de cada Torre es de 110 metros desde el nivel del horno, que esta a 20 metros del nivel del suelo, lo que da 130 metros de altura total del edificio de los precalentadores. Estas torres de Ciclones Precalentadores son independientes una de la otra, cada una, El precalentador de la Torre A (ILC- Inline Calciner) y el

precalentador de la Torre B (SLC-Separated Line Calciner) son de 6 etapas por las que independientemente se alimentan de crudo a través de los elevadores de balde a un ratio nominal de 450 toneladas de crudo por hora, con un máximo de 520 Toneladas por hora. En esta etapa la transferencia de calor es por conveccion con una eficiencia del 95%, la cual es mas eficiente que el horno ya que las partículas de crudo se mezclan con los gases calientes del horno con un mejor ratio de eficiencia ya que están dispersas, y donde ocurre el proceso de descarbonatación del carbonato de calcio:

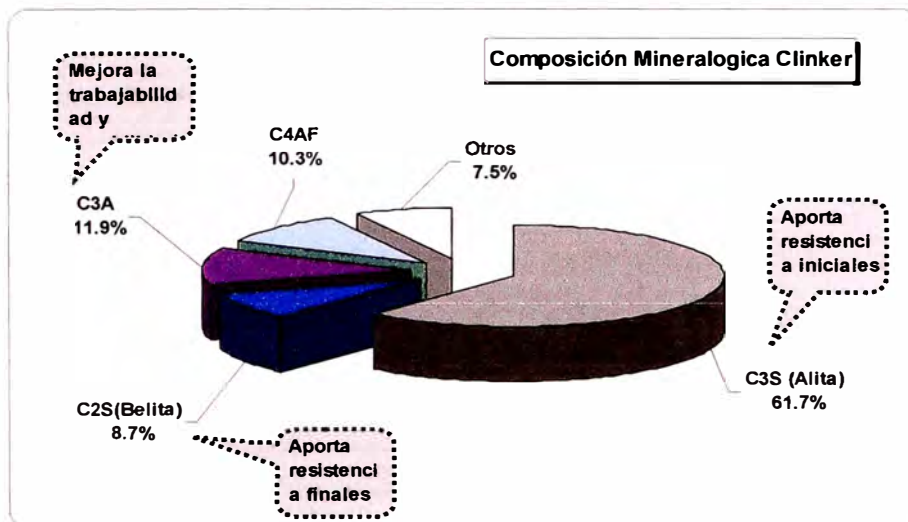


El consumo específico de Energía para el calcinador de la Torre A es de 55Kcal /Kg de Clinker y para el Calcinador de la Torre B es de 321.4 Kcal/Kg de Clinker.

2.3 El Horno Rotatorio Coolax

El Horno Rotatorio Coolax es un tubo de 85 metros de longitud y 5.25 metros de diámetro fabricado en Plancha Estructural ASTM A-36 de 2” de espesor , con una inclinación de 5.6° y con un giro variable de hasta 4.5 RPM. Podríamos decir que es el segundo elemento en importancia en el Sistema de Calcinação dada su magnitud como elemento físico y en la criticidad de su operación.

En el Horno se produce la reacción físico-química del crudo, donde se obtiene el clinker, adicionalmente vapor de agua, SO₂, CO₂, CO y demás gases.



Cuadro 2.1 - Composición Mineralógica del Clinker

El Horno tangencialmente en las ruedas de soportes por intermedio de sus tres llantas la cuales permiten y facilitan el giro del mismo y le dan estabilidad tangencial. Para su estabilidad axial, se cuenta con una rueda o roldana de soporte axial, la cual amortigua la carga axial del horno por un pistón hidráulico de empuje axial.



Figura 2.4 - El Horno Rotatorio

El Horno opera las 24 horas del día con temperaturas variables en su interior que van desde los 850°C hasta los 1450°C en la descarga del mismo y de 180°C a 450°C en el exterior. La zona de mayor temperatura interna es la zona de descarga del clinker (Zona de Sinterización) y en la zona externa es alrededor de la Llanta 2.

Esto se debe a que internamente se generan costras de material de clinker en las zonas de mayor temperatura las cuales minimizan la transferencia de calor hacia las paredes externas del horno.

VARIABLES Y PARAMETROS	VALORES REFERENCIALES	
	HORNO I	HORNO II
Alimentación	285 t/h (máx.)	520 t/h (máx.)
Velocidad de giro	2.9 r.p.m. (máx.)	4.5 r.p.m. (máx.)
Combustible (carbón o petróleo)	Según Cuadro Referencial de Consumo Específico de Combustible : Horno I	Según Cuadro Referencial de Consumo Específico de Combustible : Horno II
Tiro de exhaustores	G101=205A(max) G501=150A(max)	max 1000 r.p.m
Temperatura en zona de sinterización	>1000° C	> 1000 C
Temperatura del aire secundario	> 700 C	> 700 C
Temperatura de los ciclones de entrada al horno	750 - 850 C	750 - 900 C
Potencia del motor	200 - 400 kW	---
Torque del motor (% de la escala)	Con una línea de ciclones	<98 %
	Con dos líneas de ciclones	<98 %
NOx	---	300-1500 ppm
PESO/LITRO (gr/lt)	1100 -1500	1100 - 1500
O ₂	Máx. 8%	Máx. 8%
CO	Máx. 1%	Máx. 1%

Tabla 2.1 - Parámetros del Horno II

El consumo específico sea carbón o petróleo, debe ser nominalmente 315 Kcal/Kg de clinker.

2.4 El Quemador Swirlax

El Quemador Swirlax tipo SCO es un cañon quemador de Horno Rotatorio que se utiliza en la combustión de carbón pulverizado o combustión combinada de carbón y fuel-oil. Tratándose de combustión combinada el quemador debe utilizarse con una lanza de combustible para la atomización del combustible. Esta recubierto por material refractario en todo su extensión de ingreso al Horno y es enfriado por el aire radial dentro del mismo proveniente del ventilador de aire primario.

Mediante la especial conformación de la tobera de aire primario es factible reducir el volumen de aire primario de 7 a 10% de L_{min} (Volumen mínimo de Aire primario), el cual es insuflado a una presión de 160mbar, lo que resulta una velocidad de insuflamiento de aproximadamente 140 a 160m/s.



Figura 2.5 - Punta del Quemador

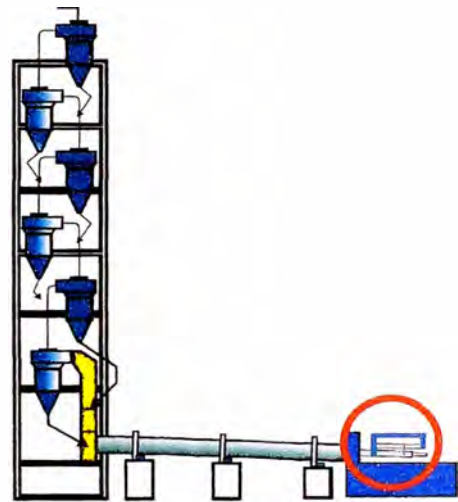


Figura 2.6 - Ubicación del Cañón

La forma de la llama puede variarse regulando el ajuste del aire primario; los ajustes posibles son:

- Modificación del Volumen total de Aire primario, regulando la compuerta de succión de aire del ventilador.
- Modificación de la velocidad de insuflación del Aire primario, axial y radial, regulando las toberas de ingreso de aire axial y radial.
- Modificación de la turbulencia del Aire primario, mediante la apertura de la tobera de aire radial.

Siempre resultará económicamente ventajoso utilizar el menos volumen posible de aire primario. Por consiguiente, la velocidad de aire primario debe mantenerse tan alta como sea posible. Normalmente no sería conveniente utilizar aire

de turbulencia durante servicio normal puesto que puede producir una llama ancha que estará en condiciones de tocar el revestimiento y dañarlo.

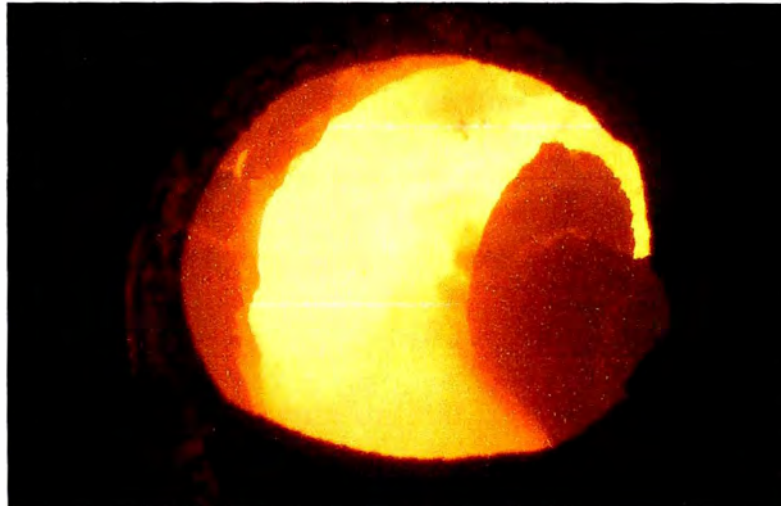


Figura 2.6 - Llama Ancha con el Quemador Swirlax

Consecuentemente, el aire de turbulencia solo debe utilizarse primordialmente durante el arranque de un horno frío, cuando pueda contribuir a estabilizar su llama.

2.5 Sistema de Calcinación con Petróleo

Para la utilización de este sistema se usa con el petróleo residual 6, el cual es previamente precalentado en la estación del thermopack, proveniente del tanque principal de 36000 galones mediante 3 bombas marca Blackmer a un ritmo de 250 Galones por minuto y posteriormente hacia la estación de calentamiento por bombas de paletas desde el tanque de almacenamiento principal mediante tuberías de Ø8" y Ø10" Schd 10 hacia el tanque de petróleo para su precalentamiento en una estación

llamada Thermopack; y posterior ya bombeado al quemador principal y calcinadores de ambas torres precalentadores.

2.5.1 El Thermopack

La estación del Thermopac 1500B, es una conjunto de 3 calderas de fluido térmico se produce el calentamiento del petróleo por medio de un sistema de transferencia de calor, utilizando gas propano como combustible de ignición y diesel ligero como combustible de operación del quemador Wanson, el cual calienta al aceite térmico hasta una temperatura de 300 °C. Al alcanzar esa temperatura, el aceite es bombeado a los tubos serpentines de transferencia de calor para calentar el petróleo residual 6 hasta una temperatura de aproximadamente 280°C, temperatura en la que pasa a ser bombeado al quemador principal y los calcinadores de la Torre Precalentadora con un rendimiento térmico estimado es de $\pm 85\%$.



Figura 2.7 - Thermopack

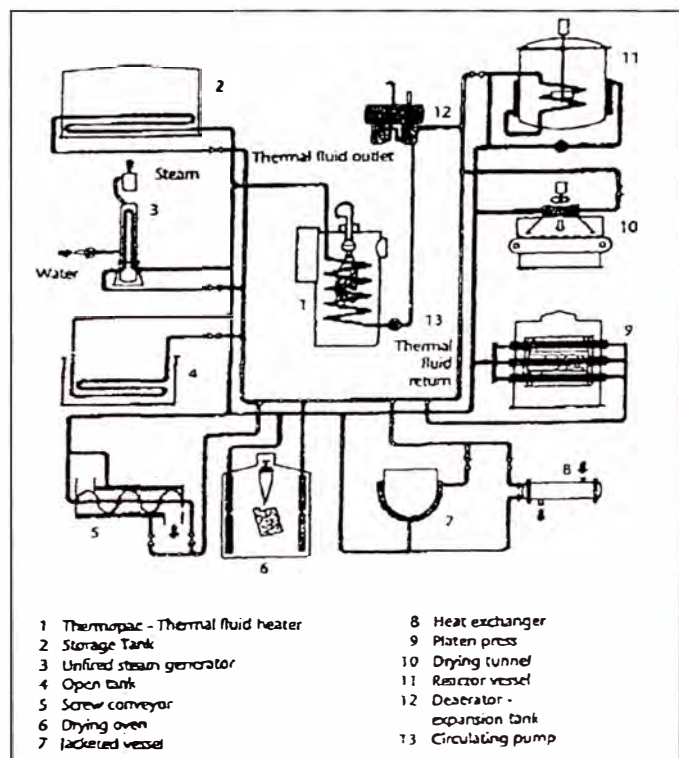


Figura 2.8 – Principio de Operación

La potencia máxima calorífica de cada caldera Thermopack es de 1.500.000 Kcal/h (6.000.000 BTU/h o 1.744Kw) y trabaja con un serpentín de 3 tubos en paralelo de Ø60.3 x 4mm, donde la superficie de calefacción es de 49m² con un contenido de almacenamiento de 539 Litros. La Temperatura máxima admisible a la entrada y salida del serpentín es de 350°C.

El grupo motoventilador, suministra el aire necesario para la combustión y esta compuesto por un turbina centrifuga, una envolvente dotada de una clapeta de reglaje de admisión de aire y un motor eléctrico para la bomba de combustible de 2.2 Kw a 3500 RPM y un ventilador de aire de combustión de 5.5 Kw a 3500 RPM.

Asimismo, para la recirculación del aceite cuenta con un grupo de tres motobombas de recirculación de fluido térmico, marca ALLWEILER con un caudal de 78m³/h, 18.5 Kw a 3500RPM. Estas bombas recirculan el aceite térmico del sistema de serpentines al tanque de almacenamiento de aceite térmico y viceversa.

2.5.2 Lanza de Petróleo TSFM

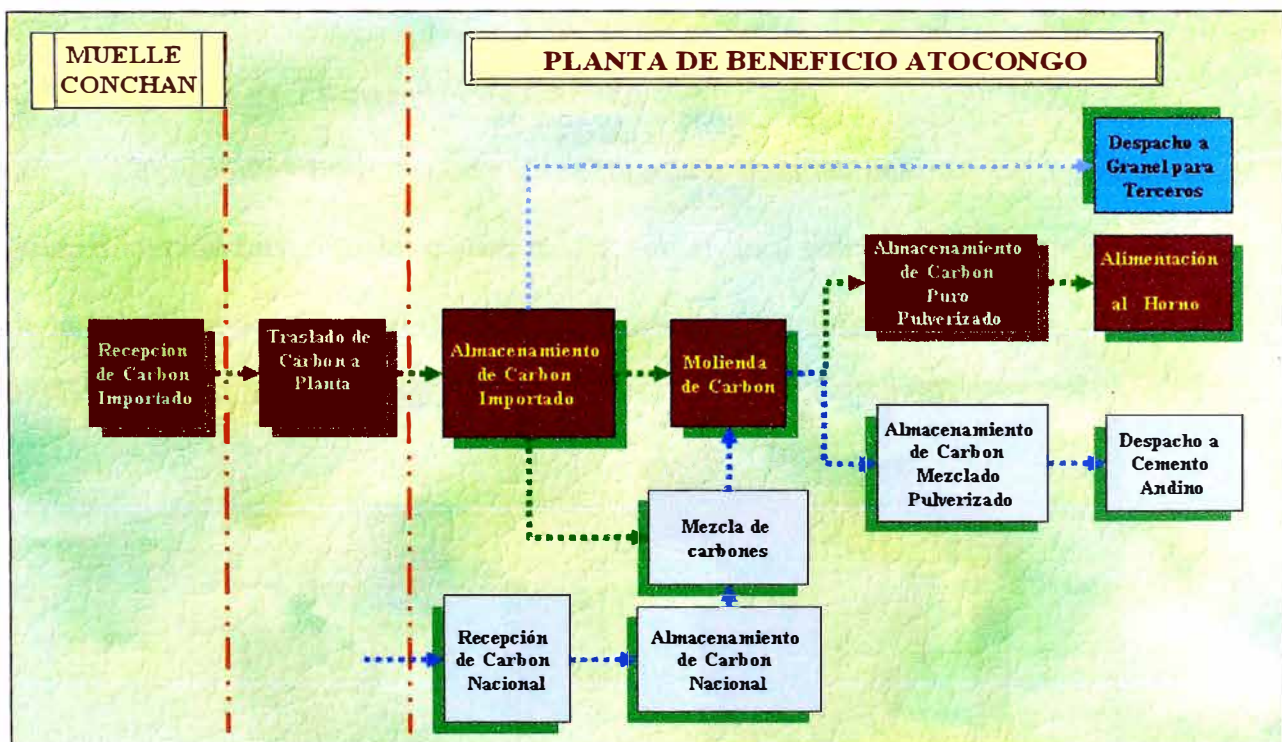
La lanza o “caña” de petróleo es un tubo quemador especial que opera dentro del tubo del quemador Swirlax, el cual cuenta con un sistema de regulación de tobera lo que permita la regulación adecuada de la llama. El quemador se compone principalmente de la cabeza del quemador, del tubo del quemador, del dispositivo para abastecimiento del fuel-oil y del dispositivo de regulación de fuel-oil

Se usa el petróleo residual 6 únicamente como combustible para el arranque del sistema de calcinación del quemador principal.

2.6 Sistema de Calcinación con Carbón

2.6.1 Sistema de Pulverización de Carbón

El Sistema de Calcinación con Carbón usa principalmente la combinación de carbón bituminoso (importado) y carbón antracítico (nacional), el cual es previamente procesado.



Cuadro 2.1 – Esquema del proceso de suministro de Carbón

El proceso de la Molienda de carbón se realiza en 2 líneas de Molienda separada en la que en la Planta 1 se produce 34 Tn/H y en Planta 2 se produce 28 Tn/H .

Las especificaciones mínimas del Carbón importado y Nacional que puedan ser usadas en el Horno es la siguiente

	Poder Calorifico (Kcal/Kg)	% Maximo de Humedad	% de ceniza	% Volatiles (MAX -MIN)	% Maximo de Azufre
Bituminoso	6500	13	Maximo 15%	40 - 28	1.1
Antracitico	5000	16	Menor a 30%	Minimo 3%	

Tabla 2.2 – Especificaciones del Carbón

Actualmente se esta alimentando a los silos de carbón en una mezcla de 50% importado y 50% Nacional con un Poder calorífico promedio de 5731 Kcal/Kg de Carbón

2.6.2 Bombas de Transporte de Carbon

Las Bombas de transporte de carbon son bombas dosificadoras con balanza de dosificación incluidas las cuales mantienen el flujo de carbón independientemente de la velocidad de alimentación. Ver características técnicas en apéndice.

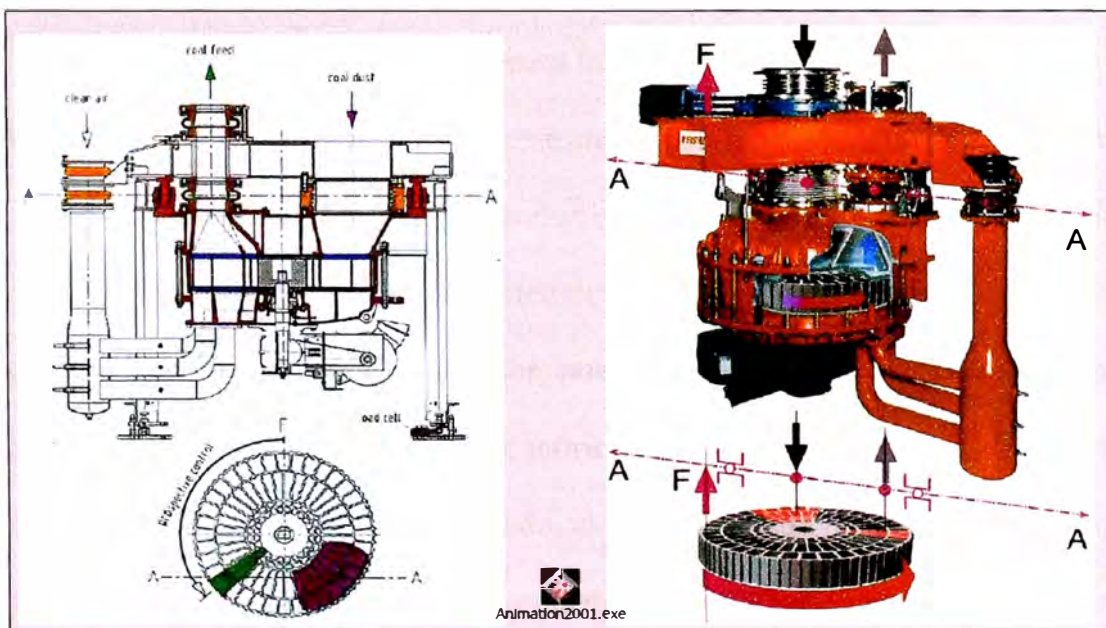


Figura 2.9 – Balanza Dosificadora

Esta bascula dosificadora de rotor utiliza el principio funcional de una esclusa de soplado horizontal de funcionamiento gravimétrico. El material a granel es retirado directamente del silo por el rotor, conducido a través del recorrido del pesaje, dosificado, en la tubería de transporte neumático y transportado directamente al proceso con el aire suministrado por el ventilador.

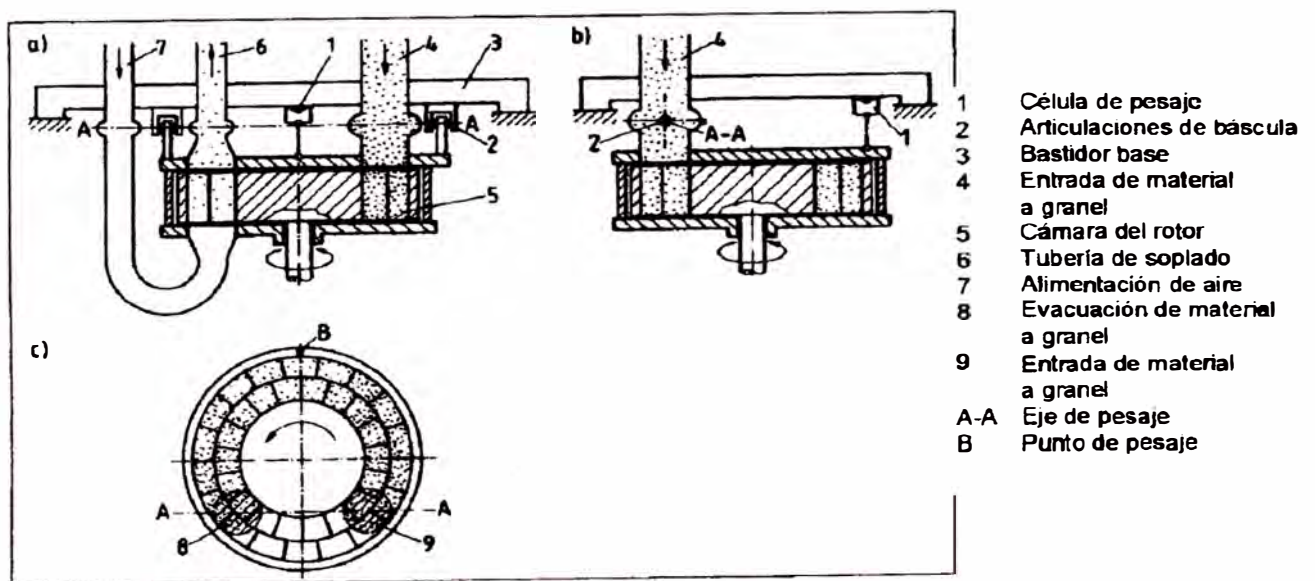


Figura 2.10 – Principio funcional de báscula dosificadora

El eje de pesaje A-A compensa las reacciones secundarias de fuerza debidas a variaciones de presión. El dispositivo de pesaje B se registra la masa de material a granel que se encuentra momentáneamente en el recorrido de pesaje del rotor. El Sistema Electrónico de Pesaje memoriza la masa de material a granel con la correspondiente posición en el rotor, por tanto la carga del rotor ya se conoce antes de su entrega. Conforme al valor teórico prescrito por la fuerza de transporte y la masa del material granel memorizada, el sistema regula la velocidad de giro del rotor de forma que se consiga que la bascula dosificadora rotor envíe un flujo constante de material en donde compensa las perturbaciones de carga inicial.

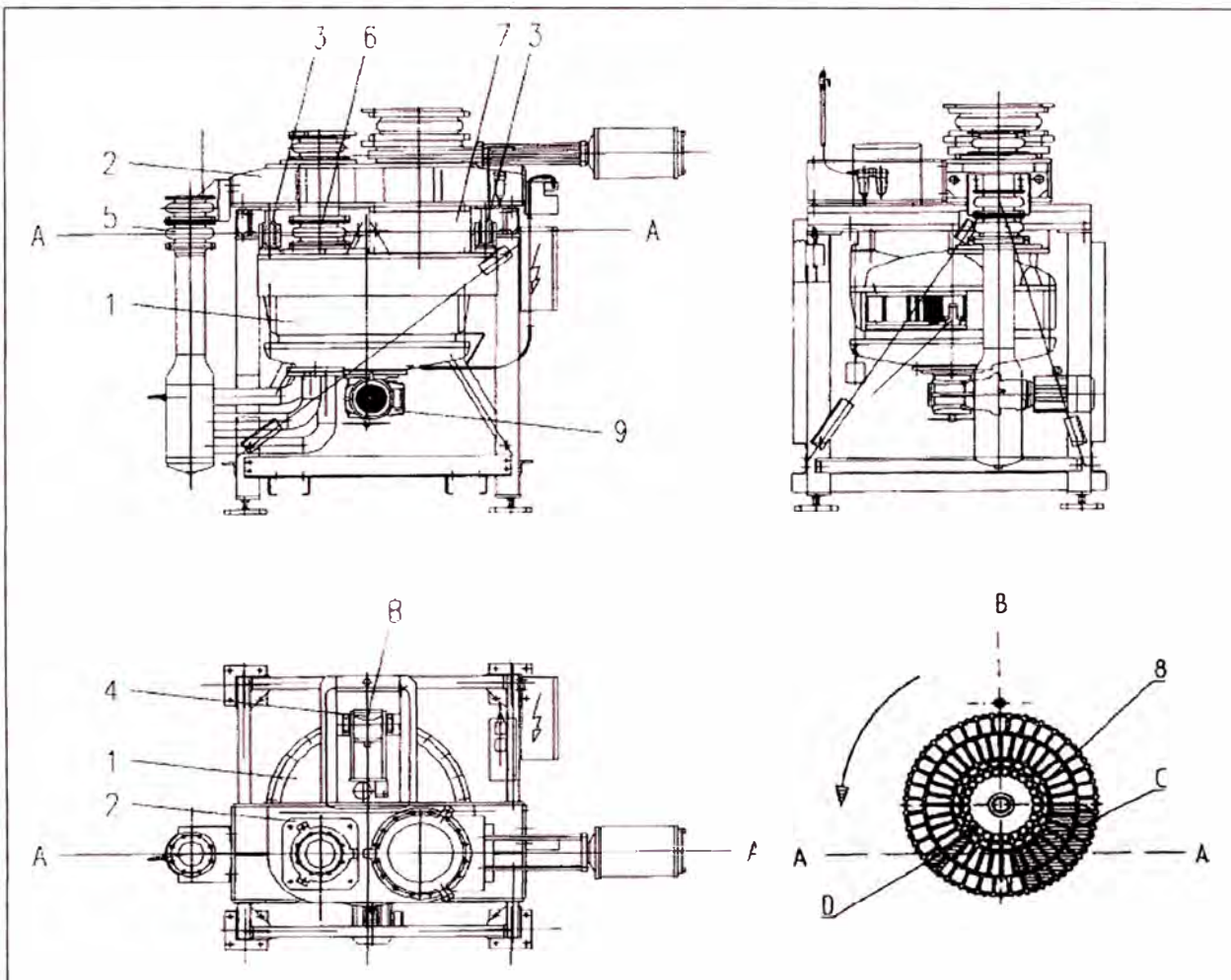


Figura 2.11 – Estructura de Balanza Dosificadora

A-A	Eje pivotante
B	Célula de pesaje
C	Campo de entrada
D	Cabezal soplador
1	Caja del rotor
2	Bastidor base
3	Articulaciones de báscula
4	Dispositivo de pesaje
5	Compensador de gas puro
6	Compensador de soplado
7	Compensador de entrada
8	Rotor
9	Accionamiento

Tabla 2.12 – Lista de Partes

Esta balanza dosificadora para el Quemador principal del Horno II, su capacidad máxima es de 24 Tn/hora de carbón con un giro de 7.3 RPM

CAPITULO III

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CALCINACIÓN PROPUESTO

3.1 El Gas Natural

3.1.1 Definición

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos gaseosos, con predominio del metano (CH₄) en proporción no inferior al 70%. La principal característica del gas natural radica en que debido a su mayoritario contenido de metano, y puesto que este compuesto presenta el mayor ratio H/C (Hidrogeno/Carbono) de entre todos los hidrocarburos, produce en su combustión una menor proporción de CO y CO₂.

El gas natural procede de un origen orgánico, es decir, de la descomposición de residuos de materia orgánica. Se encuentra principalmente atrapada en estratos rocosos y se puede encontrar como “gas natural asociado” cuando esta acompañado de petróleo, o bien como “gas natural no asociado” cuando son yacimientos exclusivos de gas natural. En el caso del yacimiento de Camisea, el gas natural se tiene de la siguiente forma:

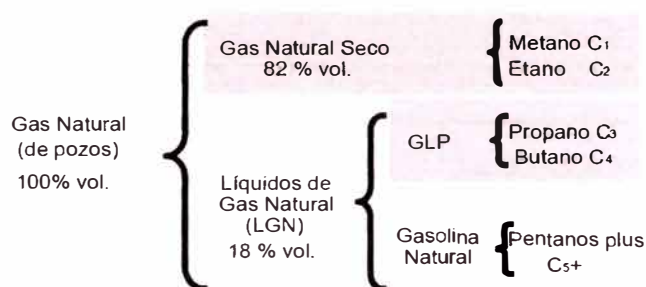


Figura 3.1 - Proporciones del gas de Camisea - Fuente: Osinerg

El gas natural representa una de las fuentes de energía no renovable mas limpia que se puede encontrar en la naturaleza de forma que su utilización contribuye a disminuir la contaminación atmosférica.

3.1.1.1 Composición del Gas Natural

La composición del gas natural varia según la zona geográfica donde se encuentra lo que implica una variación en las composiciones de los elementos por tanto su poder calor calorífico depende de los respectivos poderes caloríficos y de la cantidad presente de cada uno de los componentes del gas.

Componente	Formula molecular	Composición
Metano	CH ₄	70-90%
Etano	C ₂ H ₆	0-20%
Propano	C ₃ H ₈	
Butano	C ₄ H ₁₀	
Anhidrido carbónico	CO ₂	0-8%
Oxígeno	O ₂	0-0.2%
Nitrógeno	N ₂	0-5%
sulfuro de hidrógeno	H ₂ S	0-5%
Gases Raros	A, He, Ne, Xe	Trazas

Tabla 3.2 – Composición Gas Natural – Fuente : Osinerg

El gas natural del yacimiento gasífero de Camisea comprende los siguientes elementos, considerando al helio, oxígeno y vapor de agua como impurezas.:

Componente	Símbolo	Composición (%)	Estado Natural
Metano	CH ₄	95,08	Gas
Etano	C ₂ H ₄	2,14	Gas
Propano	C ₃ H ₈	0,29	Gas licuable (GLP)
Butano	C ₄ H ₁₀	0,11	Gas licuable (GLP)
Pentano	C ₅ H ₁₂	0,04	Líquido
Hexano	C ₆ H ₁₄	0,01	Líquido
Nitrógeno	N ₂	1,94	Gas
Gas Carbónico	CO ₂	0,39	Gas

Tabla 3.3 - Composición del Gas Natural - Fuente: Osinerg

Considerando las medidas de energía (poder calorífico y energía equivalente) las reservas de Camisea tienen una composición que combina gas húmedo o metano asociado con hidrocarburos líquidos como el pentano y hexano, gas seco o metano, y gas asociado con agua. Las cantidades de cada uno de estos elementos varía dependiendo de la energía o poder calorífico:

	Energía (Tera BTU*)	Poder calorífico (BTU/PC**)	Energía Total equivalente (TWh)***
Gas Húmedo	16.256	1.251	4.764
Gas Seco	12.711	1.069	3.725
Gas Seco – H₂O	11.440	- -	1.844

* BTU: British Thermal Unit. ** PC: Pie Cúbico. *** TWh: Terawatt / Hora.
Elaboración: Oficina de Estudios Económicos – OSINERG.

Tabla 3.4- Especificaciones Técnicas del Gas de Camisea

3.1.1.2 Propiedades y Características

Dentro de las propiedades fisicoquímicas del gas natural se encuentran:

- Es incoloro.
- Es inodoro, por eso se le agrega odorizantes a fin de que pueda ser detectado por el olfato en concentraciones mayores al 0.5%.

- No es tóxico en bajas concentraciones, en altas puede causar vómitos y asfixia.
- No es corrosivo.
- Es un gas liviano. Su densidad (0.6 Kg/m^3) es menor que la del aire.
- Su componente principal es el metano (CH_4).
- Si el gas natural se enfría a una temperatura de unos -161°C y a presión atmosférica normal, se condensa bajo la forma de un líquido llamado gas natural licuado (GNL). Un volumen de este líquido ocupa casi 600 veces menos espacio que el gas natural y es dos veces menos pesado que el agua (aproximadamente un 45%).

3.1.1.3 Ventajas del Uso del Gas Natural

3.1.1.3.1 Ventajas Ambientales

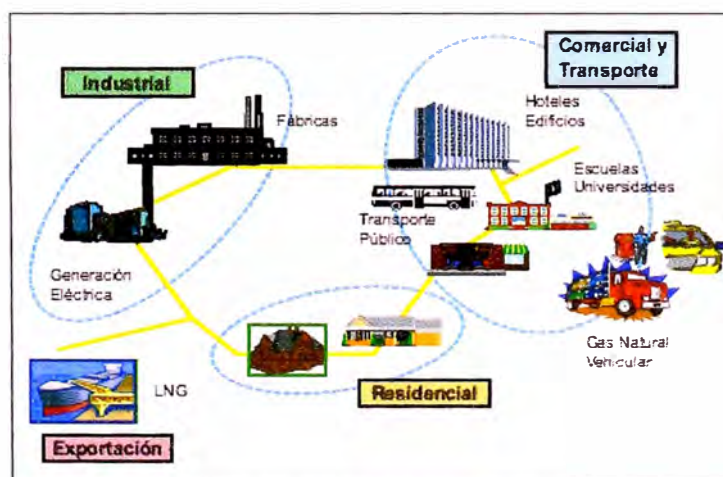
- El uso del gas natural puede ayudar a evitar muchas de las preocupaciones a nivel ambiental incluyendo la contaminación, la lluvia ácida y las emisiones de gas efecto invernadero.
- Bajo su forma comercializada el gas natural casi no contiene azufre (inferior a las 10 ppm) con lo cual prácticamente no genera dióxidos de azufre (principal causante de la lluvia ácida). Sus emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) son menores a las generadas por el petróleo (por ejemplo dos veces menos respecto al Fuel-oil) y el carbón.
- La combustión del gas natural prácticamente no tiene emisiones atmosféricas de dióxido, y muchas menos emisiones de monóxido de

carbón, hidrocarburos reactivos, óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono que la combustión de otros combustibles fósiles. Asimismo, las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) son inferiores a la de otros combustibles fósiles (emite entre un 40 y 50% menos que el carbón y un 25 y 30% menos que el petróleo).

- El uso del gas natural mejora la calidad del aire por la reducción de las emisiones de gases contaminantes en comparación con combustibles fósiles.

3.1.1.3.2 Ventajas Operacionales

- El uso del gas natural beneficia a diversas industrias, empresas y a la población de las ciudades.
- Es de uso directo por el usuario ya que no requiere almacenamiento intermedio y es de uso continuado las 24 horas.
- Asimismo, el sector automotor aprovecha el beneficio del gas natural a través de la utilización del gas natural vehicular.



Fuente: Gerencia Adjunta de Regulación Tarifaria – OSINERG
 Elaboración: Oficina de Estudios Económicos – OSINERG.

Figura 3.5 – Usos del gas natural

- El gas natural tiene aplicaciones universales, como combustible para distintos procesos productivos, los sistemas de aire acondicionado, etc., como materia prima para la petroquímica, la siderurgia, el papel, el cemento, el vidrio y la cerámica, la alimentación, Etc.
- Se obtienen Sub-productos derivados del gas natural por intermedio de la industria petroquímica en base al gas natural. .

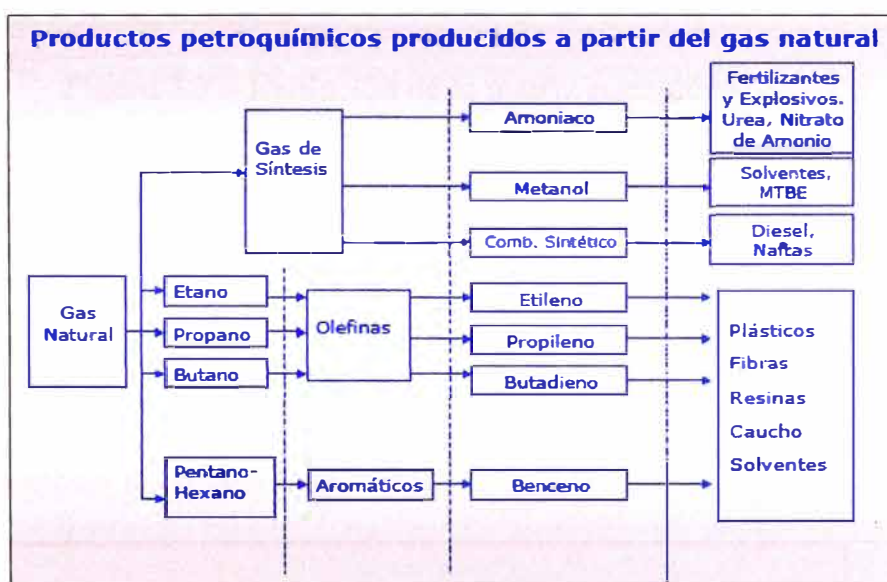


Figura 3.6 – Productos Petroquímicos en base al Gas Natural

- Dado la alta demanda de energía del país, la utilización del gas natural se hace imperiosa y sobre todo es una oportunidad para afrontar la futura demanda de energía en el Perú y alcanzar ventajas comparativas en relación a países de la región.

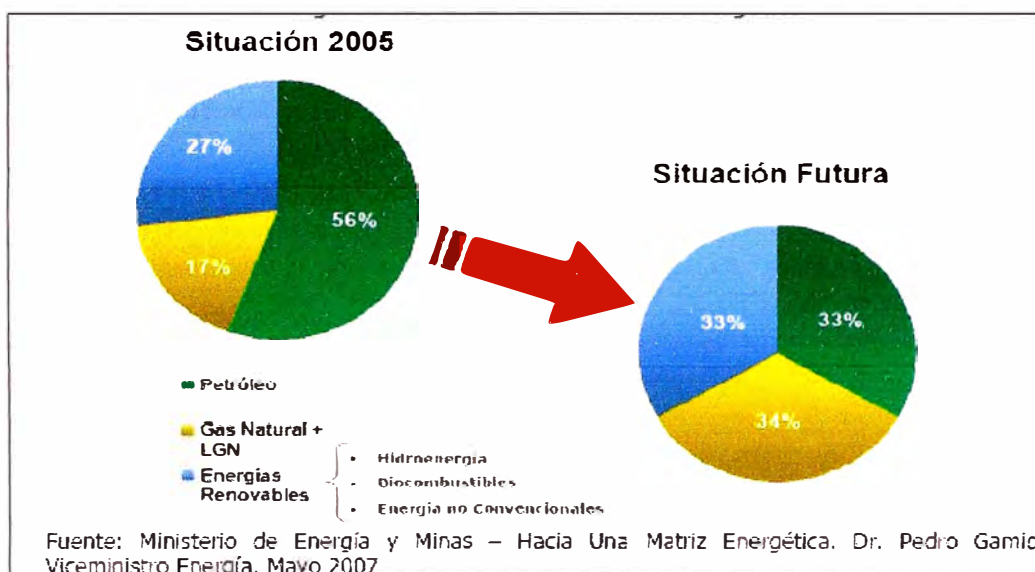
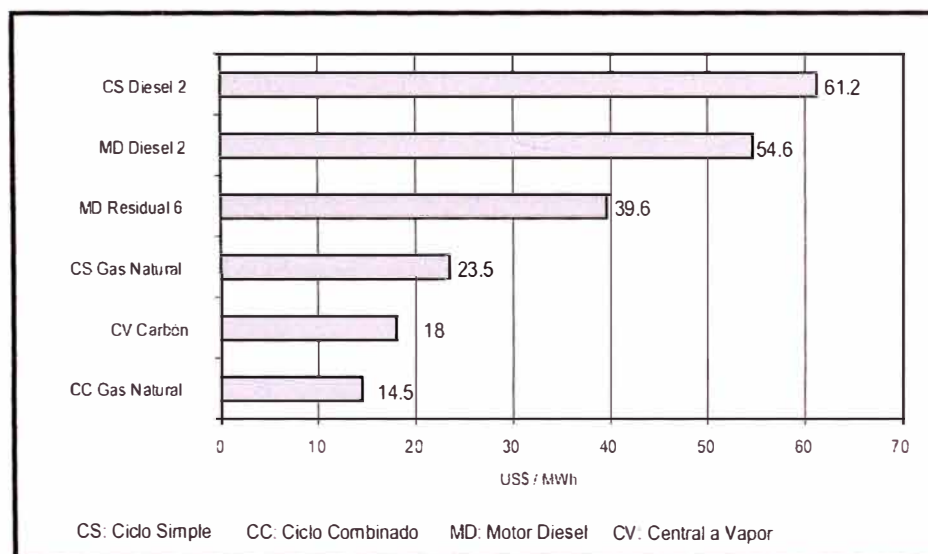


Figura 3.7 – Evolución de la matriz energética

3.1.1.3.3 Ventajas Económicas

- El gas natural no requiere almacenamiento desde su exploración hasta su utilización, es de uso directo por lo que no de tal forma que se minimizan los costos financieros.



Fuente: Gerencia Adjunta de Regulación Tarifaria - OSINERG.
 Elaboración: Oficina de Estudios Económicos – OSINERG.

Cuadro 3.8 – Comparación de costos de energía eléctrica

- Es uno de los combustibles de mas alto poder energético pero con un costo menor en comparación al petróleo. Esta ventaja la podemos apreciar en el siguiente cuadro comparativo de generación eléctrica. Se observa la sustantiva diferencia de costos en comparación con el petróleo o el carbón lo que conlleva a obtener un ahorro sustancial al utilizar el gas natural como combustible en una central de generación.

3.2 Suministro de Gas Natural a la Planta

3.2.1 Antecedentes

Con fecha 8 de Marzo de 2005, Cementos Lima S.A., en su condición de potencial consumidor independiente, solicitó a GNLC (Gas Natural de Lima y Callao - titular de la concesión para la prestación del servicio de distribución de gas natural para Lima y Callao) el diseño, ingeniería, suministro de equipos, construcción, instalación y montaje de los equipos y puesta en operación de las instalaciones de conexión para la conexión de la red principal de distribución de gas natural de GNLC con las instalaciones industriales de la empresa, a efectos de posibilitar el posterior suministro de gas natural a dichas instalaciones.

3.2.2 Detalles del Suministro

El contrato firmado con GNLC es un contrato "llave en mano", y considera la instalación de gasoductos, válvulas, filtros, estación de filtrado, calentamiento y regulación de presión (ERP), estaciones ("Skids") de medición individuales para Cementos Lima y GEA(Generación Eléctrica Atocongo) e instalaciones auxiliares.

El sistema suministra gas natural a los hornos de Cementos Lima (44 MMSCFD) y se a GEA (Generación Electrica Atocongo S.A) dejará en la bifurcación una derivación para un consumo futuro de la unidad de generación eléctrica en GEA (10 MMSCFD).

GNLC ha previsto instalar el gasoducto de derivación a Cementos Lima y GEA, a partir de un "hot-tap" en diámetro nominal 10", a ser realizado en la progresiva 17+200 de la Red Principal y además se instalará una válvula de aislamiento manual en fosa en el límite de propiedad de Cementos Lima. (ver plano)



Figura 3.9 – Instalación de la Válvula Hot-Tap

GNLC ha determinado que el gasoducto de derivación en alta presión de la Red Principal y el de alimentación de Cementos Lima y GEA sea de 10" de diámetro nominal hasta la ERP. Luego de la ERP el gasoducto de baja presión continuará en 18" (tramo "pulmón") con ramificaciones en 14", 12" y 8" para los hornos de Cementos Lima y para GEA.

La traza del gasoducto de alimentación en alta presión recorrerá la quebrada ubicada entre la Avenida Pachacutec y Atocongo, se acercará a las instalaciones de Cementos Lima, llegará a la ERP y luego continuarán los gasoductos en baja presión hacia los hornos de Cementos Lima y GEA.

Se instalarán estaciones de medición individuales para Cementos Lima y GEA, de manera que se pueda controlar y supervisar de manera independiente el consumo de gas natural.

La presión de operación del gasoducto de derivación será de hasta 50 bar(g) hasta la ERP y desde la ERP hasta Cementos Lima y GEA será de un rango de 9 bar(g) +/- 10%. La presión de diseño del gasoducto de derivación será de 50 bar(g) hasta la ERP y desde la ERP hasta Cementos Lima y GEA será de 10 bar(g).

3.2.3 Detalle de la Inversión

En el siguiente tabla se muestra la inversión Inicial en el contrato de Suministro.

PARÁMETROS DE CONTRATO			
PRESIÓN: 9 bar ± 10%			
CAUDAL: Hornos 44 mmscfd			
GEA 10 mmscfd			
Total 54 mmscfd			
TUBERÍAS	LONGITUD ESTIMADA (m)	PRECIO UNITARIO (US\$/m)	PRECIO TOTAL US\$
8"	140	211.0	29,540
12"	107	316.0	33,812
14"	30	388.3	11,649
18"	1,005	576.0	578,880
10"	2,610	376.9	983,709
Total	3,892		1,637,590
OTROS			
Hot-tap, válvula de cierre, ERP, estación de medición, ingeniería, supervisión, puesta en marcha, etc.			
Total			1,634,468
TOTAL			US\$ 3,272,058

Tabla 3.10 - Cuadro de la Inversión

Adicionalmente, Cementos Lima S.A. invirtió aproximadamente \$ 400,000.00 en trabajos de acondicionamiento dando una suma final de inversión para el suministro de gas natural de \$ **3,675,000.00**. Con fecha 15 de febrero de 2006 se realizó la recepción definitiva del Proyecto de instalación de línea para suministro de gas por parte de GNLC.

3.3 Sistema de Tren de Válvulas de Reducción de Presión

El sistema de regulación de presión permite operar hasta con un caudal de hasta 16000 Nm³/h de gas a una presión de ingreso de 5 – 16 bar y una presión de salida de 0 – 1.5 bar. Actualmente el sistema opera, en el quemador principal 2700Nm³/h de Gas a 1.5 bar que corresponde en promedio al 60% del Consumo específico unitario de Calor ya que el otro 40% lo aporta el Carbón con una alimentación de 13.9 Tn/h.



Figura 3.11 – Tren de válvulas de Reducción de presión

Los elementos principales del tren de válvulas los detallamos a continuación.

Los demás elementos secundarios se detallan en la lista de partes. (Ver Planos)

3.3.1 Válvulas ON/OFF

Se tienen 6 válvulas del tipo de mariposa Marca Ghibson, tipo Wafer, modelo BKVI. Estas válvula se usan para la apertura y cierre del ingreso de gas al tren de reducción y para el pase by-pass interior. Se ubican en las posiciones 1,2,3,4,5,6 y 7 del plano de Flonidan N° 0120087.

Pos	Tipo	Tamano	Presion
1	Wafer type BVKI, aluminium handlever.	DN200	PN16
2	Wafer type BVKI, aluminium handlever.	DN200	PN16
3	Wafer type BVKI, aluminium handlever.	DN150	PN16
4	Wafer type BVKI, aluminium handlever.	DN200	PN16
5	Wafer type BVKI, aluminium handlever.	DN200	PN16
6	Wafer type BVKI, with manuel gear	DN400	PN16
7	Wafer type BVKI, aluminium handlever.	DN80	PN16

Tabla – 3.12



Figura 3.13 - Válvula

Estas válvulas mariposas son del Tipo Wafer, con presión máxima de operación de 16 bar.

3.3.2 Filtro

El sistema cuenta con una unidad de filtrado (Posición 8 – Plano Flonidan N° 0120087) del gas a fin de proteger internamente a los componentes del tren de reducción.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS FILTRO DE GAS	
Marca	STITI
Tipo	MF-4/A
Aplicación	Gas Natural, aire, propano y otros gases no pesados
Diámetro Entrada DN	200 mm
Diámetro Salida DN	200 mm
Tubería de Drenado DN	20 mm
Presión Max. Operación	12 bar
Presión Max. Diseño	15 bar
Material de Diseño	Acero al carbono
Temperatura Diseño	-10/+50°C
Capacidad	120 Litros
Conexiones Bidas	ANSI 150
Superficie Filtrante	14 cm ²
Permisibilidad cartucho	25 micrones

Tabla 3.14 – Características del Filtro



Figura 3.15 – Filtro de Gas

3.3.3 Indicador de Diferencial de Presión

El indicador de diferencial de presión Marca ALPHA, Tipo DP900, (Posición 39 – Plano Fonidan N° 0120087) se utiliza para medir y controlar la variación de presión del gas a la salida del filtro en comparación con su ingreso.

Un alta variación en la lectura indicaría algún problema en la unidad de filtración lo que conlleva a una parada en el suministro de gas, para proceder con la revisión y/o reemplazo del cartucho. Este dispositivo es importante por que permite

monitorear el estado del filtro de gas lo que implica mantener un suministro limpio de combustible al sistema de calcinación.

Mechanical Data:		Electrical Data:	
Diff. Pressure range	0 - 1 bar	Contact rating	3VA/ 28V / 0.25A
Max. stat. Pressure	350 bar (one or two sided)	Ex - Proof :	(Ex) i over (Ex) i Ex (i) - relay EEx ia IIC
Accuracy	3% (from scale-value)	Connection :	Plug 3-con
Materials		Weight:	without reedcontact 0.47 kg with reedcontact 0.65 kg
Body:	aluminium	max. indicating:	with maximum indicator
Set screws:	MS	Temperatur range:	- 30 to + 100° C
Casing:	aluminium/plastic		
Sealing materials:	Viton		
Connection:	1/4" NPT (i)		
Fittings on change:	EO-GE 6-PL/1/4" NPT EO-GE 8-PL/1/4" NPT EO-GE 10-PL/1/4" NPT EO-GE 12-PL/1/4" NPT		



Figura 3.16 - Indicador de Variación de Presión

El diferencial de presión es medido mediante el movimiento libre del pistón de precisión interior amortiguado con la elongación del resorte interno de indicación. Ambos, el pistón como el indicador están imantados con lo cual la longitud recorrida por el pistón es seguida magnéticamente por el indicador. Consecuentemente cada posición del pistón es asociada a un valor definido de la escala.

Cuando la variación de presión llega al valor máximo seteado, se cierran los contactos y se manda una señal al Sistema de Control Centralizado del quemador.

3.3.4 Sensor de proximidad

Se cuenta con un sensor de proximidad del tipo inductivo (Posición 38 – Plano Flonidan N° 0120087) el cual sensa la apertura o cierre de la válvula mariposa (Posición 3 – Plano Flonidan N° 0120087) del by-pass del tren de reducción. Este

sensor de proximidad inductivo esta diseñado para operar sin desgaste y con un sistema de detección sin contacto con el elementos metálico a sensar. Para cumplir esta característica usa un campo electromagnético de alta frecuencia que interactúa con el elemento a sensar. Este campo es generado por un circuito LC (Inductivo-Capacitivo) mediante una espiral de núcleo de fierro.

Este sensor cuenta con 2 hilos de conexión, uno para la conexión positiva y otra para la negativa. La señal de salida esta normalizada a un voltaje nominal de 8,2 VDC según DIN EN 60947

Type	NI5-P12SK-Y1X
Ident-No.	40311
Rated operating distance S_n	5 mm
Mounting mode	non-flush
Temperature drift	$\leq \pm 10 \%$
Hysteresis (switching distance)	1... 10 %
Min. repeat accuracy	$\leq 2 \%$
Operating temperature	-25 ...+ 70 °C
Output function	2-wire. NAMUR
Max. switching frequency	≤ 2 kHz
Voltage	nom. 8,2 VDC
Current consumption (off-state)	$\geq 2,1$ mA
Current consumption (on-state)	$\leq 1,2$ mA
Approval according to	KEMA 02 ATEX 1090X
Internal inductivity (L_i) / capacitivy (C_i)	150 nF / 150 μ H
Marking of device	Ⓔ II 2 G EEx ia IIC T6 (max. $U_i = 15$ V, $I_i = 20$ mA, $P_i = 200$ mW)
Housing style	threaded barrel: M12 x 1
Dimensions	70 mm
Housing material	plastic. PA12-GF30
Active face	plastic. PA12-GF30
Max. fixing torque of coupling nut	1 Nm
Wiring	terminal chamber
Clamping ability	$\leq 2,5$ mm ²
External diameter cabel	4,5... 8 mm
Vibration resistance	55 Hz (1 mm)
Shock resistance	30 x g (11 ms)
Degree of protection	IP67
Switching status indication	LED yellow
Included with sensor	cable gland, 2x plastic seals

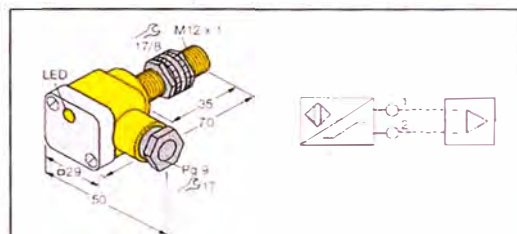


Fig 3.17 – Sensor y diagrama

Cuadro3.18 - Características Técnicas

3.3.5 Sensor de Temperatura

El sensor de temperatura (Posicion 43 - Plano Flonidan N° 0120087) es del tipo RTD (Resistor Temperature Detector) o mas conocidos como Detector de Temperatura por Resistencia. Este dispositivo ha sido manufacturado por PR Electronics, el cual incluye el transductor o sonda de sensado y un dispositivo para el acondicionamiento de la señal. La medición de la temperatura se realiza posterior a la válvula mariposa (Posición 4 – Plano Flonidan N° 0120087).

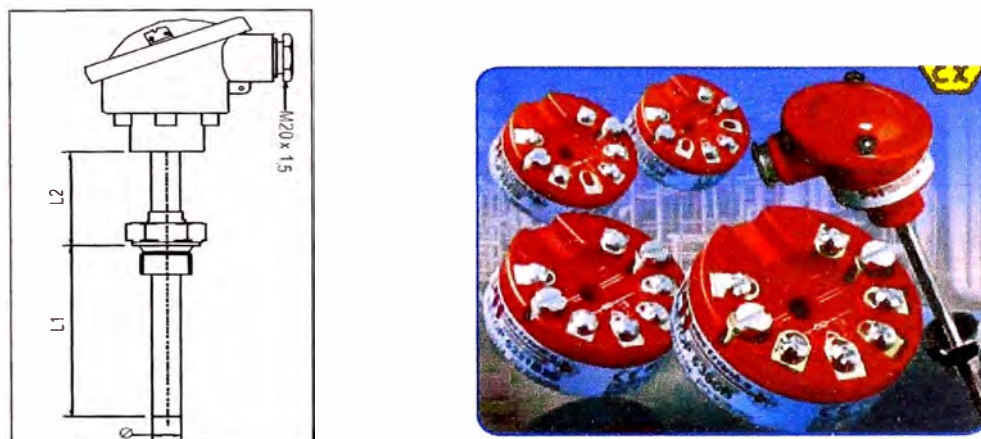


Figura 3.19 – Transductor

El transductor cuenta con las siguientes características

- PT100 resistencia térmica según norma IEC 751 (IEC, Comisión Electrotécnica Internacional)
- Desgaste mecánico y térmico según norma DIN 43763.
- Sonda de acero inoxidable ASTM A316L (ASTM, American Society for Testing Materials)
- Longitud de inmersión de sonda es de 100mm (L1=100mm)
- Longitud de extensión de sonda es de 50mm (L2=50mm)
- Acoplamiento ajustable 1/2" ($\varnothing=1/2''$)

Valores generales		
Tipo de entrada	Precisión absoluta	Coefficiente de temperatura
Todas	$\leq \pm 0,1\%$ d. intervalo	$\leq \pm 0,01\%$ d. intervalo / °C

Valores básicos		
Tipo de entrada	Precisión básica	Coefficiente de temperatura
RTD	$\leq \pm 0,3^\circ\text{C}$	$\leq \pm 0,01^\circ\text{C} / ^\circ\text{C}$
Res. lin.	$\leq \pm 0,2 \Omega$	$\leq \pm 20 \text{ m}\Omega / ^\circ\text{C}$

Influencia sobre la inmunidad EMC.....	$\leq \pm 0,5\%$ d. intervalo
--	-------------------------------

Efecto del cambio del voltaje de alimentación..... $\leq \pm 0,005\%$ d. interv. / VCC
Vibración..... IEC 60068-2-6 Test FC
Especificación nº 1 de Lloyd's 4 g / 2...100 Hz
Tamaño máx. del cable 1 x 1,5 mm² cable trenzado
Humedad < 95% RH (no cond.)
Dimensiones..... Ø 44 x 20,2 mm
Hermeticidad (recinto / terminales) ... IP68 / IP00
Peso 50 g

Especificaciones eléctricas, entrada:
Entrada RTD y resistencia lineal:

Tipo RTD	Valor mín.	Valor máx.	Intervalo mín.	Estándar
Pt100	-200°C	+850°C	25°C	IEC 60751
Ni100	-60°C	+250°C	25°C	DIN 43760
R lin.	0 Ω	10000 Ω	30 Ω	----

Offset máx. 50% del valor máx. selec.
Resistencia del hilo (máx.)..... 10 Ω
Corriente del sensor > 0,2 mA, < 0,4 mA
Efecto de la resistencia del cable del sensor (3 hilos)..... < 0,002 Ω/Ω
Detección de error en el sensor Sf

Salida:
Salida de corriente:
Rango de la señal..... 4...20 mA
Rango mín. de la señal..... 16 mA
Tiempo de actualización 135 ms
Resistencia de carga..... \leq (Valiment. - 8) / 0.023 [Ω]
Estabilidad de carga < $\pm 0,01\%$ d. interv. / 100 Ω

Detección de error en el sensor:
Programable 3,5...23 mA
NAMUR NE43 Upscale 23 mA
NAMUR NE43 Downscale..... 3,5 mA

Aprobación EEx / I.S.:
KEMA 03ATEX1535 X..... $\text{Ex} \text{II} 1 \text{GD}, \text{T}80^\circ\text{C} \dots \text{T}105^\circ\text{C}$
EEx ia IIC T6 / T4
Temperatura amb. máx. para T1...T4.. 85°C
Temperatura amb. máx. para T5 y T6.. 60°C
ATEX, aplicable en zona 0, 1, 2, 20, 21 ó 22

Datos Ex / I.S.:
Salida de señal, alimentación, terminal 1 y 2:
U_I : 30 VCC
I_I : 120 mACC
P_I : 0,84 W
L_I : 10 µH
C_I : 1,0 nF

Entrada del sensor, terminal 3, 4 y 6:
U₀ : 27 VCC
I₀ : 7 mA
P₀ : 45 mW
L₀ : 35 mH
C₀ : 90 nF

FM, aplicable en..... IS, Cl. I, Div. 1, Gr. A, B, C, D
FM Installation Drawing No..... 5300Q502

CSA, aplicable en IS, Cl. I, Div. 1, Gr. A, B, C, D
CSA Installation Drawing No..... 533XOC03

Aprobación marina:
Det Norske Veritas, Ships & Offshore.. Stand. for Certific. No. 2.4

Aprobación GOST R:
VNIIFTRI, Cert No..... Ross DK.GB06.V00100

Requerimientos observados:
Estándar:
EMC 2004/108/CE EN 61326
Emisión ed inmunidad EN 50014, EN 50020
ATEX 94/9/CE EN 50281-1-1 ed
EN 50284
FM 3600, 3611, 3610
CSA, CAN / CSA C22.2 No. 157,
E60079-11, UL 913

Intervalo = Del rango seleccionado presencialmente

Cuadro 3.20 - Características Técnicas Transmisor 5333B

3.3.6 Sensor de Presión

El sensor de presión fabricado por la compañía Endress+Hauser, Tipo PMC 131 Cerabar T (Posicion 44 – Plano Flonidan N° 0120087) antecede a la válvula mariposa (Posicion 5 – Plano Flonidan N° 0120087). En el siguiente cuadro apreciaremos sus características técnicas.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Fabricante	Endress+Hauser
Modelo	Cerabar T PMC 131
Aplicación	Gases, vapores y líquidos
Modulación	Conector según DIN 43650 /ISO 4400
Rango de Medida	Max. 40 bar
Señal de Salida	4...20mA
Tiempo Estab.	20ms
Desviación	0.5%
Temperatura	-20...+85°C
Protección	IP65
Alliment. Energía	11...30Vdc

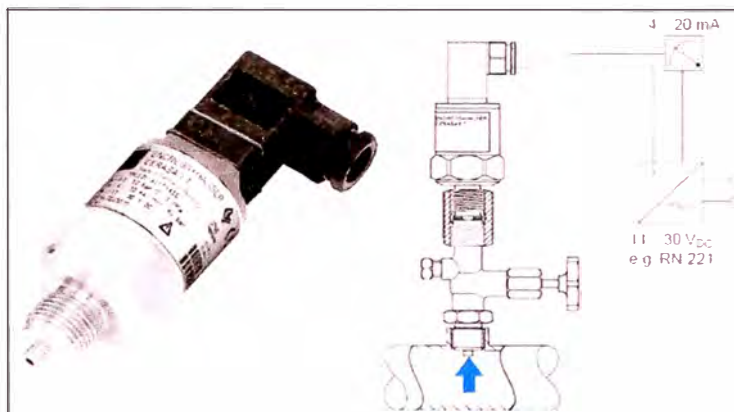


Figura 3.21 – Transductor de Presión PMC 131

Para la calibración , el punto “cero” puede ser ajustado usando el potenciómetro bajo uno de los tornillos del conector de cables. La presión a ser medida causa una pequeña deflexión en el diafragma cerámico. Un cambio en la capacitancia es proporcional a la presión que es medida por electrodos en el sensor.

Este dispositivo sensa y tramite en señal analógica, según norma ISA de 4-20mA, la presión de línea interior del tren de válvula antes de ingresar a la Válvula Reguladora Principal, al Sistema de Control Centralizado del quemador.

3.3.7 Sensor de Flujo

Este dispositivo sensor (Posición 9 – Plano Flonidan 0120087) permite sensar el flujo de gas antes del ingreso a la válvula de regulación principal (Posición 10 – Plano Flonidan 0120087). El diseño esta basado a una turbina de diámetro nominal exterior de 200 mm, en la que la velocidad de giro de los alabes (RPM) es proporcional al caudal de gas que pasa por ella.

Este sensor MZ-200 esta instalado de manera horizontal. Se requiere una distancia de 3 veces el diámetro nominal para que la medición sea principalmente en el estado laminar del fluido gaseoso, según la figura adjunta. Si el diámetro nominal es de $\text{Ø}200\text{mm}$, la longitud minima seria de 600mm.

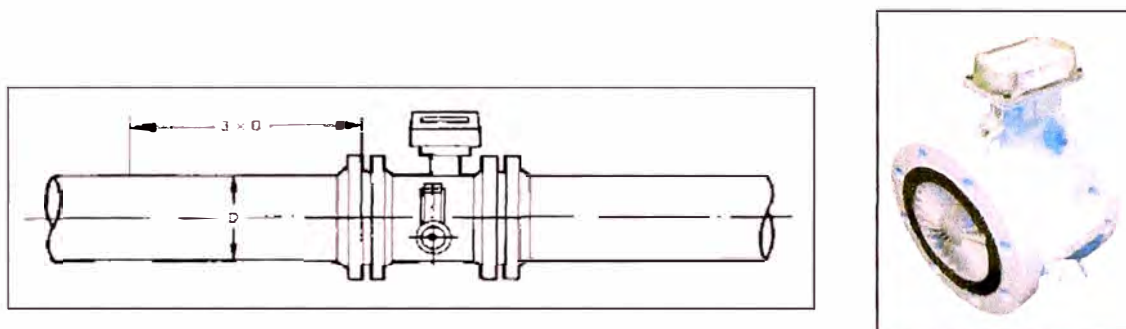


Figura 3.22 – Disposición de distancia del Sensor

El sensor consta de 5 partes principales mostradas en la siguiente figura: El cuerpo del sensor en la que se alojan los demás componentes (1); El Direcccionador y extrangulador que estabiliza y acelera el flujo antes de la turbina (2); La rueda de la turbina,(3); El Acoplamiento magnético el cual “transmite” el movimiento angular de la turbina al totalizador (4); El totalizador es el dispositivo que registra la medición del flujo,(5).

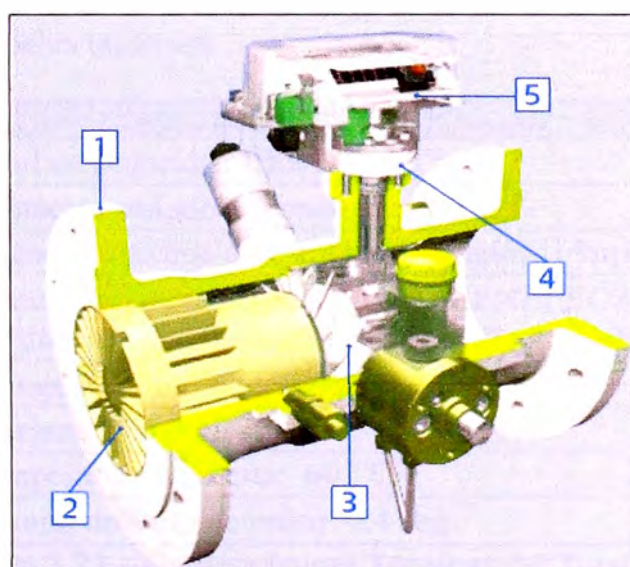


Figura 3.23 – Partes de la Turbina

El totalizador cumple la especificación EEx ia IIB (Especificación de seguridad y garantía de uso en zonas restringidas) , y tiene las siguientes características:

- Resultado mostrado en 8 dígitos.
- Protección IP67 ((Ingress Protección, índice 67) . Hace referencia a la protección contra partículas sólidas (primera cifra) y líquidas (segunda cifra). Así pues, 6 significa resistente al polvo (siendo 6 el índice máximo) y 7, a la inmersión (siendo el 8 el índice máximo, que corresponde a inmersión indefinida).
- Cubierta resistente a los rayos ultravioleta
- Presente un disco óptico integrado que facilita su calibración.

El totalizador esta conectado a un transmisor de baja frecuencia (LF) y se cuenta a su vez para este diseño con un transmisor de alta frecuencia (HF3) . El transmisor de baja frecuencia (LF) esta compuesto por 2 Reed Switch , normalmente abiertos, controlados magnéticamente en al primer tambor del totalizador. Sus características principales tenemos:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
- Nivel de seguridad EEx ia IIB T5
- Contactos sellados herméticamente
- Potencia Máxima de cambio de estado: 169mW
- Fabricación de acuerdo a normas CENELEC (Siglas del Comité Europeo de Normalización Electrotécnica)
- Voltaje Máximo en terminales : 15.5 V
- Corriente Máxima : 52 mA
- Temperatura Máxima: 60 ° C
- Tiempo mínimo de pulso: 0.4 seg

Cuadro 3.23 – Características Técnicas del Totalizador

En relación al transmisor

Sensor	Code (Sales) Designation	Elektrical Data
Slot initiator inductive according to Namur Ex-83 / 2022 X	HF 3 Pulse sensing at turbine wheel	$L_i \leq 40 \mu\text{H}$ $C_i \leq 10 \text{nF}$ $U_b = 7.7-9 \text{ V DC}^*$ Current consumption area free $I \geq 2.5 \text{ mA}$ Current consumption area covered $\geq 0.8 \text{ mA}$ Ex-Approval No. = PTB Ex-87 / 2015 X

Cuadro 3.24 – Características Técnicas del Transmisor HF3

3.3.8 Válvula de Regulación Principal

La válvula de regulación principal es uno de los elementos mas importantes del tren de válvulas. La función de este sistema es regular la presión de ingreso de 9 bar a la línea, a la presión de 1.5 bar en la salida.

Esta válvula reguladora (Posición 10 – Plano Flonidan N° 0120087) opera directamente con una válvula piloto y opcionalmente cuenta con una válvula de cierre rápido. Para esta válvula reguladora, se ha seleccionado adicionalmente una válvula seguridad de cierre rápido (Safety Shut-Off Valve – SSV) La regulación principal la realizan las 2 primeras trabajando en conjunto. El diámetro nominal es 100mm (DN 100), presión nominal de diseño es 16 bar (PN 16) y Caudal de 16000Nm³/h de gas.

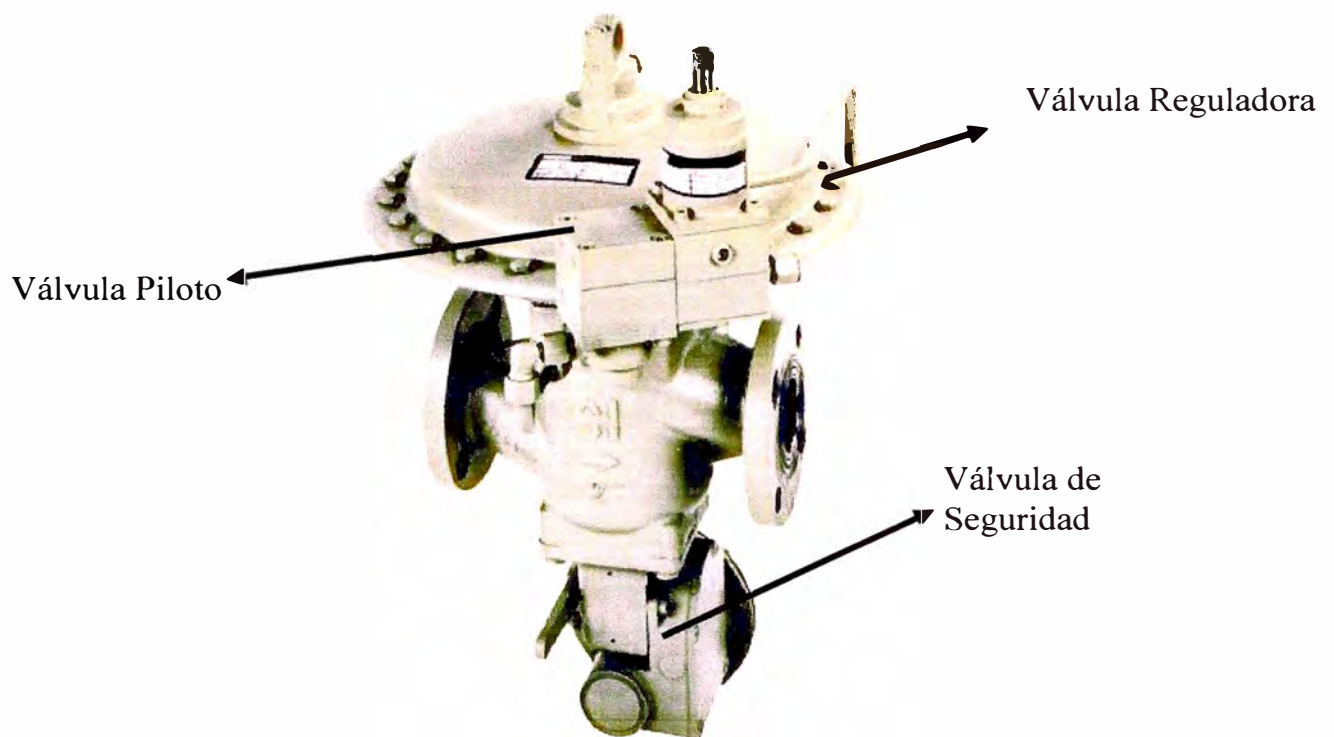


Figura 3.25 - Esquema de la Válvula Reguladora

En principio la Válvula reguladora Actaris, Type RB 4732, esta diseñada para operar en instalaciones con un continuo consumo de gas y una rápida variación del flujo. La precisión en el control de la presión y rápida respuesta del regulador se deben a la correcta operación de la válvula piloto.

La válvula reguladora es una válvula operada por un válvula piloto e integrada a una válvula de cierre rápido. La compensación del balance del sistema asegura un constante presión de salida cuando existan variación en la presión de ingreso.

Inlet pressure	Pe:	(Pa + 0.5 bar) - 19.2 bar / 25 bar
Outlet pressure	Pa:	5 mbar – 13 bar
Accuracy class	5 - 20 mbar:	AC 20 / SG 50
	20 - 50 mbar:	AC 10 / SG 30
	50 - 200 mbar:	AC 5 / SG 10
	0.2 - 13 bar:	AC 2.5 / SG 10
	AG 30 – AG 1	
Temperature range		-20°C to +60°C
Acceptable gases		Natural gas, town gas, propane, butane, air, nitrogen or any non-corrosive gas
Installation		Horizontal or vertical
Safety devices		Optional built-in, safety shut-off valve: Over-pressure shut-off (OPSO) and low-pressure shut-off (LPSO)
Available		Valve position indicator
		Silent version / noise reduction
		Accelerator for rapid closing

Cuadro 3.26 – Características Técnicas

Según la aplicación determinada en la regulación de la presión, se debe seleccionar la válvula y a su vez seleccionar el tipo de Válvula Piloto y el tipo de Válvula de cierre rápido o de seguridad (Shut-off Valve). Para este tren de regulación, según las características de presión de ingreso 5-16 bar y la presión de salida a 1.5 bar, la válvula reguladora elegida para este tren de regulación es la válvula **RB4732**, con **DN 100**.

R	X	X	4	7	X	X	DN	X	Variants
	B								Balanced - High accuracy version
		E							External impulse
					1				Low pressure (TF 511): 5 – 280 mbar
					2				Medium pressure (TF 512): 0.1 – 1 bar
					3				High pressure (TF 513): 0.25 – 13 bar
						0			Without safety devices
						1			Over-pressure shut-off valve
						2			Over- and low-pressure shut-off valve
							25		Orifice (Ø 23 mm)
							40		Orifice (Ø 38 mm)
							50		Orifice (Ø 48 mm)
							80		Orifice (Ø 78 mm)
							100		Orifice (Ø 98 mm)
								S	Silent version

Cuadro3.27 – Selección de Válvula reguladora

Se aprecia que se ha seleccionado la válvula piloto TF513: 0.25 – 13 bar, que esta dentro de la clasificación de presión alta; y el sistema de seguridad elegido es la válvula de cierre rápido (shut-off) por una elevada presión o por una caída de presión. La Válvula piloto puede tener un control manual, eléctrica a través de un motor o una regulación neumática

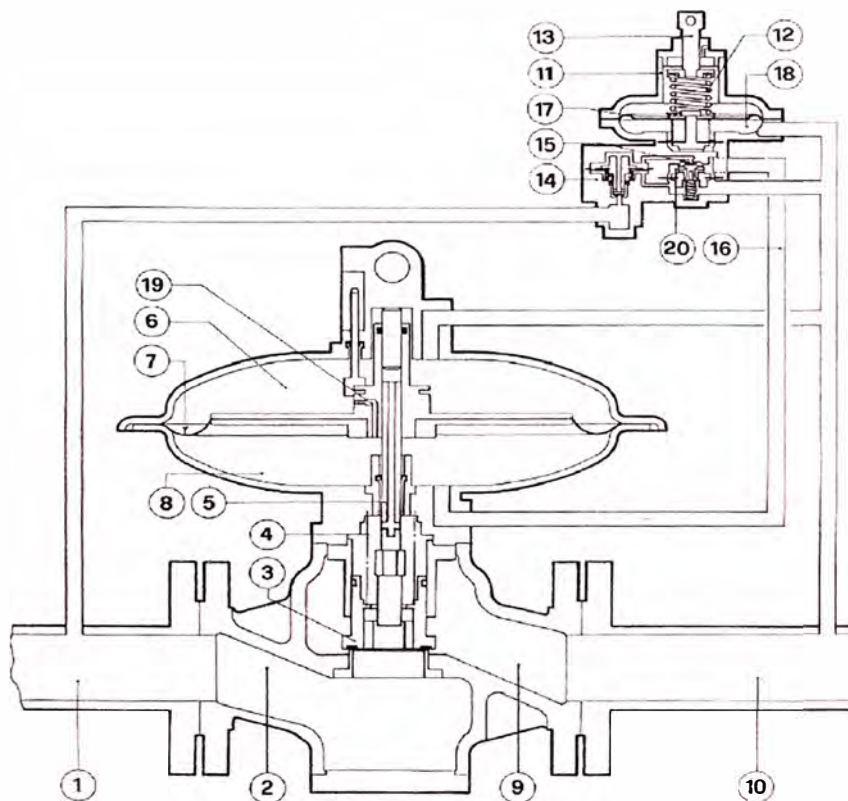


Figura 3.28 – Vista esquemática de válvula

Item	Descripcion	Item	Descripcion
1	Tuberia de Ingreso	11	Cubierta de Piloto
2	Camara Alta Presion	12	Resorte del Piloto
3	Valvula	13	Tornillo Regulacion Piloto
4	Resorte	14	Piloto
5	Brazo	15	Valvula del Piloto
6	Camara Superior	16	Presion Impulso Piloto (Pm)
7	Diafragma	17	Diafragma del Piloto
8	Camara Inferior	18	Camara del Piloto
9	Camara de Salida	19	Canal de fuga
10	Tuberia de Salida	20	Camara de Salida del Piloto

Tabla 3.29 – Partes de Válvula Reguladora

El flujo proveniente de la tubería de ingreso (1), con alta presión, ingresa a la cámara de presión del regulador (2). El regulador es controlado por el piloto (14). Como lo muestra el esquema, la presión de entrada ingresa al bloque de re-reducción (14) y su presión P_e , es reducida a una presión pre-establecida P_{ep} , la cual acciona al piloto (14).

La Presión P_m , controlada por el sistema del resorte y diafragma de la válvula piloto, se conduce por la línea de presión impulso (16) y acciona la cámara de regulación (8). La fuerza de presión en el diafragma (7), causa la apertura de la válvula (3). Esta válvula (3) esta normalmente cerrada por el resorte (4) y por la presión en el cámara superior (6).

El flujo de gas entonces puede pasar de la cámara de ingreso (2) a la cámara de salida (9). Pasando a través de la válvula (3) la presión es reducida al valor P_a . Este valor, P_a , se mantiene constante gracias al piloto, mediante la realimentación desde la tubería de salida (10), el cual controla la apertura de la válvula (3).

En operación, cuando la presión de salida P_a decrece debido a un incremento en la demanda de flujo, el piloto (14), la cámara del piloto (18) y el resorte (12), generan un ingreso de flujo a la cámara de regulación (8) el cual abre mas la válvula (3) para mantener la presión de salida P_a en su valor.

En el caso opuesto, cuando la presión de salida P_a aumenta, el piloto cierra la válvula (15), así cortando la alimentación al actuador. El canal de fuga, mantiene un

constante flujo desde la cámara superior de la válvula (6) hacia la cámara inferior (8), conllevando a que la presión P_m se vuelva igual que la presión P_a y que la válvula (3) se cierre; por lo tanto el flujo hacia la salida es reducido.

La válvula (3) es expuesta a una presión de entrada P_e en su cara inferior y aun presión P_a en su cara superior. A fin de eliminar el efecto de las fluctuaciones de presión de ingreso P_e , los cuales afectan la precisión de la regulación, el brazo (5) es balanceado por el sistema de diafragma.

3.3.8.1 Válvula de Seguridad

Como se mencionó, la válvula que se ha seleccionado (RB4732 DN100) incluye una válvula de cierre rápido o de seguridad (Safety Shut-Off Valve - SSV) por incremento de presión (Over-pressure) y por reducción de presión, (Low-Pressure).

Los valores de set-point para el caso de un incremento de presión (Over-pressure) es de 2.5 bar con un rango de 1.5-3.15 bar; en el caso de una reducción de presión (Low-pressure) es de 0.5 bar con un rango de 0.32-1.0 bar, según la selección del resorte para cada caso.

Según las consideraciones en relación a la presión necesaria y DN 100, se requiere una válvula de seguridad o de cierre rápido (Safety Shut-off Valve – SSV) del tipo 8632.

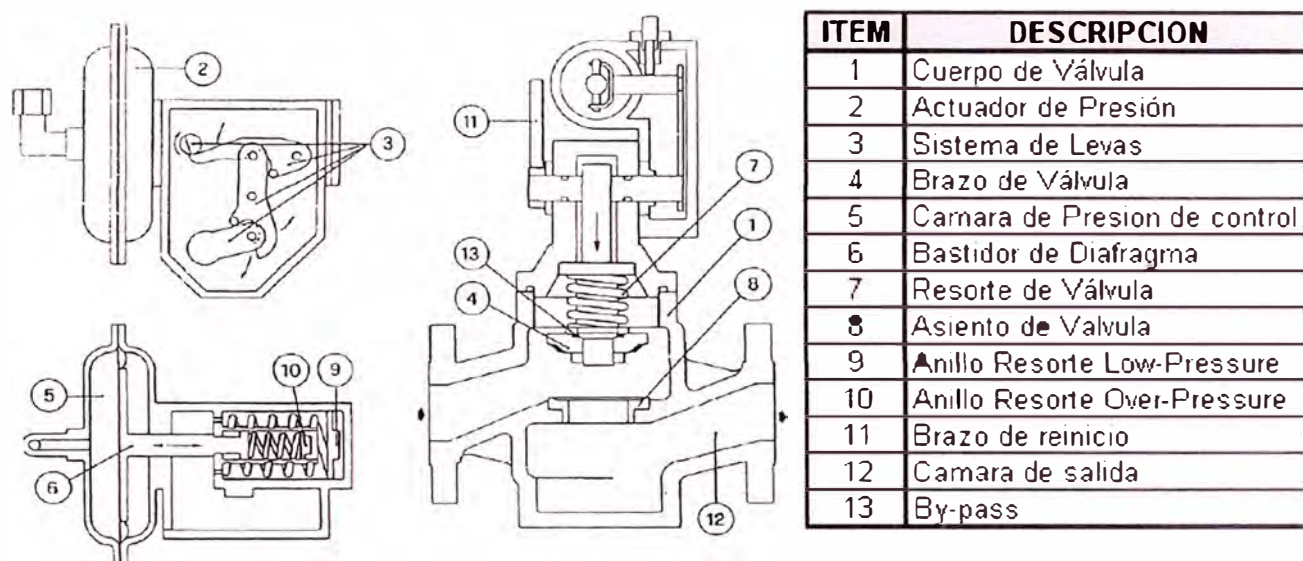


Figura 3.30 – Vista Esquemática de Válvula Shut-Off

La válvula Shut-off se acciona cuando el valor de la presión a ser chequeada en la cámara de presión (5), se incrementa o decrece mas allá de los valores establecidos, moviendo desde su posición de balance al bastidor de diafragma(6); como una consecuencia las levas de control(3) se accionan liberando el brazo de válvula (4). Por efecto de la fuerza del resorte (7), el terminal del brazo de la válvula(4) inmediatamente se pone en contacto con el asiento de válvula (8) y corta el flujo de gas

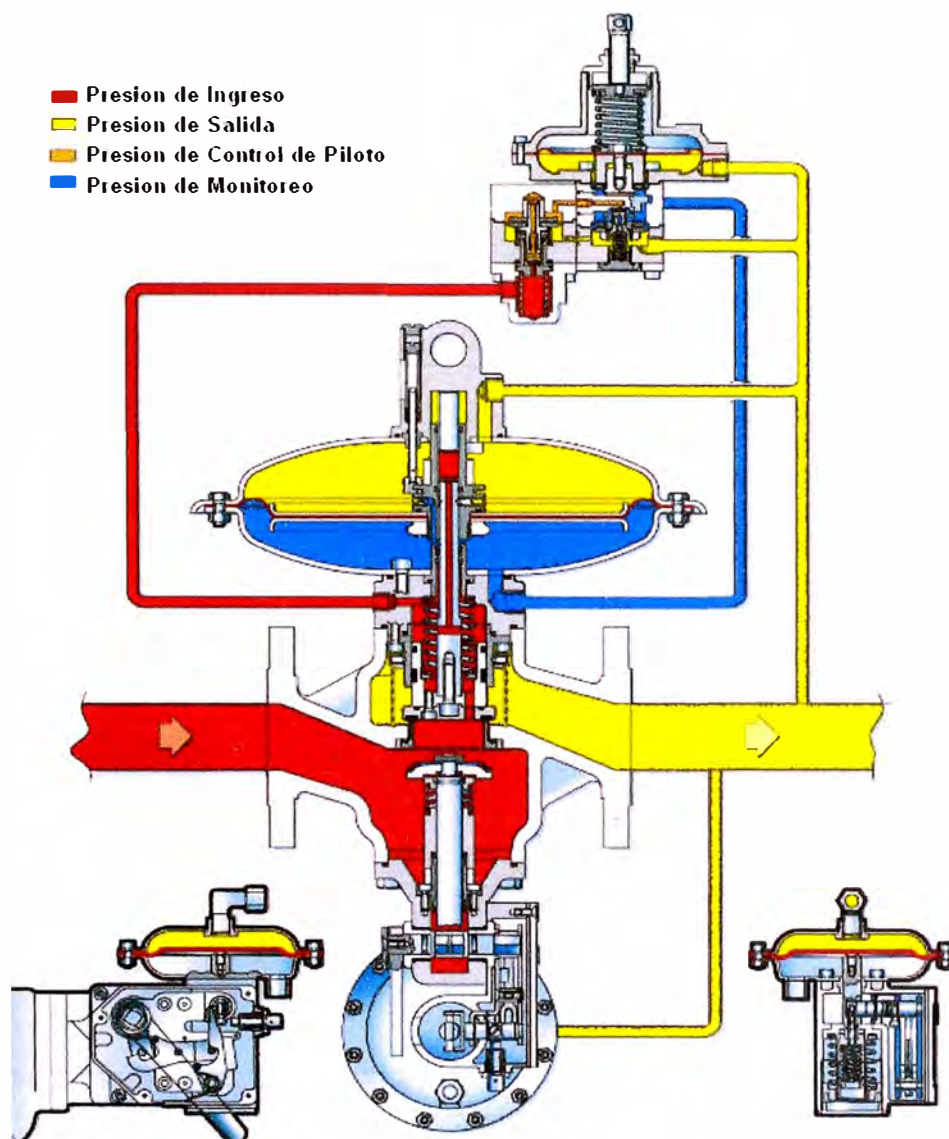


Figura 3.31 – Operación de Válvula

3.3.9 Convertidor I/P

El convertidor I/P (Posición 46 – Plano Flonidan N° 0120087) es un transductor de corriente a presión Tipo 3311.. El transductor se encuentra en la parte superior de la válvula reguladora principal y su función es la de recibir la señal de control del Sistema Centralizado y controlar al posicionador de la válvula piloto y por ende controlar la presión de salida de la Válvula principal de regulación.

El transductor de corriente a presión tipo 3311 acepta una señal de entrada eléctrica y produce una salida neumática proporcional. Generalmente, una señal de 4 a 20 mA se convierte a 0,2 a 1,0 bar (3 a 15 psi).

Para este caso específico, como se mencionó, es recibir una señal eléctrica de un controlador (Sistema de Control Centralizado) y producir una salida neumática para operar el posicionador de la válvula piloto.

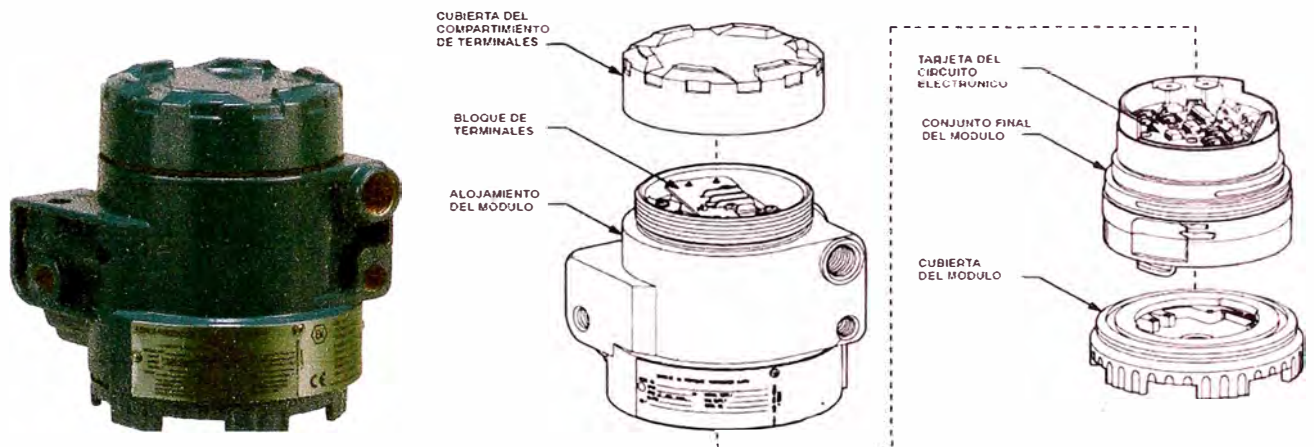


Figura 3.32 – Configuración modular del Transductor

El tipo 3311 es un transductor I/P electrónico. Tiene una sola tarjeta de circuito electrónico, como se muestra en la figura anterior. El circuito contiene un sensor de presión de estado sólido que monitoriza la presión de salida y es parte de una red electrónica de retroalimentación. La capacidad de autocorrección proporcionada por la combinación de sensor/circuito permite que el transductor produzca una señal de salida muy estable y con buena respuesta.

Todos los componentes activos mecánicos y eléctricos del tipo 3311 están incorporados en un solo módulo que se puede reemplazar en campo, el cual se llama conjunto final del módulo. El conjunto final del módulo contiene la tarjeta del circuito electrónico, el conjunto piloto/actuador y la etapa amplificadora. En los párrafos siguientes se describirán las piezas funcionales de este transductor en materia de detalle. La siguiente muestra el diagrama de piezas funcionales.

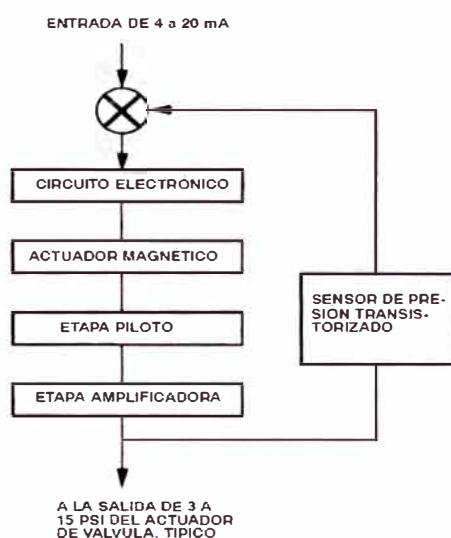


Figura 3.33 – Diagrama de Bloques de Piezas Funcionales

3.3.10 Válvula de Alivio

La válvula de alivio (Posición 13 - Plano Flonidan N° 0120087) es la que permite una protección al exceso de presión del suministro de gas mediante la evacuación de gas a la atmosfera. Esta válvula (Safety Relief Valve) es de acción directa y opera por el recorrido de un resorte y una membrana diafragma. Cuando la presión alcanza el limite establecido, la válvula se abre automáticamente, liberando el exceso de presión y manteniendo aceptable el nivel de gas en el sistema.

Asimismo se usa para protección en caso que haya una falla en el ajuste del regulador principal.

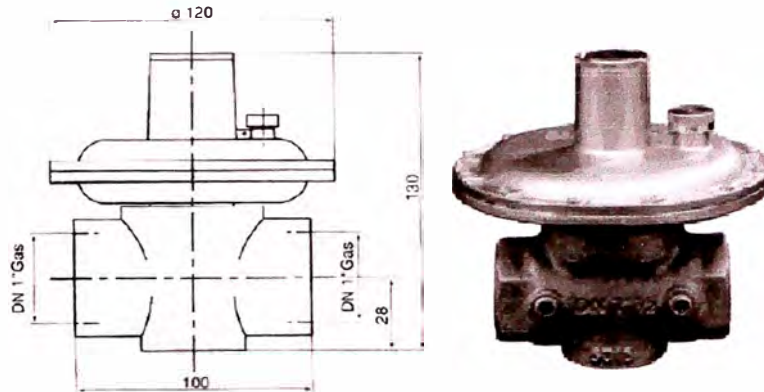


Figura 3.34 – Válvula de Alivio

Los rangos de presión de operación están entre los 8mbar a 5bar. Para este tren de válvulas se ha elegido el tipo VS 803, con un rango desde 2.5 a 5 bar y un dispositivo adicional de para detección de pérdida de gas. Como se recuerda, la presión de línea establecida es de 1.5 bar (Pressure Set Point) a la salida del tren de válvulas.

En relación al flujo de salida de gas que se puede liberar, este regulado por la presión establecida para la salida del tren y el porcentaje de sobrepresión (ver anexo de Características Técnicas)..

3.3.11 Indicador de Fuga

El indicador (Posición 48 - Plano Flonidan N° 0120087) de la válvula de alivio es un dispositivo que permite identificar si es que se esta produciendo una liberación de presión de la línea a través de la válvula reguladora

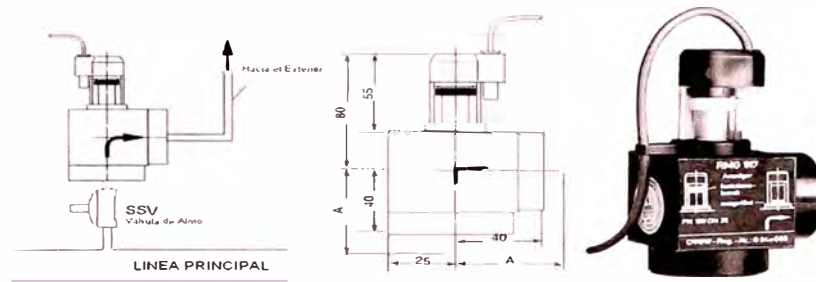


Figura 3.35– Indicador de Fuga

Este dispositivo de monitoreo (RMG-917) opera hasta los 100 bar de presión y a hasta una temperatura de -15°C a $+60^{\circ}\text{C}$; simplifica además el control de la respuesta de la válvula y el ajuste del valor de presión predefinida de la válvula de alivio. Este dispositivo consiste en dos partes: Las partes del Elemento de Control y las partes del Indicador. Las señales son transmitidas desde la cámara de presión hacia el indicador mediante el uso de un sistema magnético interno, de esta forma ya no se requieren sellos especiales para la hermetización del dispositivo.

3.3.12 Válvulas Reguladores Secundarios

En las Posiciones 11 y 12 del Plano Flonidan N° 0120087, se encuentran las válvulas reguladoras de presión Actaris RBI 1732 de las línea para el cierre rápido remoto de la alimentación de gas (Válvula Pos. 11) y la válvula de regulación de presión de la línea de evaluación de fuga y hacia el sistema de ignición (Válvula Pos. 12).

Estas válvulas regulan la presión de salida en la tubería de $\frac{3}{4}$ " a través del resorte y diafragma los cuales mantienen el flujo de gas dentro de los requerimientos de presión establecidos : 1 bar (0.8–1.3 bar) en la válvula para la línea de cierre rápido remoto, y de 2 bar (1.2 -2.3 bar) en la válvula de la línea de evaluación de fuga y hacia el sistema de ignición.

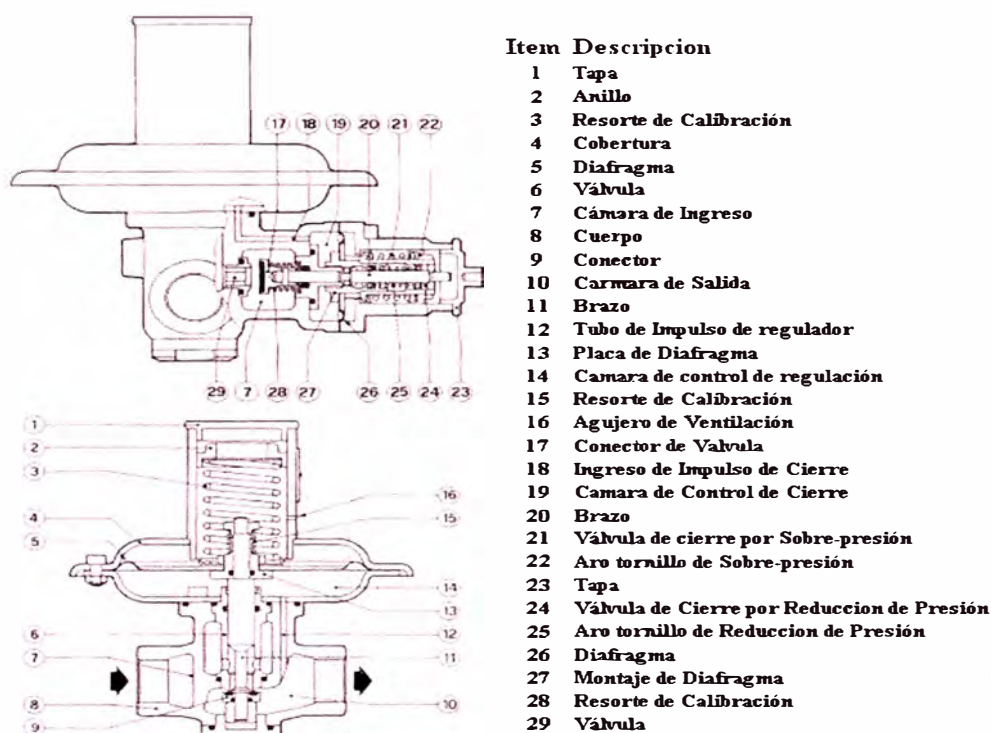


Figura 3.36 – Regulador secundario

Su funcionamiento es similar a la válvula reguladora principal ya que consta de un sistema de regulación por un resorte y una membrana diafragma; aunque este dispositivo no cuenta con una válvula piloto de regulación.

El flujo de gas ingresa por la cámara de ingreso(7) pasando a través de la apertura de la válvula(6) hacia la cámara de salida(10) y fluye en la tubería. El valor de la presión, que viene de cámara de salida(10) a través del tubo de impulso del

regulador(12) ingresa a la cámara de control de regulación(14) y ejerce una fuerza en la superficie del diafragma balanceando la carga del resorte de calibración(3) que acciona el conector de válvula(9) a fin de establecerse en una posición idónea, asegurando la correcta regulación y el flujo requerido.

Si durante la operación, ocurre un incremento de flujo debido a una caída de presión o la presión de entrada decrece, el valor de la presión en la cámara de salida(10) y la cámara de control de regulación(14) tenderán a decrecer. En consecuencia, la fuerza del resorte de calibración(2) mueve la placa del diafragma(13), el brazo(11) y el conector de válvula(9) hacia abajo ajustando la posición de regulación y así posicionando nuevamente el ratio de presión a los valores requeridos. En cambio si ocurre un aumento de presión, los pasos de corrección de la válvula son los opuestos.

La válvula de cierre rápido (Shut-Off valve) se acciona cuando el valor de la presión en la cámara se incrementa o disminuye mas allá de los valores de calibración establecidos y así mueve todo el montaje de diafragma(26-27) desde una posición balanceada. El brazo(20), el cual esta conectado con el conector de válvula(17) es accionado debido a la fuerza del resorte del resorte(28) y automáticamente se pone en contacto con la válvula(29), cortando el paso de gas.

3.4 Sistema de Premezclado

El sistema de Pre-mezclado (Premix-Unit) o Unidad de Pre-mezclado es aquella que acondiciona el aire primario con el gas que proviene de la línea del tren de válvulas para la ignición. Esta línea tiene un paso previo en este sistema de acondicionamiento.

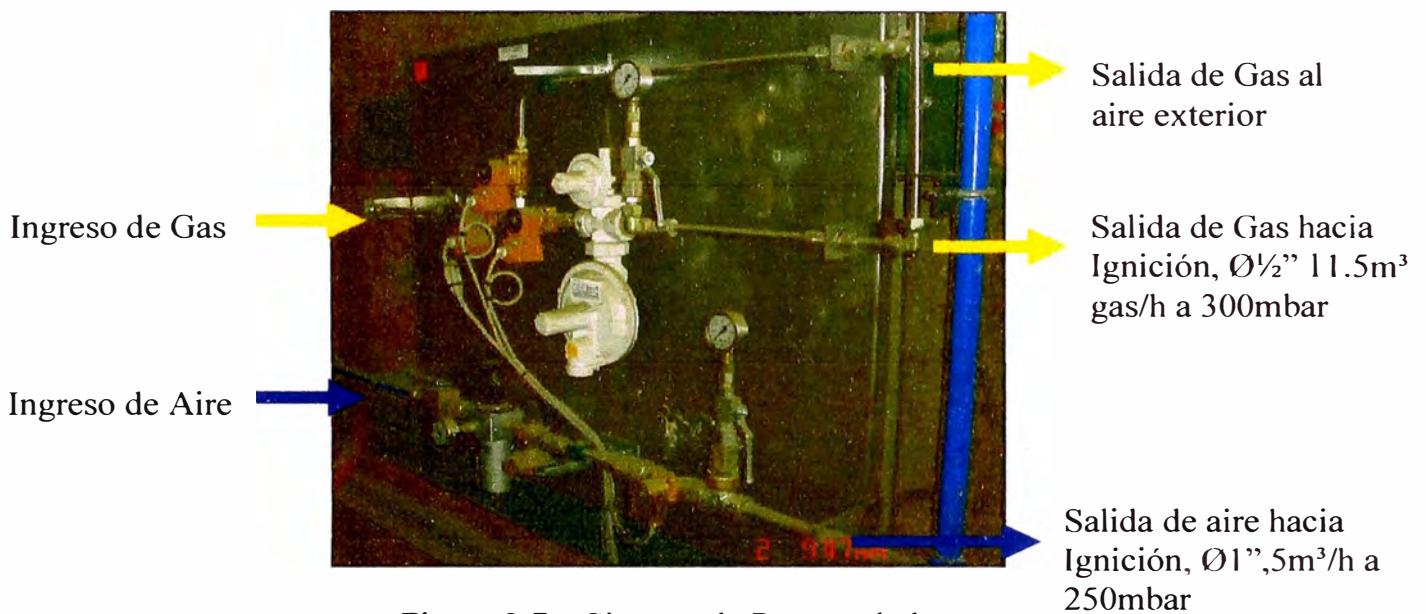


Figura 3.7 – Sistema de Premezclado

Este sistema regula el gas y el aire primario a 300mbar y 250mbar respectivamente previo a su ingreso al sistema de ignición inicial. Las partes y posiciones son detalladas en el Plano Flonidan N° 0120180. En el siguiente figura mostramos las partes principales.

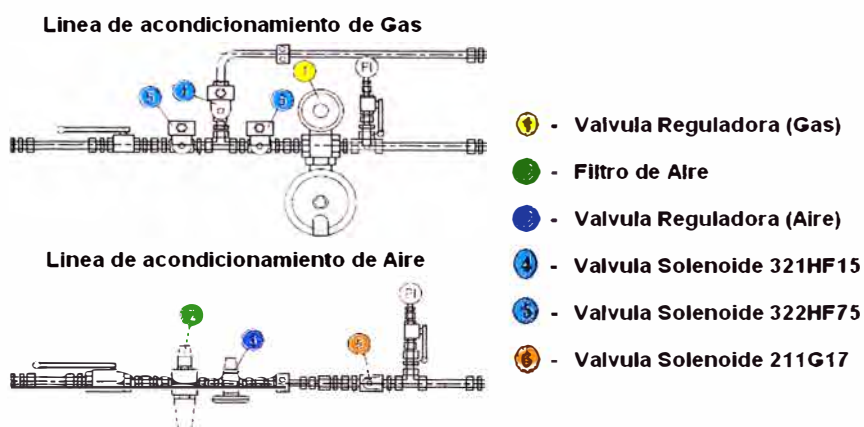


Figura 3.38 – Elementos principales del Sistema de Pre-mezclado

3.4.1 Acondicionamiento del Gas

El gas que ingresa al sistema de acondicionamiento proviene, como se mencionó, de la válvula reguladora Actaris RBI 1732, seteada a una presión de salida de 2 bar en la línea de ½” Se tienen 3 válvulas solenoides (1 válvula en la posición 4 y 2 en la posición 5 – Plano Flonidan N° 0120180) las cuales permiten la apertura, cierre y/o salida del gas hacia el regulador Actaris (Posición 1 – Plano Flonidan N° 012080) para la regulación de salida hacia el Sistema de Ignición a 300mbar o la salida del gas hacia el aire exterior.

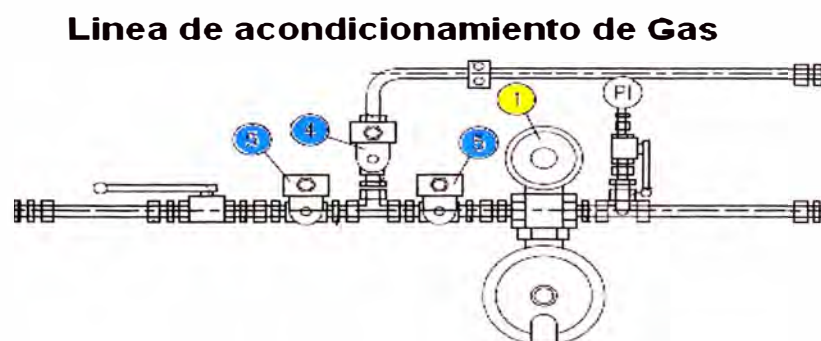


Figura 3.39– Elementos Principales Acondicionamiento Gas

3.4.2 Acondicionamiento del aire

El aire primario ingresa al sistema de pre-mezclado primeramente por el filtro (Pos. 2 – Plano Flonidan 0120180), posteriormente pasa por la válvula reguladora (Pos.3 – Plano Flonidan 012080), que es la que regula el flujo y la presión de salida a $5\text{m}^3/\text{hora}$ máximo a 250mbar. Antes de la salida se tiene una válvula solenoide (Pos. 6 – Plano Flonidan 0120180) Lucifer tipo 221G17, que es la que permite la apertura o cierre de la línea hacia la Ignición.

Linea de acondicionamiento de Aire

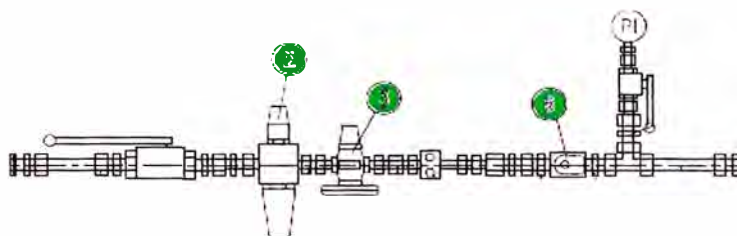


Figura 3.40 – Elementos Principales Acondicionamiento Aire

3.5 Sistema de Cierre Rápido

El sistema de cierre rápido (Shut-Off) es aquel que permite bloquear el suministro de gas de manera brusca ante cualquier malfuncionamiento del mismo.



Figura 3.41– Sistema Shut-Off Cierre Rápido

Este sistema cuenta con una tanque de 20 litros de capacidad de almacenamiento de aire, a una presión de diseño de aire comprimido de 5.5 – 7 bar con un consumo promedio de 0.02 Nm³/min.

El elemento principal de este sistema son los actuadores Kinetrol (Pos. 3 y 4 del Plano Flonidan N° 0120161) y el transmisor de presión Endress & Hauser PMC-31 con una presión de trabajo de 0 a 2barG (Posición 13 del plano Flonidan N° 0120161)

Este Sistema sensa constantemente la presión de salida en línea establecido (1.5 bar) y ante cualquier ocurrencia de variación brusca de la presión a la salida del quemador fuera de los límites de operación corta el suministro a través de las Servo válvulas Kinetrol.

3.6 El Quemador Duoflex DBC

El Quemador Duoflex DBC 457-750-7 es un quemador para hornos de cemento que puede trabajar con carbón, petróleo, gas natural y demás combustibles alternativos de manera independiente como mixta, obteniéndose, por su propio diseño, un mejor control de la flama y transferencia de calor hacia el horno.



Plant	Proj. No.	Equipment	Items	Author	Date
Lima Atocongo KILN 2	04-75004-2	Kiln burner installation	431 700-780	CDJ	25/03/04
Description		Unit	Data		
Fuels					
Possible fuel types:		coal, oil, gas			
Net heat value:	-coal:	kcal/kg	7200		
	-fuel oil:	kcal/kg	9500		
	-natural gas:	kcal/Nm ³	8250		
	-other:				
General					
Burner type:		Duoflex burner DBC-457-750-7			
Thermal capacity:		MW	149		
Capacity range					
	-coal:	t/h	17.1		
	-fuel oil:	t/h	13.0		
	-natural gas:	Nm ³ /h	14400		
	-other:				
Nominal burner pipe I.D.:		mm	750		
Burner hot end length		m	7.0		
Total burner length (approx.):		m	11.0		
Approx. weight of burner (with refractory)		t	13.5		
Approx. weight of total installation:		t	41.0		
Burner Carriage					
Type:		suspended			
Drive:					
	-power installed	kW	1.3		
	-torque:	Nm	141		
Primary Air Ratio (nominal)					
Axial air:		%of L _{max}	5.6-8		
Radial air:		%of L _{max}	0-2.4		
Cooling air (central):		%of L _{max}	1.0		
Total primary air (excl. of conveying air):		%of L _{max}	9.0		
Primary air pressure					
Axial+radial air (common nozzle):		mbar	250		
Exit Velocity					
Axial+radial air (common nozzle):		m/s	205		
Coal/conveying air:		m/s	30		
Fuel Channels, conveying and cooling air (design data)					
Coal:					
	-conveying air	m ³ /min	56		
	-conveying air percentage:	%of L _{max}	2.2		
Compressed air consumption:					
	-valve actuators:	m ³ /min	0.1		
	-oil burner purging at stop:	m ³ /min			
	-oil atomisation:	m ³ /min			
	-ignition gas burner:	m ³ /min	1.6		
	Total:	m ³ /min	1.7 at 6 barG		
Central duct cooling air:					
	-cooling air:	m ³ /min	26.0		
	-cooling air percentage:	%of L _{max}	1.0		
Secondary fuel channels:					
	-conveying air:	m ³ /min	1.3		
	-conveying air percentage:	%of L _{max}	1.0		
Ignition gas burner					
Fuel type:		Fuel gas (natural or LPG)			
Max. thermal capacity		MJ/h	170		
Primary Air Fan					
Design capacity:		m ³ /min	270		
Corresponding primary air percentage:		%of L _{max}	10.4		
Design pressure:		mbar	250		
Power consumption, installed:		kW	200		

Tabla 3.42 – Características operativas del Quemador Duoflex DBC

El aire primario es insuflado a una presión de hasta de 250mbar, lo cual da como resultado una velocidad de insuflado máxima de aprox. 200-210 m/seg

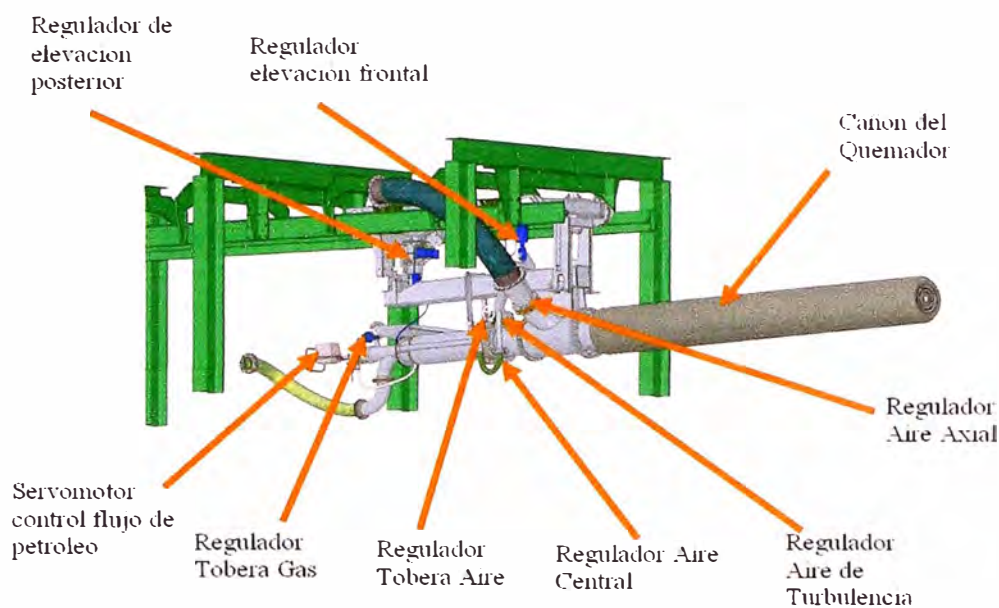


Figura 3.43 – Esquema general del quemador

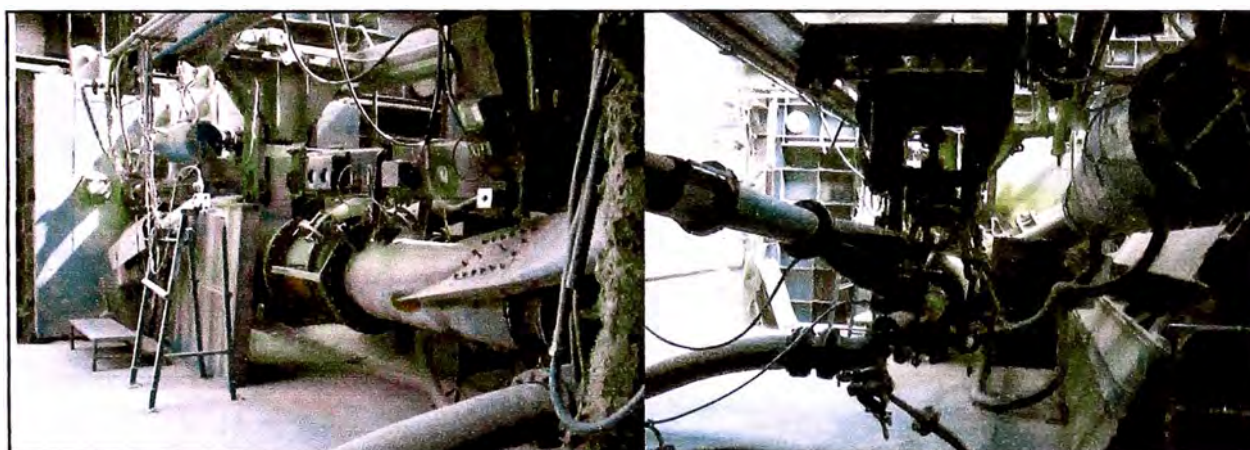


Figura 3.44 – Quemador Duoflex instalado

El Quemador Duoflex basa su diseño en la inyección central de combustible, sea gaseoso o líquido por intermedio de un ducto central el cual está instalado dentro de un conducto anular de carbón, el cual se encuentra rodeado por dos ductos concéntricos, que forman dos canales de aire primario, uno para el aire radial y el otro para el aire axial. Los dos flujos de aire son mezclados antes de ser inyectados a través de la tobera cónica de aire. Los dos ductos de salida forman una estructura

rígida, minimizando la deflexión del cañón del quemador y asegurando un mayor tiempo de vida de la protección refractaria. El aire primario es suministrado por un ventilador de alta presión que produce una presión máxima de 250mbar.

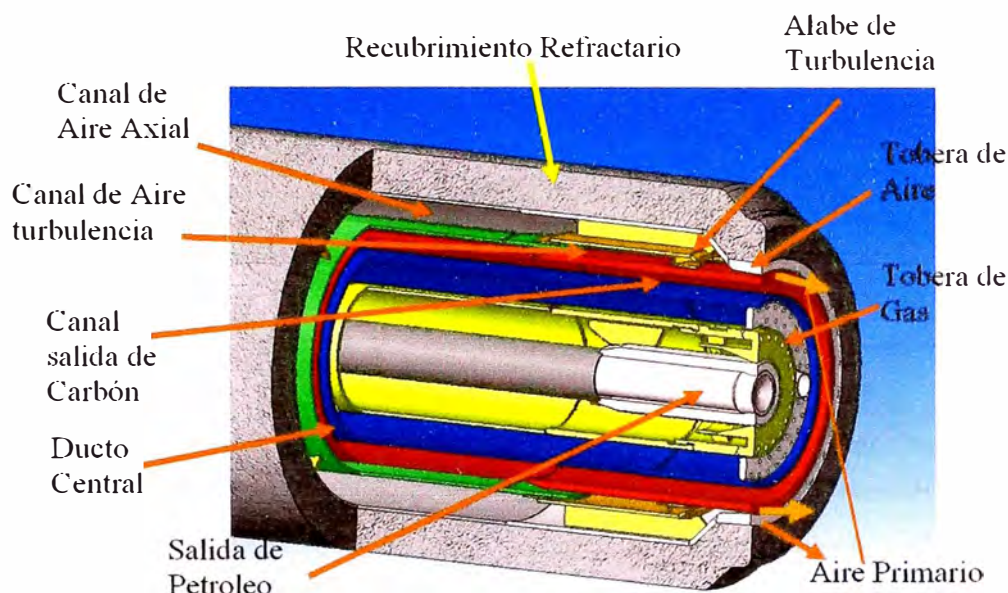


Figura 3.45– Partes Principales del quemador

El ratio de aire axial y de aire radial, y en consecuencia los grados de turbulencia, son regulados por válvulas mariposa ubicadas exteriormente al tubo del quemador. Esta regulación ofrece un amplia panorama de modelamiento de la flama.

El área de la tobera de aire puede ser ajustada dentro del rango de 1:2. En la figura siguiente podemos apreciar cuando la tobera de aire esta abierta se maximiza el flujo de aire primario, a diferencia de que cuando esta cerrada. Esta regulación en el quemador es a través de un accionamiento mecánico manual. Se mantiene cerrada en el arranque y se procede a su apertura en operación normal.

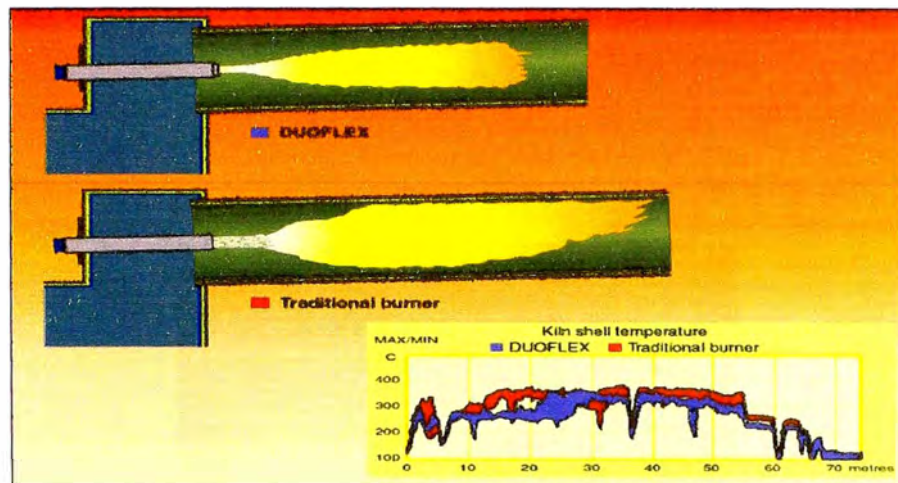


Figura 3.46 - Mejoramiento de Llama

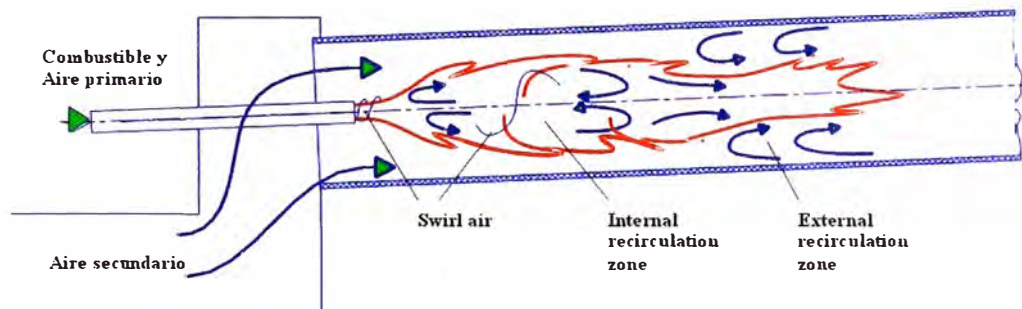


Figura 3.47 - Zonas de la llama

Desde un punto de vista del proceso el quemador Duoflex usado en un horno rotatorio de cemento cumple con los siguientes requisitos.

- El quemador asegura por la combustión completa, un bajo exceso de aire y una mínima formación de monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno.
- El quemador produce un corta, estrecha y radiante flama, que es una condición para la adecuada transferencia de calor de la flama hacia el material en la zona de sinterización.
- La formación de la flama propicia una espesa y estable capa de revestimiento en el material refractario en la zona de quemado del calcinador.

El quemador usa poco aire primario como sea posible sin comprometer la estabilidad durante condiciones normales o de contratiempo durante la operación.

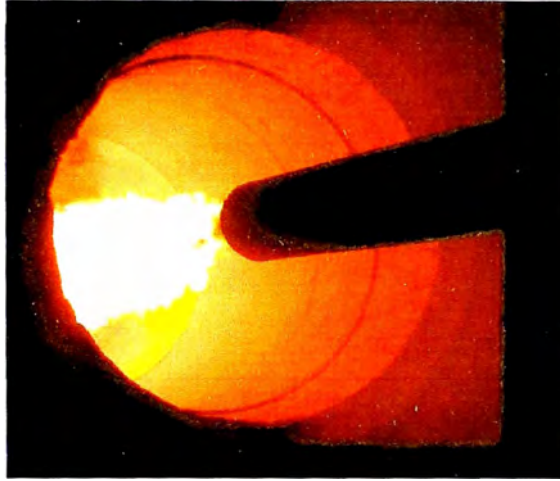


Figura - Llama con el Quemador Duoflex

El quemador Duoflex al ser multicanal, en comparación con el quemador Swirlax que tiene un único e individual tubo, permite un mejor control de la forma de la flama debido a sus canales de separación de aire primario permitiendo la regulación de la cantidad y su velocidad de inyección de forma independientemente a la velocidad de inyección del combustible.

CAPITULO IV

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CALCINACIÓN PROPUESTO

4.1 Procedimiento de Encendido

El procedimiento de encendido del sistema de Calcinación del Horno esta definido en la guía de Operación del Horno el cual se detallan los pautas necesarias para el calentamiento, entrada de material de crudo y la estabilización de las condiciones operativas del mismo.

4.1.1 Condiciones preliminares.

Detallaremos el cuadro de condiciones iniciales previas a la operación de la guía de operación del Horno II.

- 1.- Los Exh. Del Filtro de Mangas (EP-Fan) prendidos. Necesario Filtro1 con la chapaleta a aprox. 30% y en 300 rpm.
- 2.- Combustible Q. Princ...: Carbón ~3.5 t/h; Petróleo 2.5 -2.7 m³/h como calentamiento.
- 3.- Material Crudo recirculando.
- 4.- Horno girando con motor auxiliar: 0.1 rpm.
- 5.- Enfriador trabajando: Aire a 0.40 después de arranque a 0.60. Velocidad igual.
- 6.- Exhaustotes del enfriador trabajando. (~0.3)
- 7.- Electrofiltro trabajando.
- 8.- Elevador de clinker trabajando, dirigido hacia cancha auxiliar.
- 9.- Soltar pendulares si fuera el caso de entrada después de programa de calentamiento.

Cuadro 4.1 - Condiciones Iniciales antes de la Operación

4.1.2 Entrada del Horno

Para la Torre A:

- 1.- Apagar motores auxiliares y prender motor principal del horno a 0.5 rpm.
- 2.- Abrir a 100% chapaleta del filtro 1 de mangas.
- 3.- Arrancar el grupo del Exh. Principal, seteando el arranque en 120 rpm.
- 4.- En filtro 1: Llevar a 100% la compuerta de aire fresco (en automático bajarle $\sim 100^{\circ}\text{C}$ al set point) y la compuerta del 2do. piso setear en 200°C inicialmente, luego de arranque 250°C .
- 5.- Seleccionar la entrada de la Torre 1 con ~ 130 t/h, abrir al 100% la chapaleta del Exhaustor Principal y setear la velocidad en ~ 600 rpm. (500 rpm en entrada con calentamiento 24, 36 horas)
- 6.- Subir combustible en Q.P.: Carbón: ~ 12 t/h; Petróleo 9.0 m³/h; Gas 9,000 Nm³/h, según sea el caso.
- 7.- Abrir el aire primario, asegurando se que este entre 50 a 70 % de abertura.
- 8.- En Filtro 1, colocar en automático el "Controlador de Presión Entrada Filtro 1" y setear en -2.5 el valor del diferencial de presión.
- 9.- Arrancar Calcinador 1, iniciando con 1.5 t/h, (carbón) Como referencia, la temperatura del A-56 con ~ 150 t/h debe estar entre 820 y 830°C .

10.- OBSERVACIONES:

Arrancar el ventilador del Shell del Horno, de ser necesario.

NOx: Indirectamente indica la $^{\circ}\text{T}$ de la llama.

O₂: Si hay más en la Torre que en la entrada al horno, subir más combustible al calcinador y viceversa.

CO: Que no suba mucho, sino subir velocidad de exhaustor principal. (~ 30 en 30 rpm)

Torque: En trend de pantalla de PC, debe estar estable con tendencia ascendente. (Calentando)

Clinker: En pantalla de TV o físicamente debe tener un color rojo intenso y ser brillante.

RELACIONES EMPIRICAS ÚTILES:

- a.) Rpm aprox. del horno: A la carga de la torre, se le resta 40 y se divide entre 100.
 - b.) Combustible en quemador principal: Por cada aumento de 10 rpm en Exh. Principal se puede subir 0,1 t/h de carbón.
- 11.- Cuando el torque empieza a subir y el aire secundario también, (descarga más continua al Enfriador y haciendo cama en 1er. Cuerpo) empezar a subir carga de material crudo de 10 en 10 t/h, regulando el resto de parámetros, según la siguiente secuencia:
- Tiro (rpm Exh.) \rightarrow Carga de material Crudo \rightarrow Velocidad del Horno \rightarrow Combustible
- ↑
- 12.- Antes de que la carga de la torre A llegue a 200 t/h, se puede abrir la chapaleta del Filtro de Mangas 2 a un 50 % para precalentar Torre B.
- 13.- Calentar torre B con calcinador B con 2 t/h de carbón. Arrancar el Exh. Principal con 120 rpm, luego arrancar el carbón.

Cuadro 4.2 - Condiciones Iniciales en Torre A

Para la Torre B:

- 1.- Antes de que la temp. del B-56 llegue a 800°C, cambiar la Diving Gate (D.G.) de descarga del ciclón B-55 en 100% hacia el Calcinador B.
- 2.- Cuando la temp del B-56 llega a 800°C, subir las velocidades: Filtro de Mangas/Exh. Principal: 350/300 rpm. Seleccionar la alimentación con 20 t/h seguidamente abrir la chapaleta del Exh. Principal a 100%.
- 3.- Subir combustible del Calc. B entre 8 a 9 t/h.
- 4.- Cuando la temp. del B-56 llegue, entre 820 y 830 °C, se cambia la compuerta D.G. de descarga de A-56 hacia Calcinador B.
- 5.- Subir rpm.de Filtro de Mangas/Exh. Principal en 850/800 rpm., colocar en automático el "Controlador de Presión Entrada Filtro 2" y setear en -2.5 el valor del diferencial de presión. El vacío en el ducto de Aire Terciario debe estar entre -3 a -4 mbar.
- 6.- Con el combustible del Calcinador B, mantener la temp. del B-56 entre 860 y 880°C inicialmente.
- 7.- Subir la velocidad del horno gradualmente de 0,3 en 0,3 rpm. según subida del torio.

Cuadro 4.3 - Condiciones Iniciales en Torre B

4.1.3 Gas en Quemador Principal Horno II

	Calentar desde 0	Horno listo para alimentar	
Regla A/P (mm)	0	50 - 55	
Aire Axial (%)	0	100	
Aire Radial (%)	100	30 -40	
Chapaleta Aire Primario (%)	5 - 10	45 - 50	Con petróleo 55-60%
Masario del Gas (mm)	0	25	
Presión del quemador óptima (bar)	0,6	GAS	
Máxima presión del quemador (bar)	1,2		
Rango presión del quemador (bar)	0 - 1,5		
Menos A/P con gas aumenta zona de enfriamiento			
Más A/P con gas disminuye zona de enfriamiento y genera monolito en la punta del quemador			
Cuando hay menos de 2500 Nm ³ /h de gas no es necesario abrir el cono del gas y hasta 16 horas no es necesario abrir el axial			
PILOTO			
El piloto tiene 10 segundos para detectar llama	presión del gas (bar)	0,24	
	presión del aire (bar)	0,2	
MOMENTUM DE LA LLAMA			
Gas o petróleo	1400 - 1600	m/s %A/P	
Carbón	1600- 1800	m/s %A/P	
Coke con volátiles menores a 12%	2000 -2400	m/s %A/P	

Cuadro 4.4 - Condiciones para la Entrada de Gas en Quemador Principal

Al estabilizar la temperatura a 1450°C, se corta el suministro de Petróleo hacia el quemador principal, se retira la lanza de petróleo TSFM y se empieza con la alimentación de Carbón, de tal forma que el Quemador principal quede trabajando con Gas en un 60% y Carbón en 40% .

4.2 Sistema de Control del Quemador

Primeramente es necesario conocer el Sistema de Control de Operación del Sistema de Control distribuido, de Cementos Lima S.A.

El Sistema de Control Distribuidos que Cementos Lima S.A. utiliza es el CEMAT que esta basado en el Sistema de Control de procesos SIMATIC PCS 7 de Siemens. Este es un sistema de control diseñado específicamente para planta cementeras.

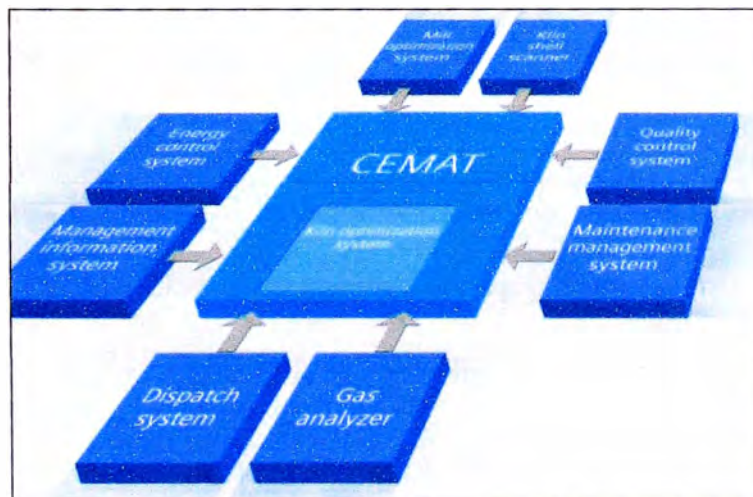


Figura 4.6 – Diagrama de Integración del CEMAT

La interfase del CEMAT para visualización de las condiciones operativas del proceso se realiza a través de la Interface Lookout, en la que únicamente se puede visualizar las variables del proceso mas no su control.

El requerimiento del proyecto hacía necesario el establecer un enlace de comunicación por medio de la red profibus entre los PLC de los quemadores y un PLC maestro de la red de Cementos Lima. Por tal motivo se uso como PLC maestro el PLC03 (Simatic S5), el cual tiene un modulo IM308 para comunicación profibus.

El control que Cementos Lima S.A. realiza de este nuevo sistema de calcinación es únicamente de ON/OFF, ya que los algoritmos de control del PLC instalado en el tablero de FLsmith realiza sus propios lazos de control, por tanto la comunicación entre el Sistema de Control del Quemador Principal y el Sistema Cemat se centra en las señales entre los PLC's esclavos direccionados hacia el PLC03 (PLC maestro).

Este sistema consta de 2 quemadores para los calcinadores, controlados por un PLC S7 300 CPU 315-2DP, y un quemador para el horno, controlado también por un PLC S7 300 CPU 315-2DP, ambos sistemas deberán ser integrados al sistema CEMAT.

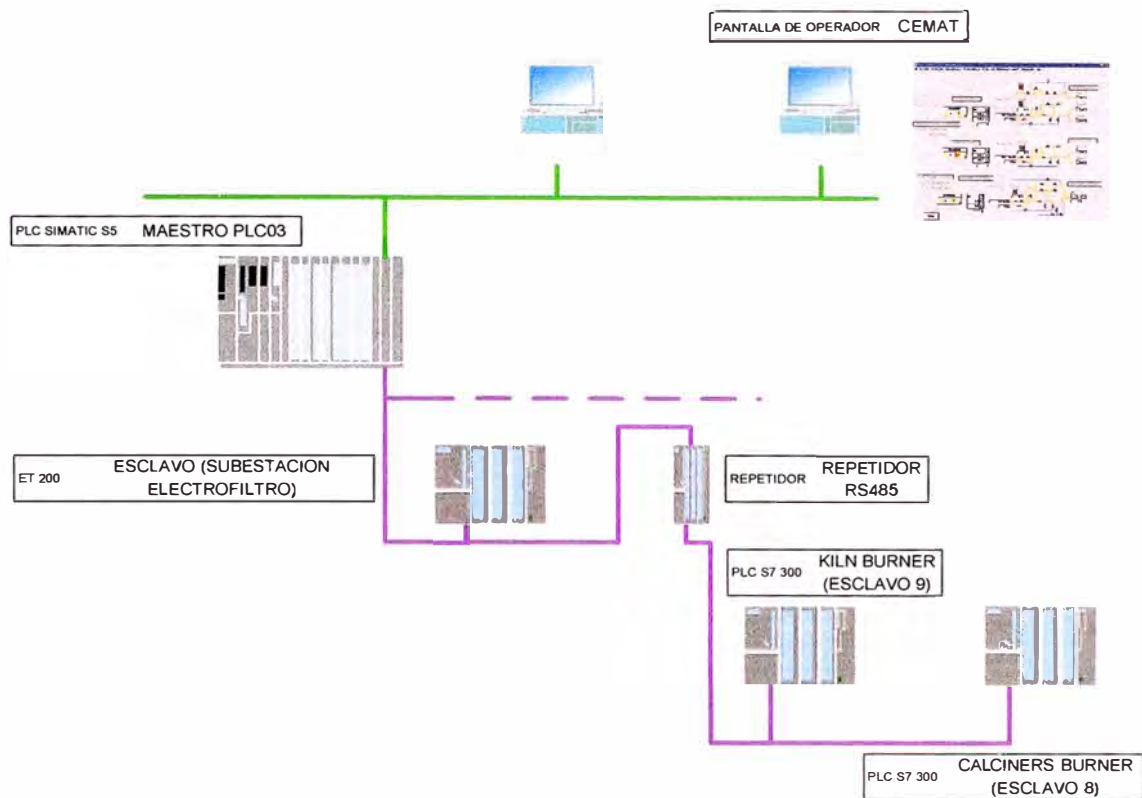


Figura 4.5 – Estructura de Control

Para prevenir fallas en el nuevo segmento de bus que ocasionen la pérdida de comunicación en todo el bus y por la extensa distancia del bus se determinó colocar un repetidor “REPEATER RS485” al inicio del nuevo segmento en la subestación del Electrofiltro de manera que aisle el nuevo segmento de bus ante cualquier falla.

El PLC maestro “PLC03” se comunica con sus Esclavos Profibus por medio de la tarjeta IM308. Los esclavos profibus (los 2 nuevos esclavos son el PLC KILN BURNER y el PLC CALCINERS BURNER) se configuran en la IM308 usando el programa de configuración COM-PROFIBUS; La velocidad del bus es 187.5 Kbps

4.2.1 Pantalla de objetos en el Look_Out

Cuando se realizó la interconexión entre el Sistema de Control del Quemador Flsmith con el Sistema de Control CEMAT se crearon pantallas de visualización de las variables mostradas en el PLC maestro.

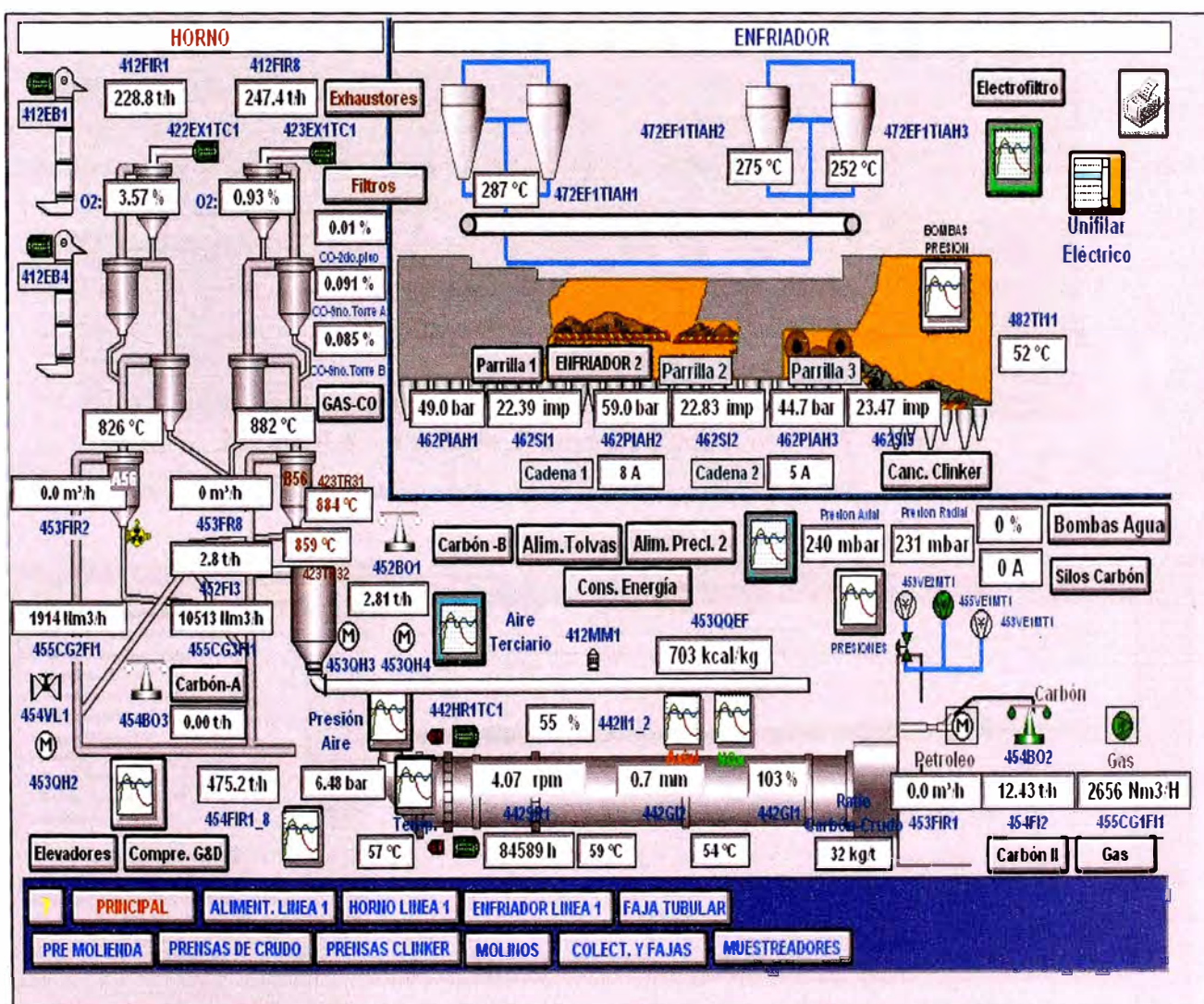


Figura 4.6 – Pantalla principal

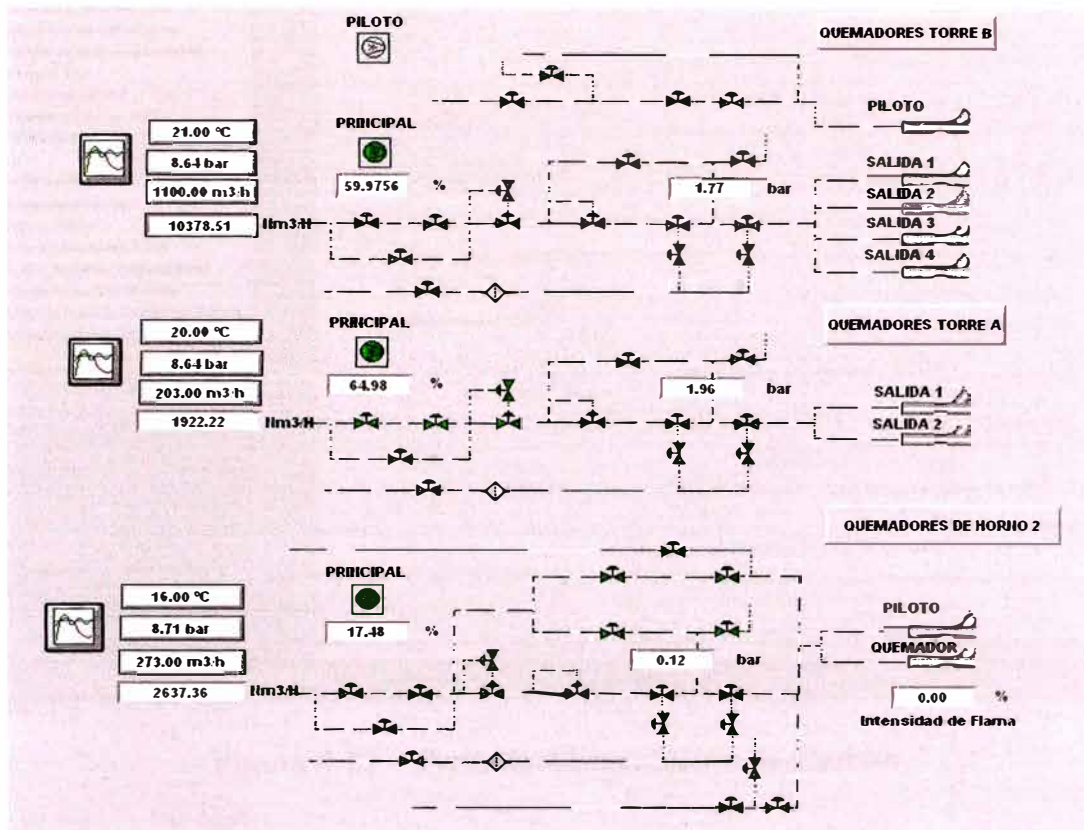


Figura 4.8 – Pantalla Trenes de Reducción de Presión

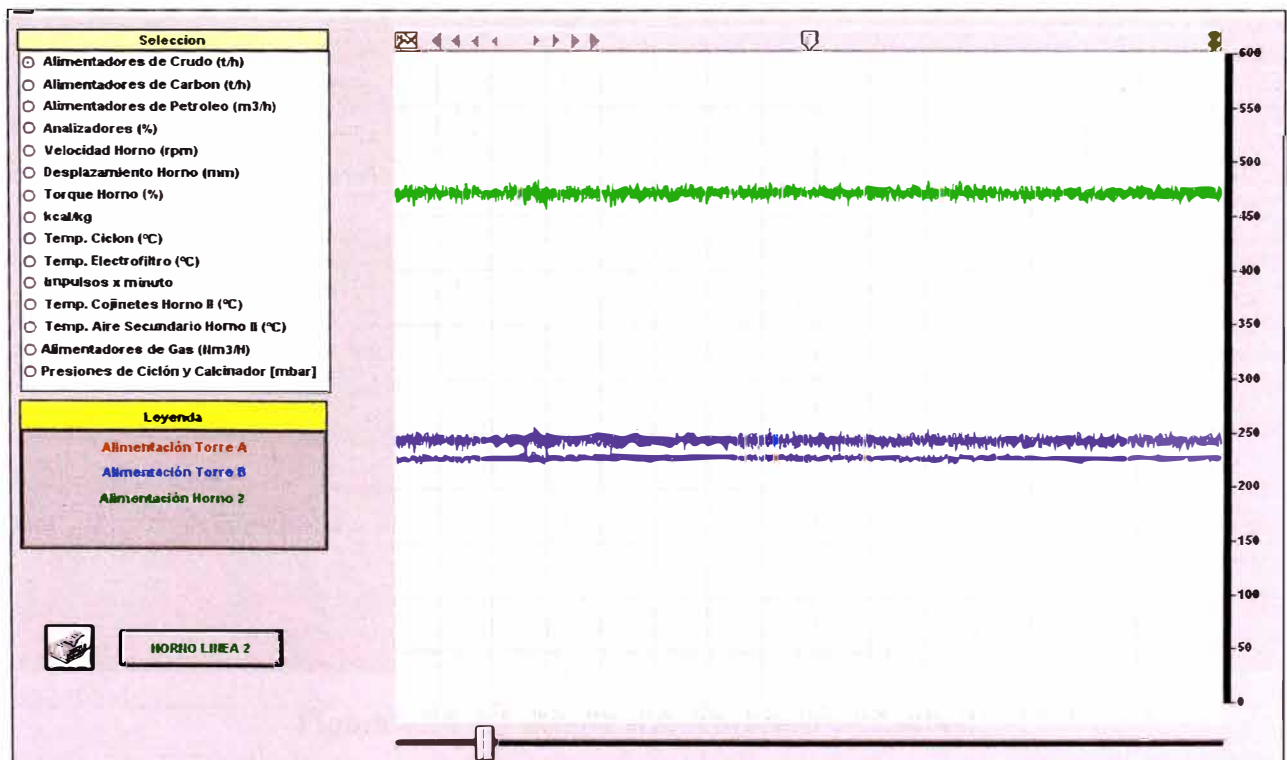


Figura 4.9 – Pantalla Alimentación de Crudo al Horno

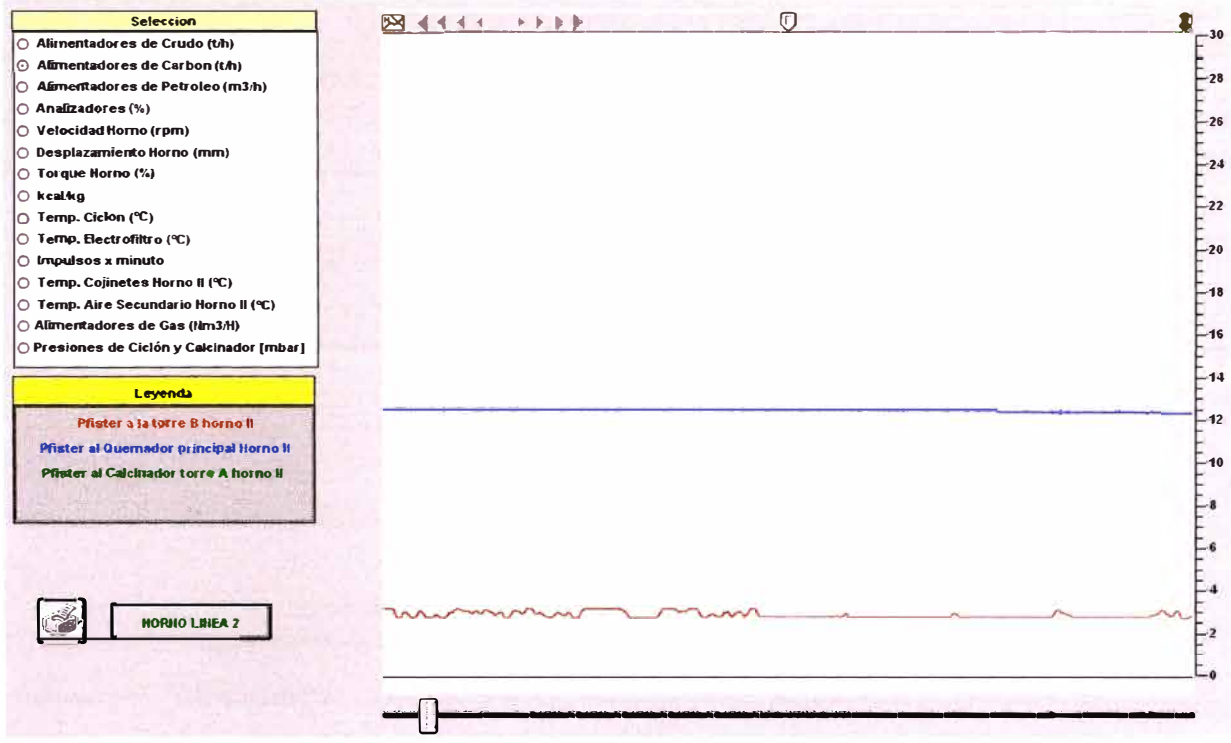


Figura 4.11 – Pantalla Alimentación de Carbón

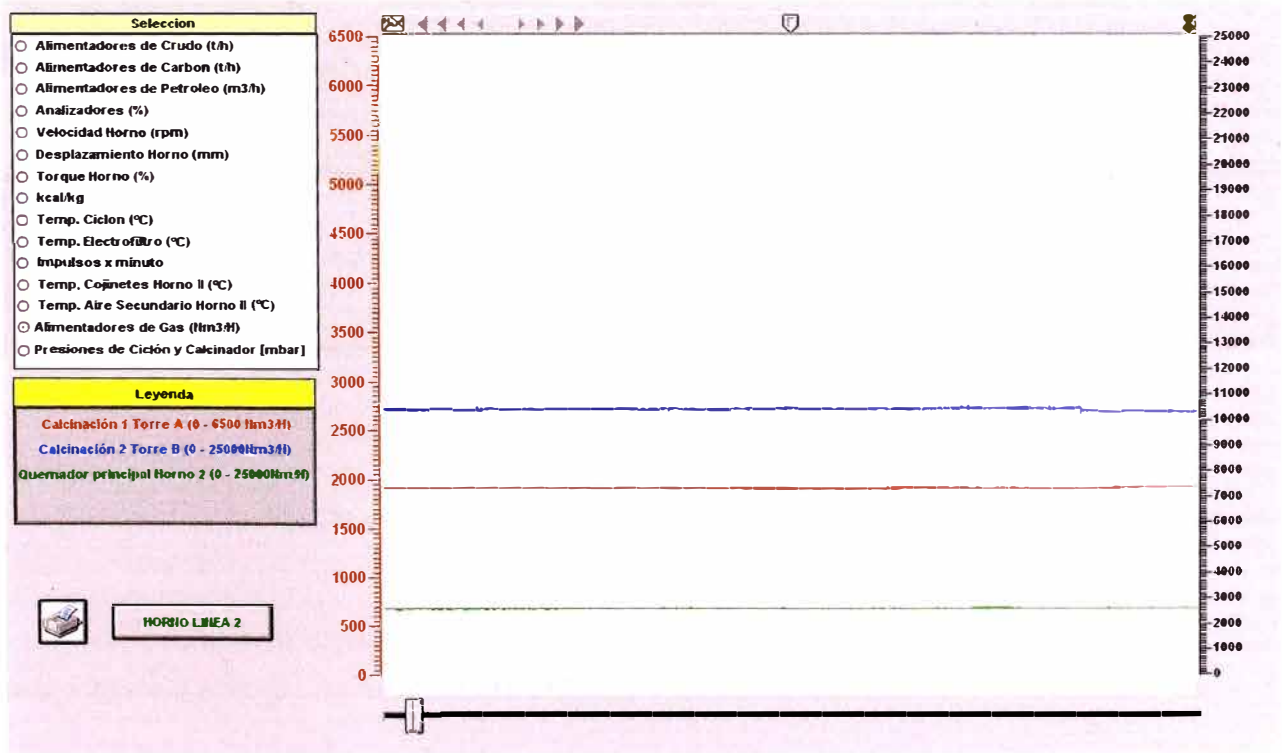


Figura 4.11 – Pantalla Alimentación de Carbón

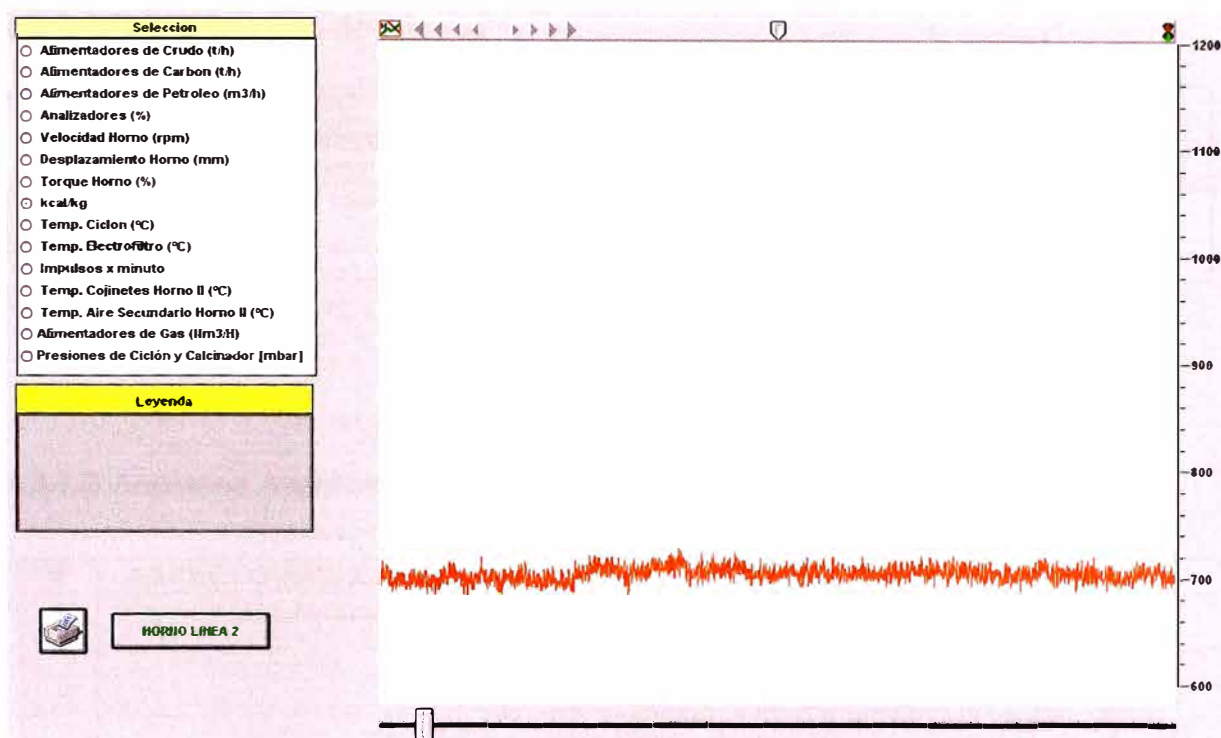


Figura 4.11 – Pantalla Consumo Energético Específico

4.3 Consideración para la Seguridad

Es necesario establecer los lineamientos y acciones para responder ante una eventual fuga de Gas Natural (GN), de manera que se controle la emergencia, salvaguardando la vida de los trabajadores, los bienes de la empresa y minimizando el consecuente impacto ambiental.

4.3.1 Consideraciones Básicas y Específicas

Se consideran los eventos en la Estación reguladora principal y medición primaria, en las manguera y equipos de GN, asimismo la posibilidad de explosión y su efecto posterior como posible causante de un incendio.

4.3.1.1 Identificación de riesgos

N°	PELIGRO	CONTROL
1	Fuga de Gas Natural	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección periódica de tuberías y empalmes; • Monitoreo de gases en las zonas aledañas a las tuberías e instalaciones (LEL); • Señalización y mantenimiento periódico de las válvulas de cierre y tuberías.
2	Fuego por incendio	
3	Gases y humos tóxicos por incendio	

Tabla 4.12 - Principales peligros

4.3.1.2 Aspectos Ambientales de la Emergencia

N°	ASPECTO AMBIENTAL	CONTROL
1	Fuga de Gas Natural	<ul style="list-style-type: none"> • Inspección periódica de tuberías y empalmes; • Monitoreo de gases en las zonas aledañas a las tuberías e instalaciones (LEL); • Señalización y mantenimiento periódico de las válvulas de cierre y tuberías.

Tabla 4.13 - Aspectos Ambientales

4.3.2 Descripción de Instrucciones

Antes de ocurrido el evento

<u>ACCION</u>	<u>RESPONSABLE</u>
Inspección y mantenimiento periódico a las tuberías e instalaciones de GN, manteniendo sus respectivos registros.	DMM
Codificar las válvulas y mantener legible la codificación	DPR
Capacitar al personal operario sobre el sistema de GN	DPR
Mantener limpia y visible la señalización referente a las instalaciones de GN	DPR
Capacitar a la brigada de emergencia	SHI
Monitoreo periódico de gases en las zonas aledañas a las tuberías e instalaciones de GN	SHI

Tabla 4.14 - Acciones previas antes de Fuga y/o incendio

Durante el Evento

<u>ACCION</u>	<u>RESPONSABLE</u>
Retirarse a un lugar seguro, alertando a las personas que se encuentren por la zona y comunicando de la emergencia al anexo 181.	Persona que detecta la emergencia
Activa el Plan de Respuesta a Emergencias, comunicando del hecho al Cuarto de Control y al Jefe de SHI.	Centro de control de emergencias
Corta en forma remota el flujo de GN hacia la zona involucrada en la emergencia y dispone al operario de la zona el corte del flujo de GN hacia dicha zona mediante las respectivas válvulas de cierre principales.	Operador del cuarto de control
Si la fuga no puede contenerse con las instalaciones de la planta, se solicita al proveedor (Calidda), el cierre principal de abastecimiento a Cementos Lima S.A. (Válvula ZLC-10011-1 ubicada a espaldas del estadio) a través del teléfono de emergencia 616-7899	Operador del cuarto de control
En caso la persona que comande la brigada de emergencias observe que la emergencia puede sobrepasar la capacidad de la brigada, solicita al Centro de Control de Emergencias, el aviso al Cuerpo General de Bomberos.	Brigada de emergencias
Enfriar equipos e instalaciones que hubieran sido expuestas al fuego y/o a calor radiante con el uso de las mangueras contra incendio	Brigada de emergencias

Tabla 4.15 - Acciones durante el evento de Fuga y/o incendio

Después de ocurrido el evento

<u>ACCION</u>	<u>RESPONSABLE</u>
Búsqueda y rescate de heridos, en caso hubiere	Brigada de emergencias
Restablecer las condiciones originales de operación	DPR
Investigar el evento a fin de determinar las posibles causas del siniestro	DPR / SHI

Tabla 4.16 - Acciones durante el evento de Fuga y/o incendio

CAPITULO V

RESULTADO DE LA IMPLEMENTACIÓN

5.1 Performance del Proceso con el Nuevo Sistema

Una de las dificultades en la conducción del horno es la formación de pegamentos (Silicatos Dicalcicos- Ca_2S) y por ende atoros en el precalentador del horno llegando incluso a parar el horno. Estos pegamentos son formados principalmente por precipitaciones complejas cuyo componente principal es el azufre en sus diferentes combinaciones, siendo el gas natural un combustible exento de azufre nos da la oportunidad de disminuir ó anular estas nocivas formaciones sulfatadas.

*Microscopia Óptica de clinker
CLINKER TIPO I HORNO II
17/05/06 COD. 333958*

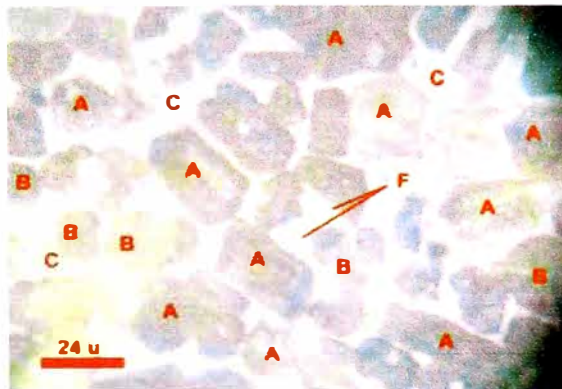


Figura 5 .1 Clinker obtenido

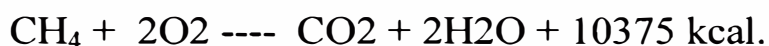
Los resultados demostraron que la reducción de SO₃ en el clinker obtenido empleando el gas natural como combustible, permitirá menor consumo de calizas correctivas, reduciendo sus costos, así como el mejor aprovechamiento de las calizas.

Los análisis estadísticos muestran que el cambio de combustible afecta a la resistencia solo a edades iniciales y altera ligeramente el tiempo de fraguado inicial, pero no el fraguado final ni las resistencias finales.

Los cementos producidos con carbón y gas natural no presentan diferencias significativas en las resistencias a la compresión.

5.1.1 Gases Liberados durante la Combustión

En el proceso de la combustión con Gas Natural se tiene:



En el proceso de la combustión con Carbon se tiene:



Tomando como base 7500 Tn de Clinker

Gas Natural	
PCI gas Natural	8700 Kcal/Nm ³ de gas
Consumo Térmico	720 Kcal/Kg clinker
Consumo Específico	82.76 Nm ³ /Tn clinker
Consumo de Gas según Base	620,690 Nm ³ de Gas

Figura 5.2 - Combustión Gas Natural

Carbón	
PCI del carbón	6700 Kcal/Kg carbón
Consumo Térmico	720 Kcal/Kg clinker
Consumo Específico	106 Kg carbón/Tn clinker
Consumo de Carbón según Base	795 Tn de Carbón

Figura 5.2 - Combustión de Carbón

Los gases liberados serían 120 Nm³/s en el caso del gas natural y 109.25 Nm³/s en el caso del carbón, el cual indica que esa sería la cantidad máxima de gases a liberar ya que esa cantidad es la cantidad de entrada al Filtro del mangas.

Gas Natural		Carbón	
CO ₂	8.31 Nm ³ /s	CO ₂	13.02 Nm ³ /s
CO ₂ por desc.	30.71 Nm ³ /s	CO ₂ por desc.	30.71 Nm ³ /s
SO ₂	0 Nm ³ /s	SO ₂	0.05 Nm ³ /s
N ₂	61.24 Nm ³ /s	N ₂	59.03 Nm ³ /s
H ₂ O	19.98 Nm ³ /s	H ₂ O	6.44 Nm ³ /s
TOTAL	120.2 Nm³/s	TOTAL	109.25 Nm³/s

Figura 5.3 - Gases liberados

Por tanto, si se usara 100% gas natural, habría una reducción de producción de 11% a ya que se está considerando 109.25 Nm³/ de gases calientes como máxima capacidad del sistema del horno podemos producir.

Si consideramos producciones de gases calientes típicas en la industria tendremos que la máxima producción con 100% Gas Natural como combustible será de 7,131 TM/día, y la calculada es de 6716 Tn Clinker diario, por lo que su uso único está descartado.

5.1.2 Cálculo de Consumos Energéticos Específicos

Para una alimentación de crudo de 480 Tn/h a ambas torres prealimentadoras en conjunto y con un factor de Crudo-Clinker de 1.52 se tienen un producción de :

Cantidad de Clinker por hora : $480 \text{ Tn/h} / 1.52 = 315.78 \text{ Tn / hora.}$

Poder Calorífico del Gas Natural: 8700 Kcal/Nm^3

Poder Calorífico del Carbón (Mezcla de Bituminoso con Antracítico en proporción de 50% cada uno de ellos) : 5731 Kcal/Kg
(Fuente: Div. Carbón Cementos Lima S.A.)

Por tanto, considerando Poderes Caloríficos por diseño del Horno y por diseño, para producir 7500 Tn de clinker día , el consumo específico de energía deber ser de **691.4 Kcal/Kg** de clinker producido

En la operación conjunta de Gas y Carbón se tiene :

	FLUJO DE COMBUSTIBLE		CONSUMO ENERGÉTICO			CONSUMO ESPECIFICO (Kcal/Kg-Clinker)
	Gas Natural (Nm ³ /h)	Carbón (Tn/h)	Gas (Kcal/h)	Carbón (Kcal/h)	Calor Total (Kcal/h)	
Calcinador Torre A (Usa solo gas)	1400		12180000		12180000	38.57
Calcinador Torre B (Carbon y Gas)	10000	2.8	87000000	16046800	103046800	326.3148667
Quemador Principal (Carbon y Gas)	2700	13.9	23490000	79660900	103150900	326.6445167
	TOTAL		122670000	95707700	218377700	691.5293833

Cuadro 5.2 - Consumos Especifico de Operación

Se aprecia que se esta muy cerca del valor de consumo calorífico diseñado, por lo que está consiguiendo producir las 7500 Tn de clinker por día, con un valor aproximado al consumo específico de diseño, pero usando un combustible tan limpio y económico como lo es el Gas.

5.2 Beneficios Operacionales

El uso del Gas Natural como combustible incide directamente en:

- El Gas Natural esta disponible en forma continua, no requiere de tanques de almacenamiento disminuyendo los riesgos que ello implica y también los costos financieros
- Estabilidad de la Llama, sea usado como único combustible o combinado con carbón.



Figura 5.2 - Llama con Gas

- No requiere preparación previa para su utilización , como por ejemplo, calentarlo, pulverizarlo o bombearlo como ocurre con el petróleo o el carbón.

Facilita el uso de mas cantidad de carbón con bajo contenido de volátiles.

En relación a la Mantenibilidad de los Equipos implica periodos amplios entre tareas de mantenimiento, lo que implica un ahorro.

VENTAJAS DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS (QUEMADORES)		
Mantenimiento preventivo en el quemador	Tipo de combustible	
	Residuales	Gas natural
Control de la combustión y la eficiencia	Quincenal	Semestral
Limpieza y verificación del filtro del combustible	Quincenal	Semestral
Limpieza y verificación de electrodo	Quincenal	Semestral
Limpieza y verificación de las boquillas	Quincenal	Semestral
Verificación de válvulas solenoides	Quincenal	Semestral
Verificación de presostatos	Quincenal	Semestral
Limpieza y verificación de mirilla	Quincenal	Semestral
Limpieza y verificación de platos reflectores	Quincenal	Semestral
Limpieza y verificación de fotocelda IR/UV	Quincenal	Semestral
Verificación del programador de llama	Quincenal	Quincenal
Verificación del transformador de encendido	Quincenal	Quincenal
Verificación de la presión de combustible	Diario	Diario
Limpieza de chimeneas y ductos gaseosos	Semestral	Anual

Recomendada pro fabricantes de quemadores
Fuente : GASTECNIC

Tabla 5.1

5.3 Beneficios Ambientales.-

En todo países se reconoce que el calentamiento global tendrá efectos devastadores si no se toman las medidas necesarias; es por eso que uno de los aspectos importantes del beneficio ambiental de este proyecto es la reducción de los Gases de Efecto Invernadero (GEI); principalmente el Dióxido de Carbono (CO₂)

5.3.1 Reducción de las emisiones

Anteriormente , las mediciones registradas se aprecian en la siguiente tabla:

EMISION	% GASES	L2 (Ton)	Ton/ Ton Clinker
CO2	99.47	3,016,710.00	1.3574
CO	0.08	977.32	0.0010
SO2	0.27	3,010.03	0.0037
NOx	0.18	2,590.42	0.0025
Partículas	-	102.80	0.0007

Tabla 5.2 – Cuadro de Emisiones Antes del Uso del Gas

Tomando en cuenta que el objetivo es llegar a 0.74 Ton de CO₂ por Tonelada de Clinker; a la fecha se esta al 85 % de ese objetivo, es decir que se esta produciendo aproximadamente 0.85 Toneladas de CO₂ por cada Tonelada de Clinker producido.

5.3.2 Bonos de Carbono

A partir del proyecto se ha considerado entrar al mercado de bonos de carbono a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kyoto, por el cambio de carbón a gas natural con el cual se reducen las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), las cuales se miden en toneladas de CO₂ equivalentes y se traducen en Certificado de Reducción de Emisiones (CER's). Cada CER equivale a una tonelada de CO₂ equivalente que se deja de emitir a la atmosfera y puede ser vendido a un precio establecido en el mercado internacional.

El periodo de acreditación inicial ante las Naciones Unidas comprendido es de 7 años, renovable por 2 periodos adicionales consecutivos. El proyecto de la

empresa estima una reducción de 6 millones de toneladas de CO₂ equivalentes para sus tres periodos de acreditación.

Con la asesoría de la Consultora DEUMAN, se dio inicio en el año 2006, al inicio al desarrollo de los documentos necesarios para presentar el proyecto de de cambio de combustibles ante la UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), el cual es organismo correspondiente al MDL dentro de las Naciones Unidas.

La documentación acreditativa, para el registro del Proyecto esta compuesta por:

- El Project Design Document (PPD) que incluye la descripción del proyecto, la estimación de reducciones de CO₂ equivalente, el plan de monitoreo y la demostración de la adicionalidad.
- La Carta de Aprobación Nacional: emitida por en su momento por la CONAM (Consejo Nacional del Ambiente), para cuyo fin se desarrollo una consulta pública donde se informaba sobre las características e impactos medioambientales del proyecto.
- El proceso de validación, a través de una empresa validadora, previamente registrada ante las Naciones Unidas y que en este caso fue la empresa **Tüd Stud**, la cual evalúa el proyecto integral para determinar si cumplen las condiciones de aplicabilidad de Proyectos MDL. El proyecto fue validado el 01 de Julio del 2008.

- Finalmente , la etapa de registro se realiza ante la UNFCCC, el cual consta de 2 etapas: La revisión de todo el expediente para la verificación de que cumpla con todos los requisitos; y la aprobación del registro propiamente dicho.

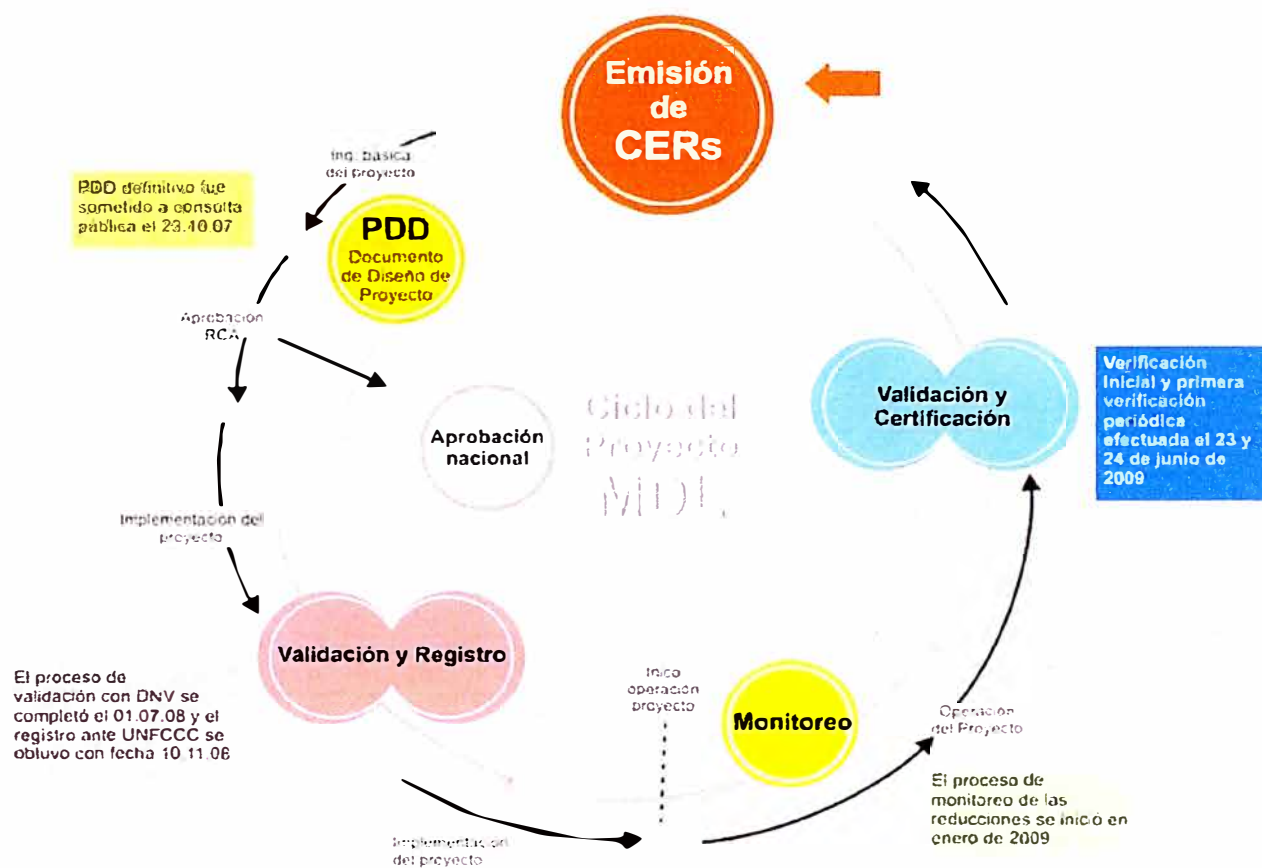


Figura 5. – Ciclo del Proyecto

El total de los CER'S solicitados para esta primera verificación periódica del MDL, que cubre las reducciones generadas desde el 10 de Noviembre del 2008 al 30 de abril del 2009 es de 65, 444.00 CER. Al precio del mercado, \$ 13.00 por cada CER, estaríamos cercanos a los € 800,000.00. Asimismo, el total de VCU's (Voluntary Carbon Unit) solicitados por única vez y que comprende las reducciones

generadas desde el inicio de las operaciones en gas natural hasta el registro del proyecto ante la Naciones Unidas, es de 296,162.00.

En junio del 2009, la empresa Tüd Stud realizó la auditoria de verificación inicial, y primera verificación periódica de las reducciones generadas bajo el MDL (CER's); así como la verificación del total de reducciones voluntarias, o generadas antes del registro del proyecto en la Naciones Unidas (VER's); los cuales en diciembre del mismo año fueron registrados y emitidos los certificados respectivos, a la espera de la venta oportuna de la empresa para maximizar su beneficio.

CAPITULO VI

EVALUACIÓN ECONÓMICA

En esta capítulo veremos los resultado económicos de la incidencia de haber realizado el cambio de la matriz energética de la combustión para el uso del Gas Natural.

6.1 Beneficios Económicos

Tomando como referencia el valor de Carbón Bituminoso actual, el cual se encuentra por los \$ 128.00 por Tn y si es que no se hubiera realizado ningún proyecto de cambio de combustible , se estaría invirtiendo al día:

Consumo diario: 795 toneladas al día

Costo total: \$101,760.00 por día

Conjuntamente con el gas natural, se esta utilizando en promedio de carbón bituminoso.

Consumo diario: 400.8 toneladas al día

Costo total: \$51,302.4 por día

Lo que implica un ahorro diario de \$ 50000.00, que no incluye los costos financieros por menor almacenamiento de carbón y utilización de maquinaria para su transporte.

Para la producción de la línea II de 7500 Tn de Clinker, implicaría que en un mes nominal a 30 días se estaría produciendo un ahorro de:

$$30 \text{ días} \times \$50,000.00 = \$ 1' 500, 000.00 \text{ por mes.}$$

Dentro de la estructura de costos de producción de la compañía, los mas altos son los costos de extracción de materias primas , el costo de combustibles y el costo de la energía.

El primero, ya que se realiza a través de un contrato de servicios de explotación minera a todo costo por cantidad de piedra caliza extraída con un mínimo de 30000 toneladas día, el segundo por las grandes cantidades de consumo de combustible usado para la obtención del Clinker; y el ultimo por la gran cantidad de Megavatio Hora usadas en todo el proceso. Actualmente se esta alrededor de 107.58Kwh por Tonelada de cemento producido.

Por tanto, al haber permitido el uso de combustible alternativos limpios y de bajo costos como el gas natural, se obtiene una disminución sustancial en el gasto por combustibles lo que conlleva con el aumento de la rentabilidad operativa de la empresa.

Asimismo, se obtiene beneficio económico al negociar los CER'S que cubre las reducciones generadas desde el 10 de Noviembre del 2008 al 30 de abril del 2009 es de 65, 444.00 CER. Al precio del mercado, \$ 13.00 por cada CER, estaríamos cercanos a los € 800,000.00. Asimismo, el total de VCU's (Voluntary Carbon Unit) solicitados por única vez y que comprende las reducciones generadas desde el inicio de las operaciones en gas natural hasta el registro del proyecto ante la Naciones Unidas, es de 296,162.00 de los cuales se espera tener un ingreso de aproximadamente \$ 1' 400,000.00 millones de euros.

CONCLUSIONES

1. Si se puede lograr que un Horno cementero diseñado para trabajar con Carbón Bituminoso pueda trabajar Gas Natural
2. El usar gas Natural es muy seguro por tener el gas una densidad menor al aire y de ocurrir una fuga de gas, éste tiende a disiparse a la atmósfera. Además el Gas Natural no es tóxico.
3. Se logró ahorrar el 50% de carbón bituminoso, que en términos de consumos equivalen a 350 toneladas por día, lo cual representa un ahorro de \$ 50, 000.00 diarios como mínimo.
4. Con este sistema se logran disminuir las emisiones de GEI mediante la reducción del CO₂ el cual incide directamente en la Atmósfera.

5. Dado que se logra una reducción de las emisiones de CO₂, le permitió a la empresa registrar el proyecto en dentro de los MDL del Protocolo de Kyoto y poder entrar en el mercado de los bonos de carbono.
6. Al sustituir combustibles sólidos o líquidos por gas natural, por disminuir la transferencia de calor por radiación se tiene una menor emisividad de llamas de gas natural resulta un factor determinante para establecer que no se puede mantener los niveles de producción de clínker y condiciones térmicas de la zona crítica,
7. Esta desventaja del gas natural se convierte en una posibilidad extraordinaria de optimización de costos, disponiendo de un quemador con el diseño adecuado para combinar el gas natural con combustibles muy difíciles de quemar y consecuente bajo precio, con altos niveles de emisividad pero con bajo contenido de volátiles.
8. Con la esta nueva tecnología empleada, se minimizan los costos operativos para el tratamiento de carbón que ingresa al horno, los cuales incluyen costo del mantenimiento de la maquinaria por repuestos, costo de operación al usarse en menor cantidad

9. En comparación con el carbón, la alimentación del gas es uniforme, en la que muy difícilmente se presentan variaciones de presión, las cuales son corregidas con el sistema de regulación. La alimentación de carbón tiende a ser continua sin embargo es muy proclive a los atoros de material en las dosificadoras.

10. En la operación del horno se ha llegado al equilibrio operativo de utilización de los combustibles en 60% Gas y 40% Carbón, de forma que se obtienen una producción de 7500 Tn de Clinker por día.

11. El beneficio económico se consigue mediante dos fuentes principales, el uso del Gas natural , dado su precio económico en el país y la negociación de los Certificado de Reducciones de Emisiones (CER'S) en el mercado de bonos de carbono.

BIBLIOGRAFÍA

- HANDBOOK OF PETROLEUM AND NATURAL GAS ENGINEERING, Williem C. Lyons, Ph.D., Gulf Publishing Company , Houston, Texas.1996

- MANUAL TECNOLÓGICO DEL CEMENTO, Walter H. Duda. Editores Técnicos Asociados, S.A., Barcelona 1977.

- TYPE 846 AND MODEL 3311 CURRENT-TO-PRESSURE TRANSDUCER INSTRUCTION MANUAL, Fisher – Emerson Process Management, Form 5739.

- NATURAL GAS ENGINEERING HANDBOOK, Dr Boyun Guo and Dr.Ali Ghalambor. Gulf Publishing Company, Houston, Texas. 2005

- http://www.osinerg.gob.pe:8888/SPH/html/gas_natural/cultura_gas_natural/Cultura_gas.htm

- <http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/GFGN/InformeFinalOsinermin.pdf>

- http://www.osinerg.gob.pe:8888/SPH/html/gas_natural/cultura_gas_natural/publicaciones/PrincipiosTecnologicosdelSectordeGasNatural.pdf

- <http://gasnaturalperu.pe.tripod.com/elgasnatural/id2.html>

- http://www.tecnociencia.es/especiales/gas_natural/descripcion.htm

- http://www.eurogas.org/naturalGas_environment.aspx

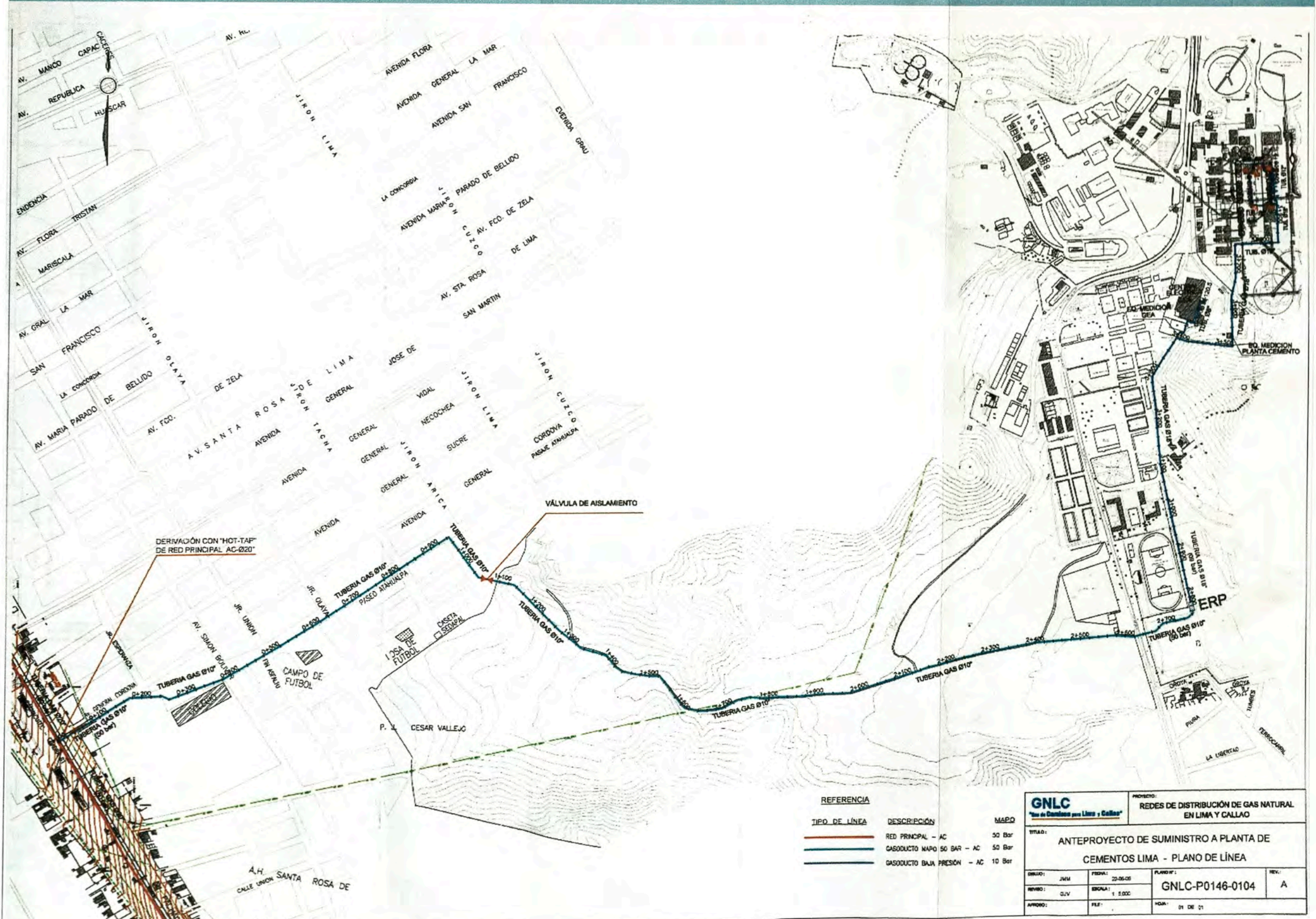
- http://www.tecnociencia.es/especiales/gas_natural/descripcion.htm

- <http://www.deuman.com>

- <http://www.fisher.com>

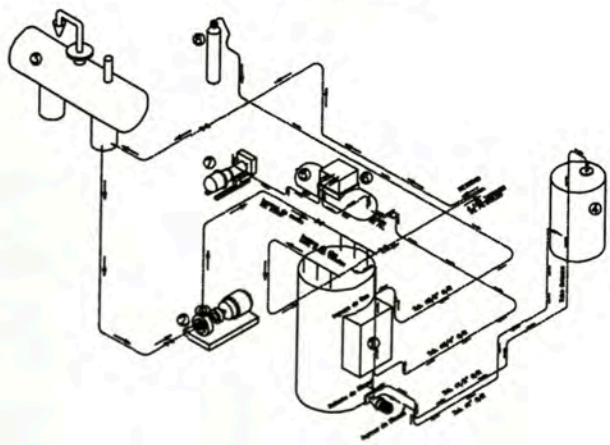
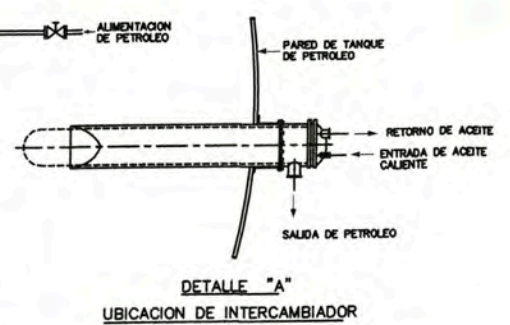
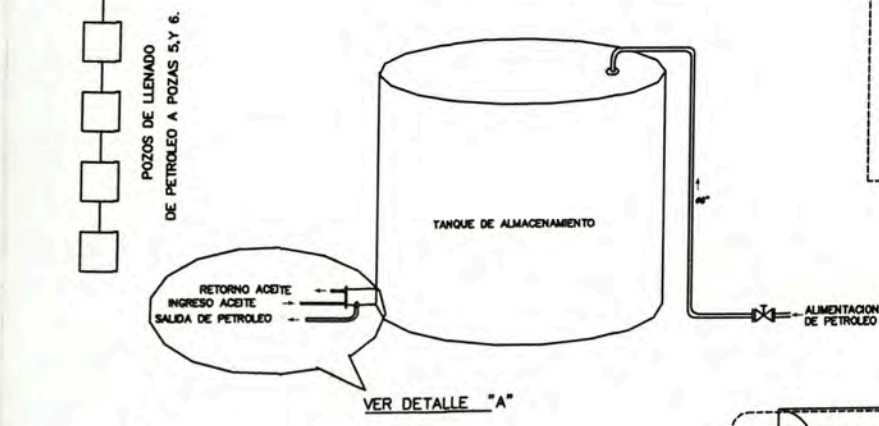
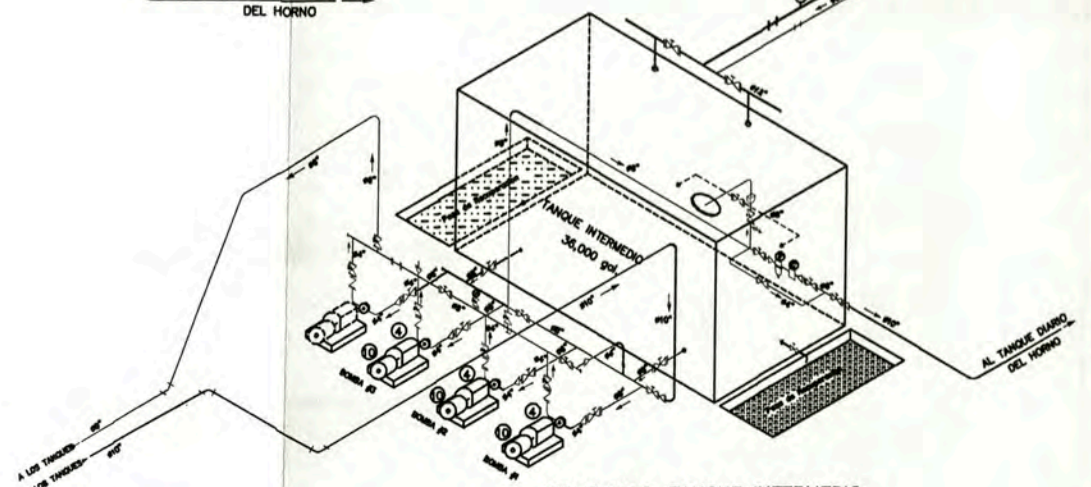
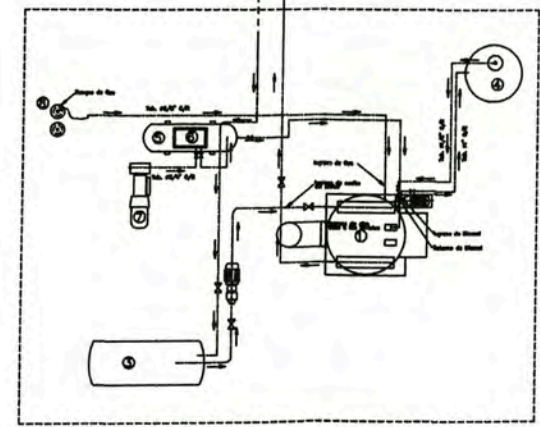
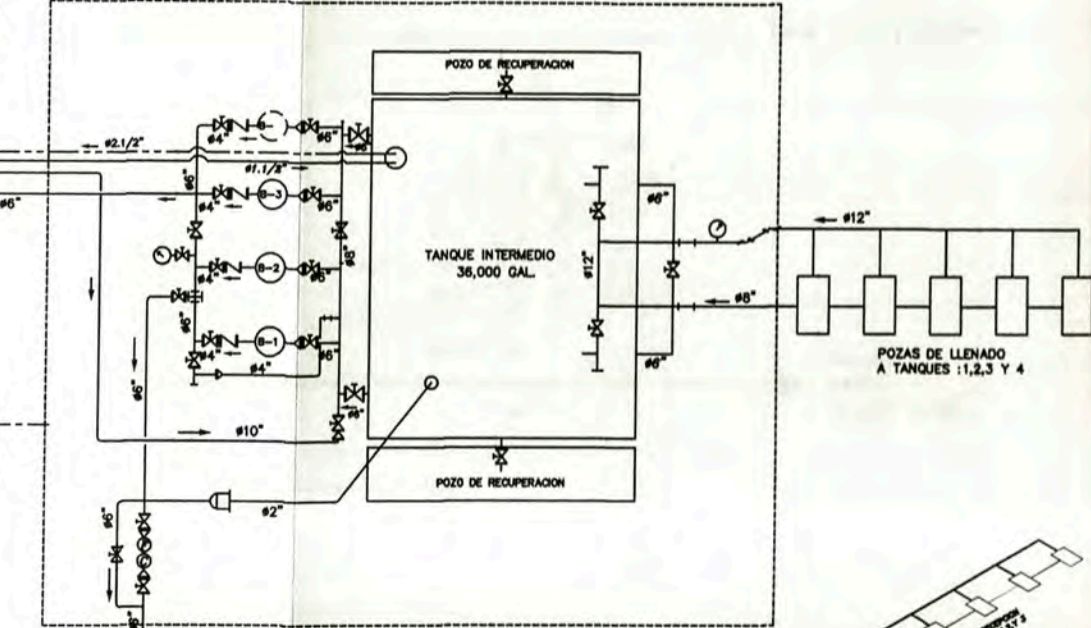
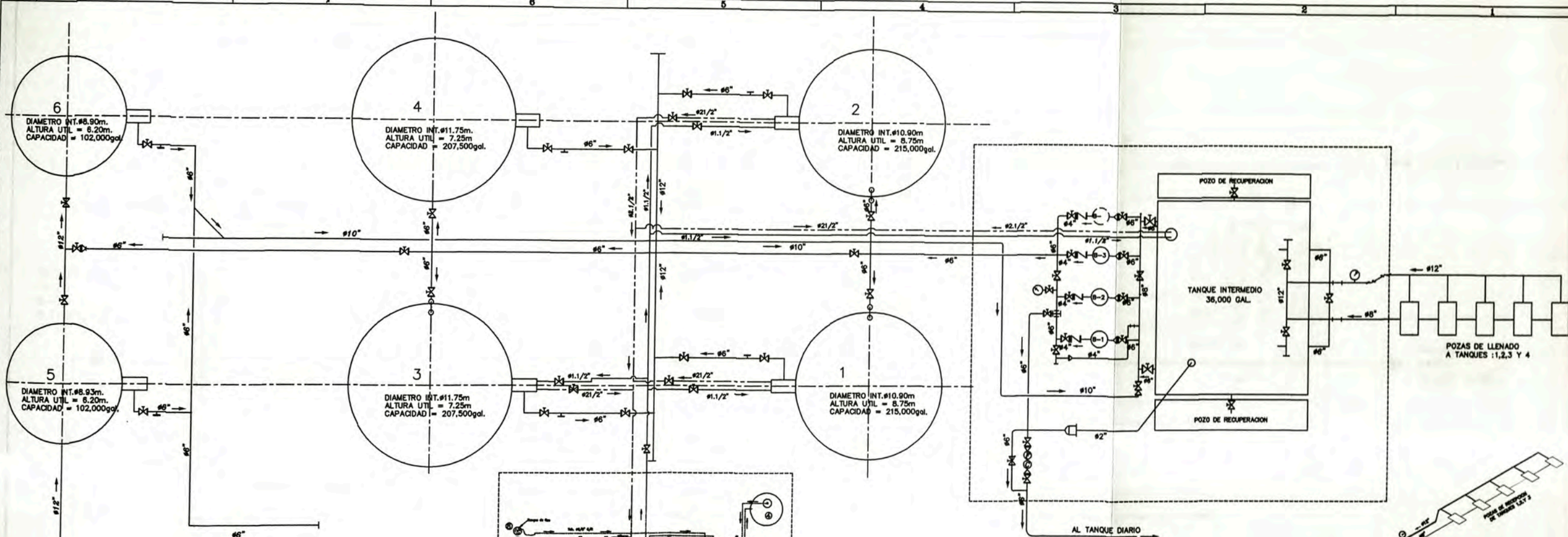
PLANOS

Proyecto Instalación de línea para el suministro de gas



REFERENCIA	TIPO DE LÍNEA	DESCRIPCIÓN	MÁXIMO
—	RED PRINCIPAL - AC		50 Bar
—	CASODUCTO MAPO 50 BAR - AC		50 Bar
—	CASODUCTO BAJA PRESIÓN - AC		10 Bar

GNLC "Gas de Cambio para Lima y Callao"		PROYECTO: REDES DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL EN LIMA Y CALLAO	
TÍTULO: ANTEPROYECTO DE SUMINISTRO A PLANTA DE CEMENTOS LIMA - PLANO DE LÍNEA			
DISEÑO: JMM	FECHA: 22-05-02	PLANO N°:	REV:
REVISÓ: GJV	ESCALA: 1:500	GNLC-P0146-0104	A
APROBÓ:	FE:	HOJA: 01 DE 01	



LEYENDA	
	REDUCTOR EMBRIDADO
	VALVULA CHECK EMBRIDADA
	VALVULA DE COMPUERTA
	VALVULA LIBERADORA DE AIRE
	FILTRO
	CONTOMETRO
	MEDIDOR DE PRESION
	TUBERIA DE PETROLEO
	TUBERIA DE ACEITE (A TANQUES)
	TUBERIA DE ACEITE (RETORNO)

ITEM	DESCRIPCION	CANT.	OBSERVACIONES
10	MOTOREDUCTOR FLENDER Z108-G180L4-26Kw.-214RPM.	1	
9	BOMBA BLACKMER Modelo X4B, Ent. #4", Sol. #4" 250 GPM.	3	
8	CASETA Y TANQUE DE GAS	1	
7	COMPRESOR	1	
6	EQUIPO PURIFICADOR	1	
5	PULMON DE AIRE	1	
4	TANQUE DE DIARIO DIESEL # 1040/ALT. 1540	1	
3	TANQUE DE EXPANSION-DESGASIFICADOR-TAMPON	1	
2	MOTOBOMBA ALLWEILER (Motor 18.5 Kw. a 3500 RPM)	1	
1	CALDERA FLUIDO TERMICO Tipo THERMOPAC 1500B	1	

LISTA DE PARTES Y/O EQUIPOS

REVISIONES			
2	6.5.03	Actualización de instalación bombas BLACKMER X4B	O.D.A. O.Salcedo.
1	15.3.02	Instalación Thermopac 1500B	A.R.CH. T.Bazan
N°	Fecha	DESCRIPCION	Por Aprobó

Maquina/Zona: TANQUES DE PETROLEO Código: 451TP1-A1-005

Fecha: 12-12-95 Nombre: J.Angela

Dib. 12-12-95 Rev. 12-12-95 Ing. O.Salcedo

Dis. 12-12-95

SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE PETROLEO - SALA DE BOMBAS

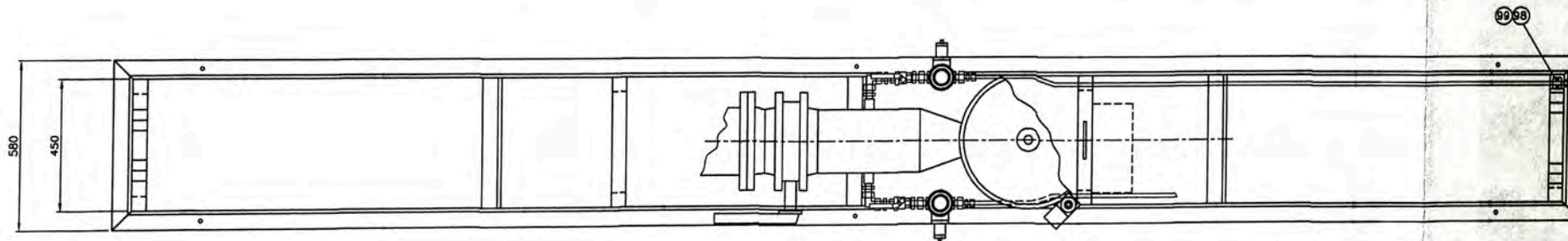
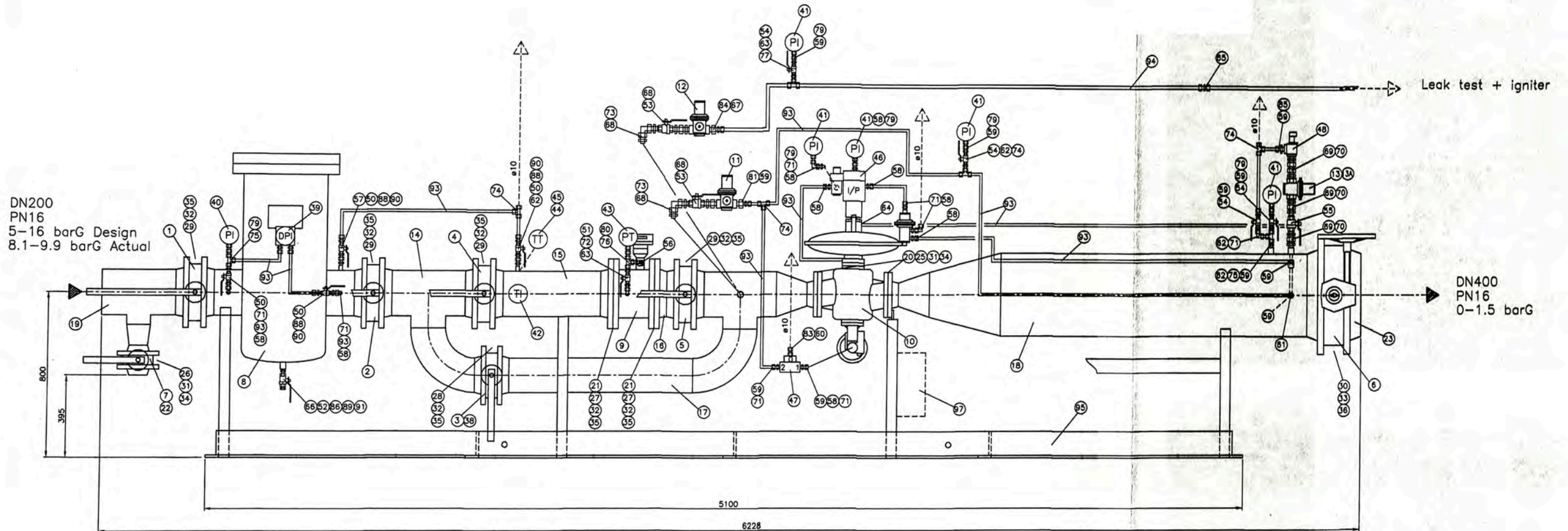
Escala: s/e Nro.Plano: 3017 Rev. 2 CAD

Cementos Lima s. a.

ISOMETRICO SISTEMA CALENTAMIENTO DE ACEITE

ISOMETRICO-TANQUE INTERMEDIO DE DISTRIBUCION DE PETROLEO

DETALLE "A" UBICACION DE INTERCAMBIADOR



Gas Train
 Customer: FLS USA
 Year: 2004
 Design flow: 16000 Nm³/h
 Inlet pressure: 5-16 barG
 Outlet pressure: 0-1.5 barG
 Fabr.no.: 0120087-x

Regulator, main

Set points Pos.10:
 Regulator: 0-1.5 barG
 SSV, OPSO : 2.5 barG (1.5-3.15)
 SSV, LPSO : 0.5 barG (0.32-1.0)

SRV, main

Set points Pos.13
 SRV : 2.3 barG (1.8-2.3)

Regulator, remote shutoff

Set points Pos.11:
 Regulator: 1 barG (0.8-1.3)
 SSV, OPSO 2.5 barG (2.3-4.0)

Regulator, leak test + igniter

Set points Pos.12:
 Regulator: 2 barG (1.2-2.3)
 SSV, OPSO 2.5 barG (2.3-4.0)

Tightness test:

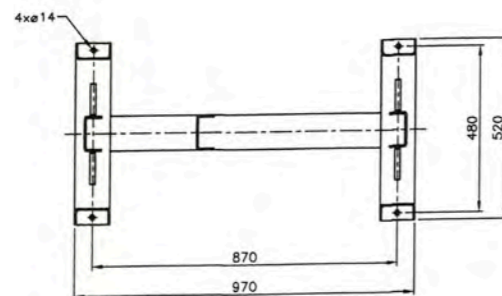
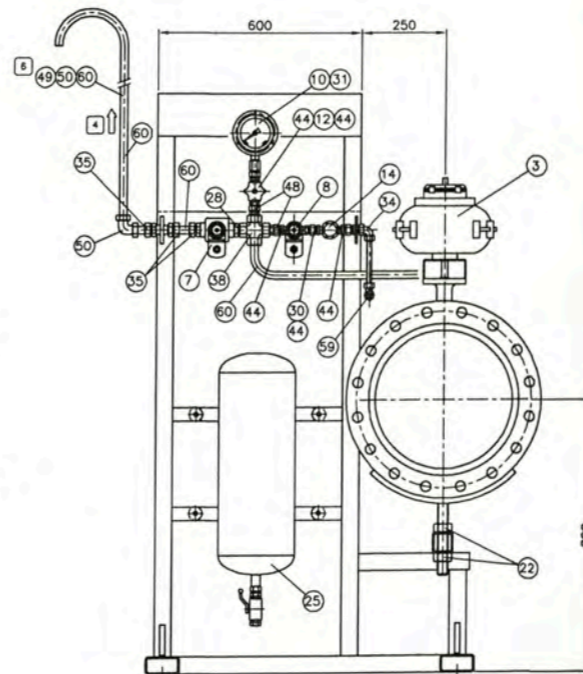
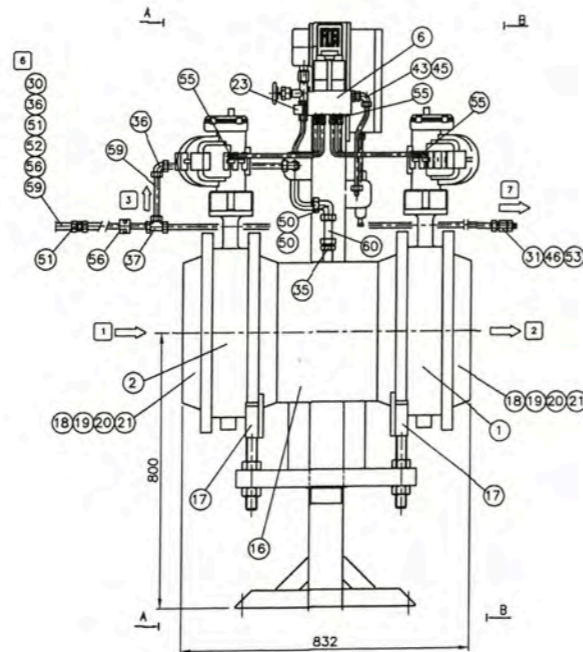
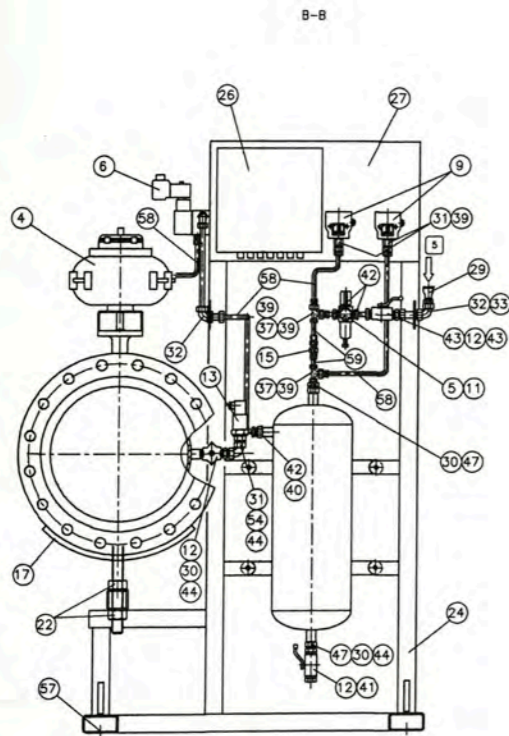
Inlet - 17.6 barG
 Outlet - 1.65 barG
 1 hour
 QA-manometer

For part identification see item list no.: 0120087. xls

FLONIDAN		date	dwg	appr	5		
		01/08/2004	WG	MS	6		
Drawing Gas Train, GS-16000-1.5		1			7		
		2			8		
		3			9		
		4			10		
FLS USA		Fabr. no.	Case no.				
		Dwg. no.	Scale				
		0120087	1:10				

Shut-off unit
 Costumer: F.L.Smidth
 Item no.: 0120161
 Plant.: xxx
 Year: 2005
 Type: GT400-K
 Pressure: 1.5 barG
 Fabr.no.: 0120161-x

Tightness test:
 Gas: 3 barG
 1 hour
 QA-manometer
 Air: 8.8 barG
 1 hour
 QA-manometer



Comp. air consumption: 0,02 Nm³/min.
 Comp. air required: 5,5-7 barG.
 Flow direction for pos. 1 and 2 are optional.

- 7 Gas to ignition burner
- 6 To be supplied loose for mounting at site.
- 5 Compressed air inlet, 1/2" BSP thread.
- 4 Gas outlet, G3/4", to be run to open air.
- 3 Gas to leak test system, OD15
- 2 Gas outlet, DN 400, PN16 DIN 2633
- 1 Gas inlet, DN 400, PN16 DIN 2633

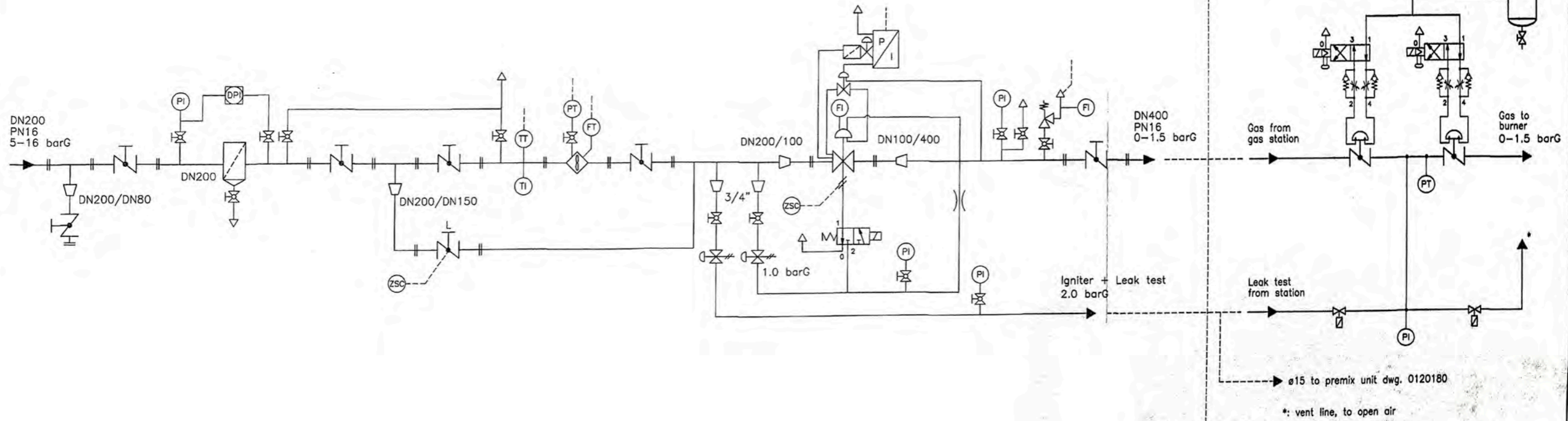
Tag no.	serial no.	pcs.	pos.	article no.	article	manufacture	type	inch.	PN	L	matr.
				66							
				65							
				64							
				63							
				62							
				61							
				60	0335537	hydraulic pipe	Seamless	ø22x2.0			88
				59	0335530	hydraulic pipe	Seamless	ø15x1.5			88
				58	0335520	hydraulic pipe	Seamless	ø10x1			88
				4	57	0218871	eksponeringsanker			M10	115
				20	56	0215571	rørholder	Stauff	ø15		
				8	55	0212472	union	Walterscheid	GEV 10 LR-WD	15L	
				1	54	0213272	elbow	Walterscheid	EW 15 L-SV	15L	
				1	53	0215052	plug	Walterscheid	VS-R 1/4-WD	G1/4"	
				6	52	0212164	cutting locking ring	Walterscheid	P-R15L	15L	
				3	51	0215216	union	Walterscheid	GV15L	15L	
				6	50	0213118	elbow	Walterscheid	WV22L	22L	
				1	49	0215220	union	Walterscheid	GV22L	22L	
				2	48	0214088	reducer	Walterscheid	RED-22/15 L-SV	22L	
				2	47	0214414	reducer	Walterscheid	RED-R1-WD/R1/2	G1/2"	
				1	46	0214404	reducer	Walterscheid	RED-R1/2-WD/R1/4	G1/4"	
				1	45	0213268	elbow	Walterscheid	EW 10 L-SV	10L	
				8	44	0213912	union	Walterscheid	EGS 15R-WD-SV	15L	
				3	43	0212424	union	Walterscheid	GEV10L/R1/2	G1/2"	
				3	42	0212420	union	Walterscheid	GEV10LR	G1/2"	
				1	41	0215056	plug	Walterscheid	VS-R 1/2-WD	G1/2"	
				1	40	0214410	reducer	Walterscheid	RED-R1-WD/R1/4	G1/4"	
				5	39	0214066	reducer	Walterscheid	RED-15/10 L-SV	15L	
				1	38	0213164	cross	Walterscheid	KV22L	22L	
				3	37	0213206	tee	Walterscheid	TV15L	15L	
				6	36	0213114	elbow	Walterscheid	WV15L	15L	
				6	35	0212438	union	Walterscheid	GEV22LR	22L	
				1	34	0213184	bulkhead elbow	Walterscheid	WSV15L	15L	
				1	33	0213904	union	Walterscheid	EGS 10R-WD-SV	10L	
				2	32	0213182	bulkhead elbow	Walterscheid	WSV10L	10L	
				5	31	0214510	female connector	Walterscheid	GAV15LR	15L	
				10	30	0212434	union	Walterscheid	GEV15LR	G1/2"	
				1	29	0219141	reducing socket M2	GF240		G1/2"	
				1	28	0213916	union	Walterscheid	EGS 22R-WD-SV	22L	
				1	27	0114257	name plate	Flonidan	120x150		
				1	26	0811003	el-cabinet	Dan-Ex.			
				1	25	0120301	compressed air tank	FLS	20L		
				1	24	0120295	frame	Flonidan	dwg.0120295		
				1	23	0634414	silencer	Granzow	PSK12	G1/2"	
				4	22	0217732	nut	DIN934-B	M30		fzb
				128	21	0217850	washer	DIN125B	ø27		fzb
				64	20	0217730	nut	DIN934-B	M27		fzb
				32	19	0217944	pinbolt	Würth		M27	230 elz
				2	18	0330136	flange	DIN2633	406.4x8.0	400 16	
				2	17	0120294	Support for gas pipe	Flonidan	dwg.0120294		
				1	16	0120292	pipe	Flonidan	dwg.0120292	400 16	
				1	15	0213876	non-return valve	Walterscheid	RV 0,5bar	15L	
				1	14	0921102	filter	Marchel	151004	G1/2"	
				1	13	0632366	pressure transmitter	Endress & Hauser	PWC131 0-2barG	G1/2"	
				4	12	0910115	ball valve	Omega	SA750/S271	G1/2"	
				1	11	0115075	pressure indicator	Granzow	0-10 barG	G1/8"	
				1	10	0115073	pressure indicator	Wika	0-4 barG	G1/2"	
				2	9	0634702	pressoostat	Granzow	630X-DW10-513		
				1	8	0920455	solenoid valve	Lucifer	E321H15	G1/2"	
				1	7	0920467	solenoid valve	Lucifer	322G36	G3/4"	
				1	6	0920454	solenoid valve	Lucifer	341F34	G1/4"	
				1	5	0921308	filter/regulator	Granzow	415NDB35	G1/4"	
				1	4	0920172	actuator	Kinital	148-101		
				1	3	0920172	actuator	Kinital	148-101		
				1	2	0920195	butterfly valve	Gibson	BVKI	400 16	
				1	1	0920195	butterfly valve	Gibson	BVKI	400 16	

Tag no.		serial no.		pcs.		pos.		article no.		article		manufacture		type		inch.		PN		L		matr.	
FLONIDAN																							
Drawing		Shut-off unit GT400K 0-1.5 barG										Fabr.no.		Case no. S05-0037									
F.L.Smidth												Dwg.no.		Scale 1:10									
												0120161											

Gas train and shut-off unit for Kiln

GS-16000-1.5
No. 0120087

GT400K-1.5
No. 0120161



serial no.	pcs.	pos.	article no.	article	manufacture	type	inch.	PN	L	matr.
1	2		0120161	Shut-off unit, GT400K-1.5	Flonidan	dwg.0120161				
1	1		0120087	GS-16000-1.5	Flonidan	dwg.0120087				

FLONIDAN		date	dwg. appr.	5
0	3-2-05	CS	CS	6
1	1-3-05	CS	CS	7
2				8
3				9
4				10

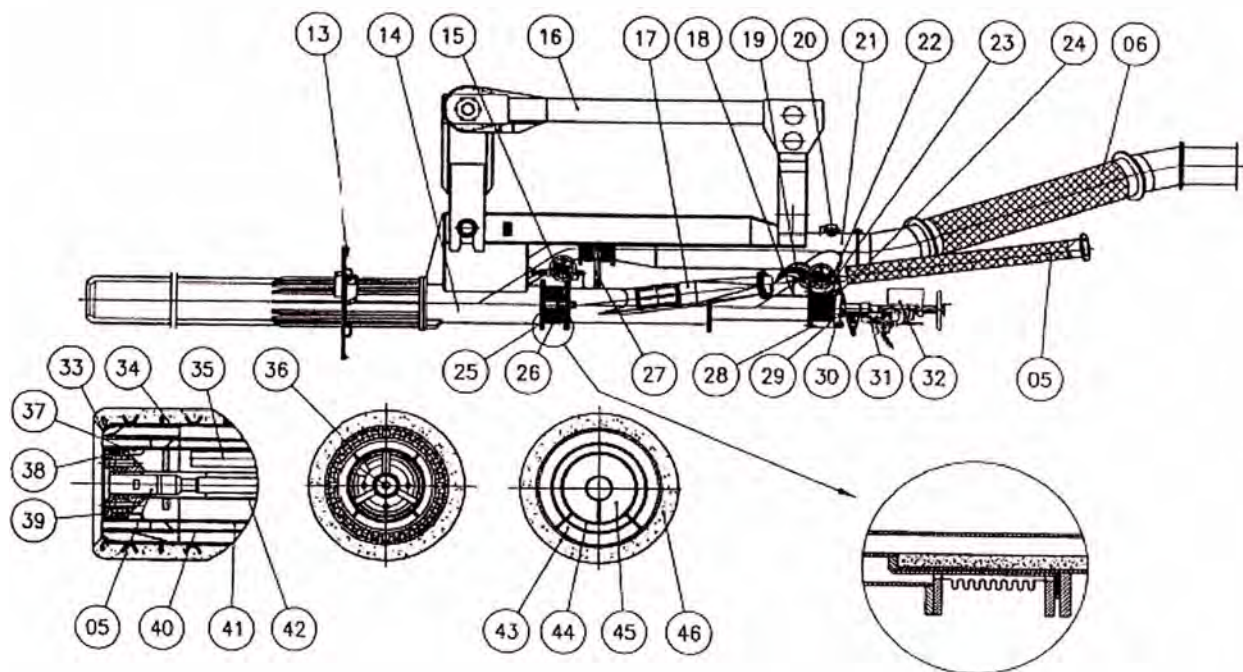
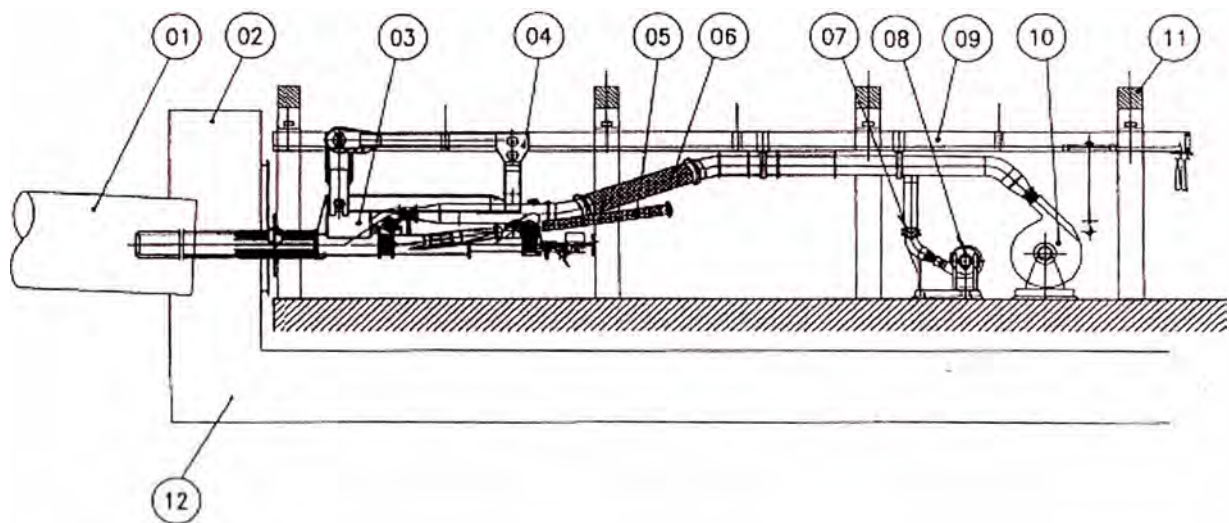
Drawing	P&I diagram GS-16000-1.5 + GT400K-1.5 F.L.Smidth	Fabr.no.	Case no. S05-0037
		Dwg.no. 0120090	Scale ---

APENDICE

APENDICE A

Parte del Quemador Swirlax SCO

01	Horno rotatorio		
02	Fondo de extremo del horno	31	Quemador encendedor de gas
03	Quemador SWIRLAX	32	Quemador de combustible
04	Carro del quemador	33	Tobera cónica de aire axial
05	Manguera de carbón	34	Tubo del quemador
		35	Tubo protector para quemador encendido de gas
06	Manguera de aire primario		
07	Válvula de mariposa para enfriamiento de emergencia	36	Hendeduras de tobera para aire axial
08	Ventilador de enfriamiento de emergencia	37	Paletas conductoras para aire radial
09	Carriles de translación	38	Aro turbulenciador
10	Ventilador de aire primario	39	Cono regulador para aire radial
		40	Tubo exterior de carbón
11	Pórticos		
12	Enfriador de clínker	41	Tubo interior de carbón
13	Placa de cierre	42	Tubo protector del quemador
14	Tubo sustentador	43	Canal de aire axial
15	Unidad de ajuste para aire axial	44	Canal de carbón
		45	Canal de aire radial
16	Vigueta sustentadora		
17	Entrada de carbón	46	Masa refracta ia cerámica
18	Entrada de aire	47	Manguera de aire refrigerante
19	Válvula de mariposa para aire axial	48	Volante
20	Manómetro para aire radial	49	Tuerca de cierre
		50	Sustentación
21	Tubo distribuidor de aire	51	Carro de transporte
22	Unidad de ajuste para aire radial		
23	Compensador para aire radial		
24	Suspensión móvil para tubo protector		
25	Compensador para aire axial		
26	Escala para aire axial		
27	Suspensión móvil para entrada de carbón		
28	Escala para aire radial		
29	Tubuladura para quemador encendedor de gas		
30	Tornillo de retención		

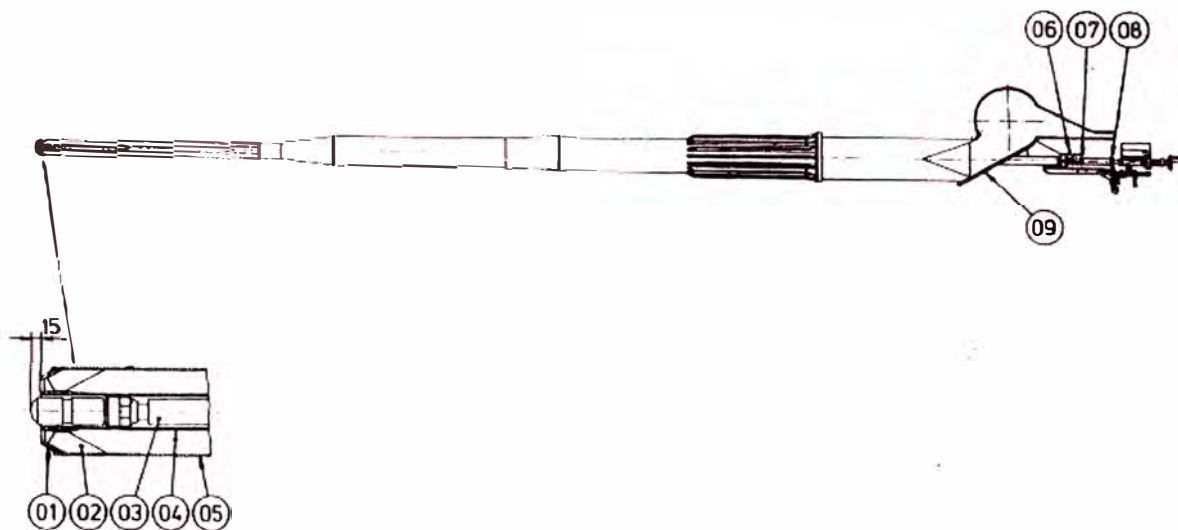


APENDICE B

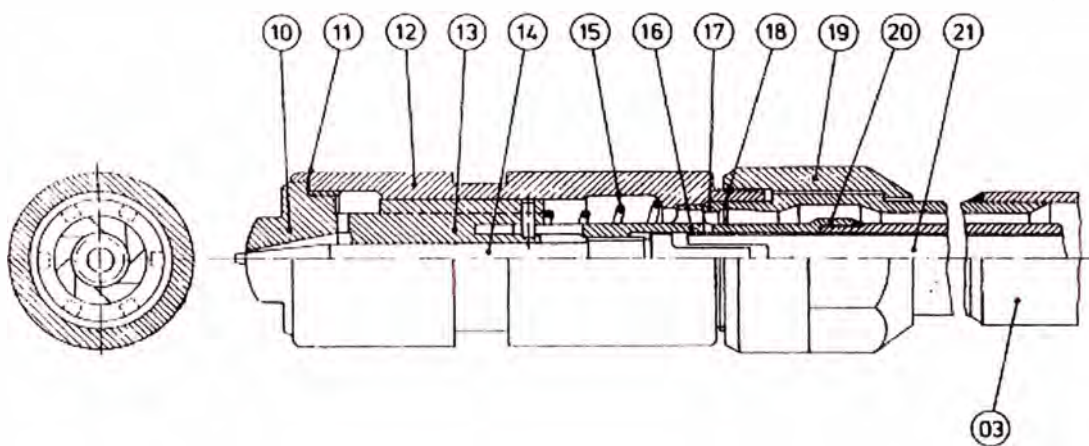
LANZA DE PETROLEO TSFM

01	Tobera de aire
02	Aleta de guía
03	Tubo quemador
04	Tubo de protección
05	Tubo de aire primario
06	Escala para (04)
07	Tornillo de ajuste para (04)
08	Brida de cubierta
09	Placa de cierre
10	Tobera
11	Empaquetadura de cobre
12	Caja para cabeza de quemador
13	Mitad de lanza móvil
14	Aguja
15	Resorte
16	Manguito conductor para (13)
17	Anillo de junta
18	Empaquetadura de cobre
19	Tuerca de unión
20	Husillo para (13)
21	Husillo para (14)
22	Manija para lanza
23	Escala para lanza
24	Enchufe múltiple
25	Moto-reductor
26	Rueda dentada
27	Potenciómetro
28	Rueda de cadena
29	Indicador de posiciones
30	Cadena
31	Rueda dentada
32	Rueda de cadena
33	Tubo bifurcado
34	Tornillo para (22)
35	Manguito conductor
36	Lengüeta de deslizamiento
37	Resorte
38	Resorte
39	Manguito de acoplamiento
40	Manguito
41	Volante para (21)
42	Tornillo para compensación de presión
43	Empuñadura para acoplamiento
44	Abrazadera de cable para (27)
45	Abrazadera de cable para (25)
46	Pulsador de maniobra (MIN.)
47	Pulsador de maniobra (MAX.)
48	Caja de bornes

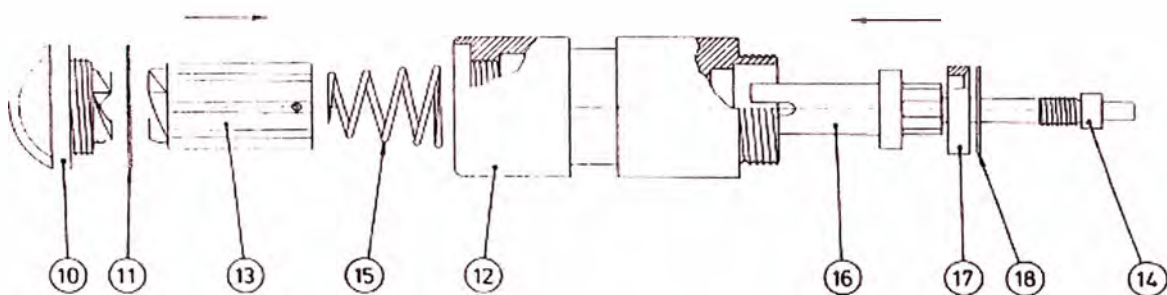
34560-01-I

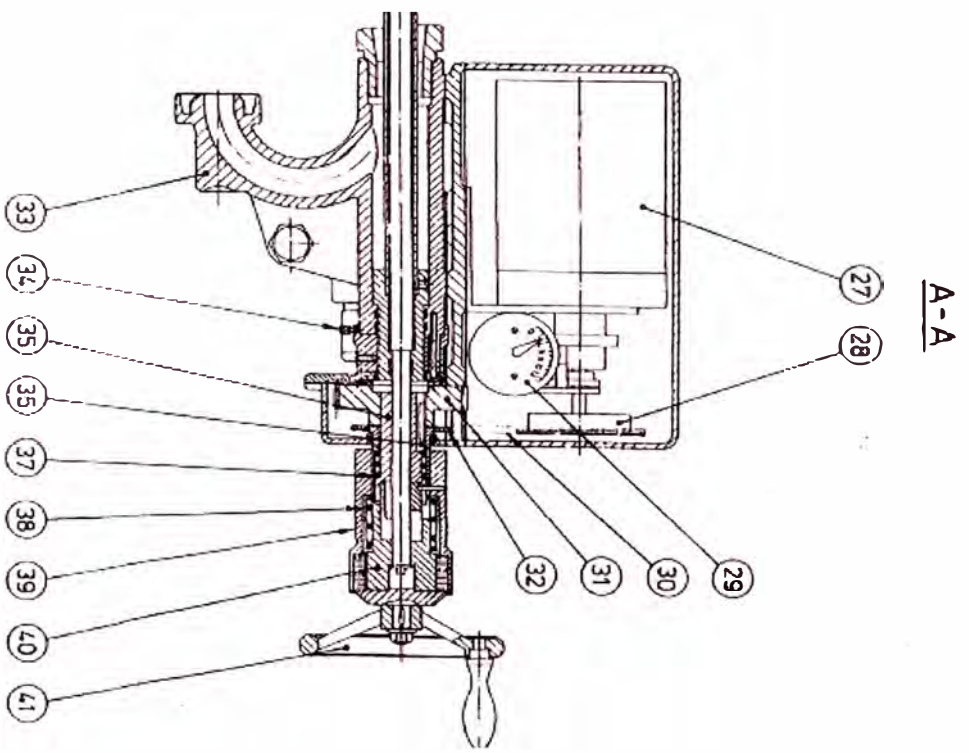
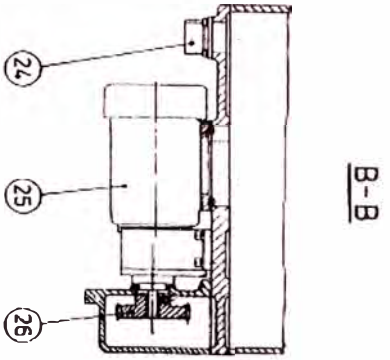
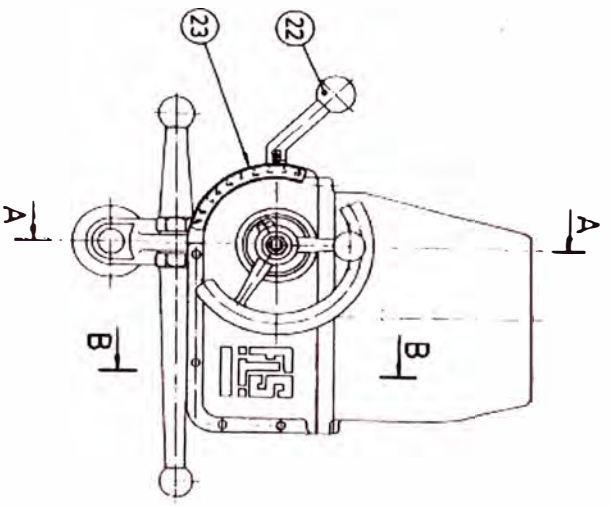


34560-01-II



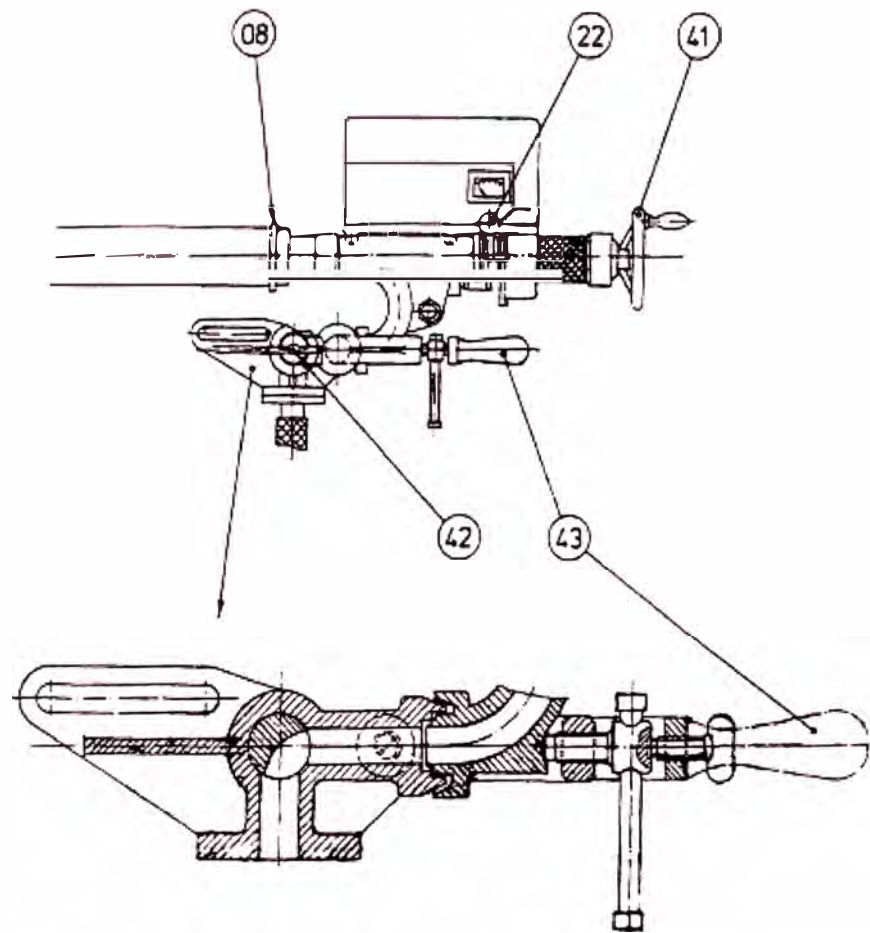
34560-01-III



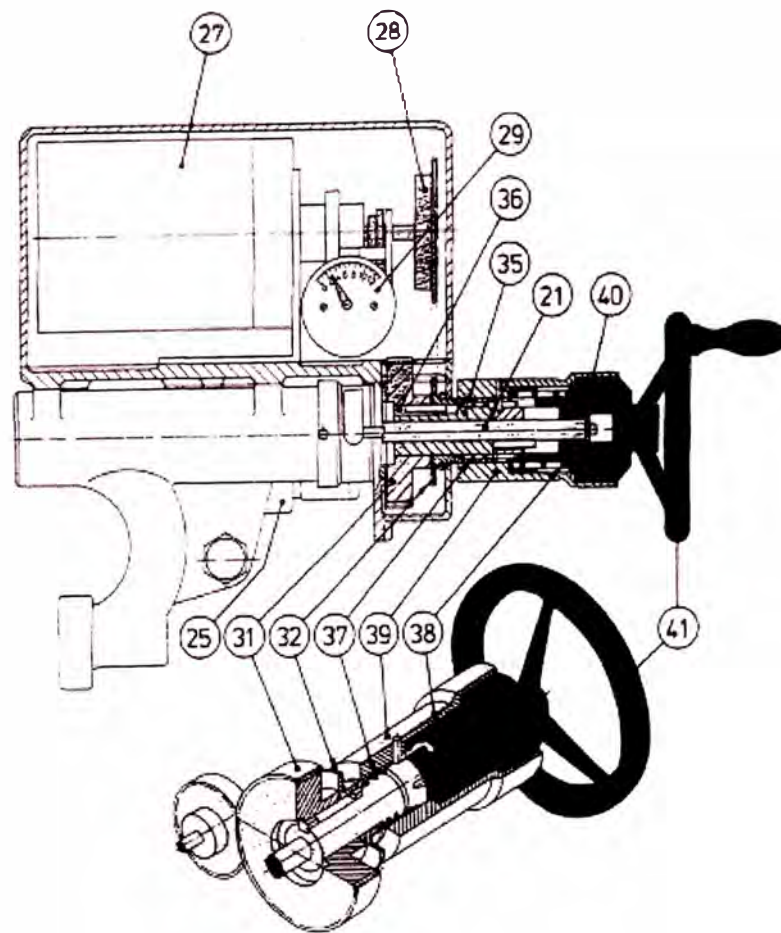


34560-01-IV

34560-01-V



34560-01-VI



34560-01-VII

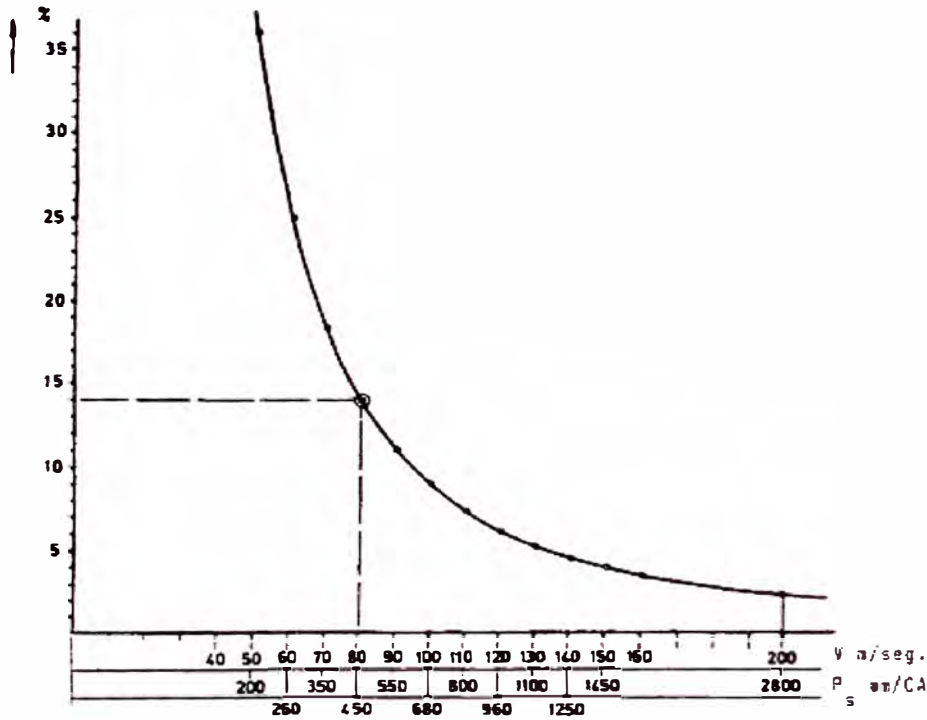
AIRE PRIMARIO

Curva normal de momentos para llamas de fuel-oil en hornos de cemento. En la curva va integrada la relación entre el porcentaje de aire primario y su velocidad a través de la tobera.

La curva sólo puede utilizarse como orientación y como punto de partida para la formación de la llama en otros hornos que poseen temperaturas más bajas o más altas en la zona de cocción.

La curva no puede emplearse para llamas con un mínimo de aire primario donde éste último no ingresa como componente formativo de llama sino que solamente es usado para enfriamiento.

Volumen de aire primario



Velocidad del
aire a través de
la tobera.
Presión estática
del aire primario
medida junto al
quemador

APENDICE C



Data sheet

ROTOR SCALE DRW 2.2

No. DOA 50508 DO/1 DA GB

Order No. : DOA 50508 DO Customer : CEMENTOS LIMA
 Reference : CEMENTOS LIMA Plantsite : _____
 Serial No. : 74161 Weigher No. : _____
 Drawing No. : 550.052.01.01

LOCATION : PERU
 above N.N. _____ m Max. rel. humidity _____ %
 Ambient temperature from _____ to _____ °C

MATERIAL PULVERIZED COAL
 Bulk density 0,5 t/m³ Moisture 1 %
 Calcul. density 0,35 t/m³ Temperature max. 80 °C
 Grain size 90 my

ROTOR SCALE TYPE DRW 2.2
 Max. feed rate _____ t/h $\dot{m}_{max} = \underline{24}$ t/h
 Operating feed rate _____ t/h $\dot{m}_A = \underline{20}$ t/h
 Min. feed rate _____ t/h $\dot{m}_{min} = \underline{2}$ t/h

ROTOR
 Nominal rpm. $n_R = \underline{7,23}$ min⁻¹ Rotor volume $V_R = \underline{158}$ dm³
 Time of 1 revol. $t_1 = \underline{8,29}$ s at n_R Number of pockets $K = \underline{96}$
 Nos. K per sec at n_R $K_t = \underline{8,36}$ s⁻¹ Height $H = \underline{200}$ mm

MEASURING UNIT

Ratio (loadcell lever : force actuation lever) $i = 2,5$
 Load cell make Hottinger Type Z6-2
 Serial No. : G 65694 Sensitivity : 2 mV/V input
 Nom. load $F_N = \underline{50}$ kg $\hat{=} 100$ % $U_N = 24,0$ mV ($U_S = 12$ V)
 Tare $F_T = \underline{10}$ kg $\hat{=} 20$ % $F_N \hat{=} U_T = \underline{4,8}$ mV
 Load $F_H = \underline{7,87}$ kg $\hat{=} 15,24$ % $F_N \hat{=} U_H = \underline{3,77}$ mV
 Test load F_P _____ % $F_N \hat{=} U_P =$ _____ mV
 _____ % load display
 Mechanical overload stop at 120 ... 130 % $F_N \hat{=} U = \underline{29,23}$ mV
 Test weight $G_P = 20,05$ kg $\hat{=} 3,79$ mV

Data sheet

ROTOR SCALE DRW 2.2



No. DOA50508D011 DA GB

MOTOR

Make : SEW Serial-No. : 950878
Type : GLM2/2-L Protection : IP54
Nominal rating P_N = 7.3 kW Nominal rpm n_N = 3000 min⁻¹
Turn down range _____ Nominal current I_A = 17.5 A
Field voltage U_f = 195 V Armature voltage U_A = 480 V
Armature current max. admissible ... I_{Amax} = 26 A
Desing rpm (motor) nominal n_N = 2075 min⁻¹
Temperature control motor winding .. TF

GRAR-BOX

Serial-No. : 1044862101.0001.95 Make : SEW
Ratio i_g = 287 Type KAF 106 R82 / A
Despatch with/without oil filling

DIGITAL-TACHO Nominal frequency f_N = 830 Hz at n_N (2075 min⁻¹)
(Frequency 1000 Hz at motor rpm = 2000 min⁻¹)

MATERIAL SLIDE GATE

Make : BURBACH Serial-No. : 95/0613 A
Type : MFP Nom. width/-pres.: DN 500 / PN 10
Air consumption per on/off = 0.34 Nm³ at 6 bar

CLEANING OF COMPENSATOR

Impulse time = _____ s
Air pressure = 2 ± 0.1 bar Pause time = _____ min
Air consumption = 0.200 Nm³ per minute cleaning at 2 bar

PNEUMATIC

Diameter outlet at DRW : DN 200
Blower rating V_L = _____ Nm³/h
Difference pressure Δp = _____ bar
Air feed (rotor) V_{LR} = _____ m³/h >>> By-pass : yes / no
Air speed at outlet of DRW v_D = _____ m/s

APENDICE D

INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DE SUMINISTRO DE GAS EN PLANTA

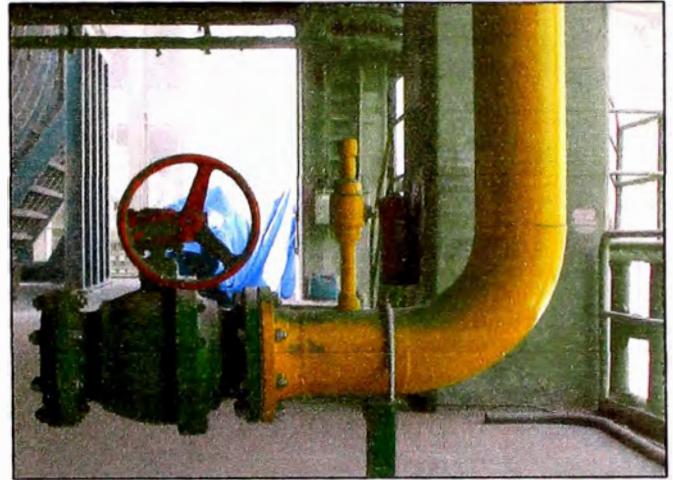
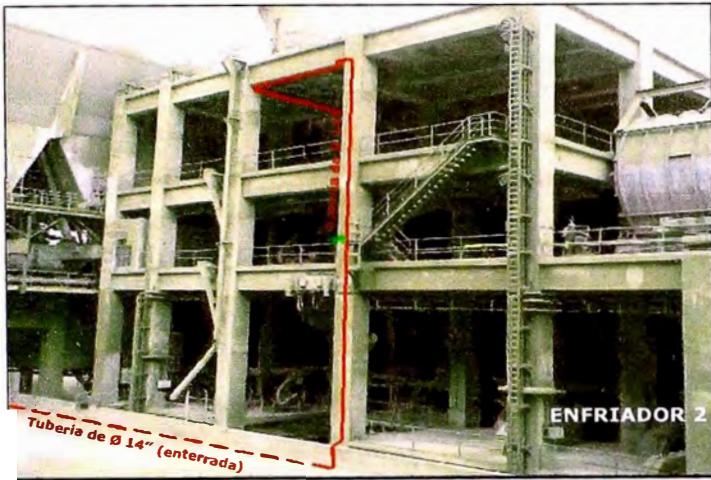


Figura 1– Tuberías Horno II

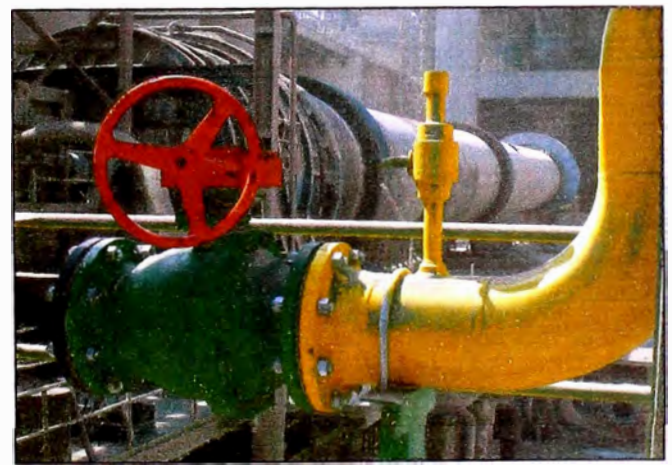


Figura 2– Tuberías Horno I

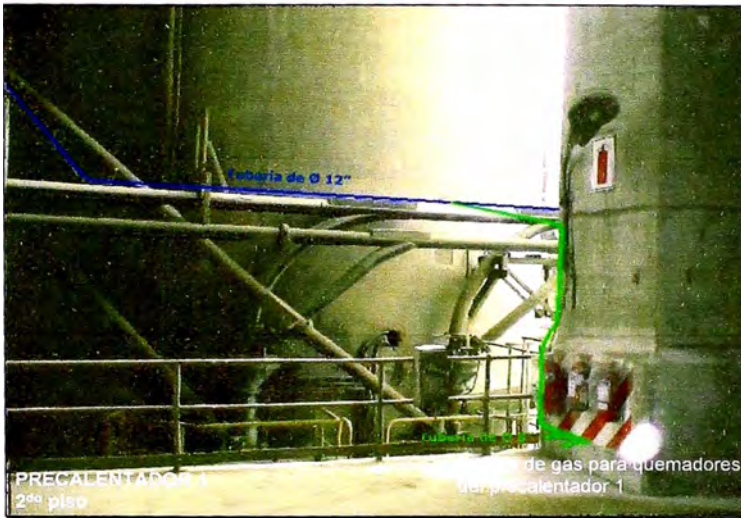
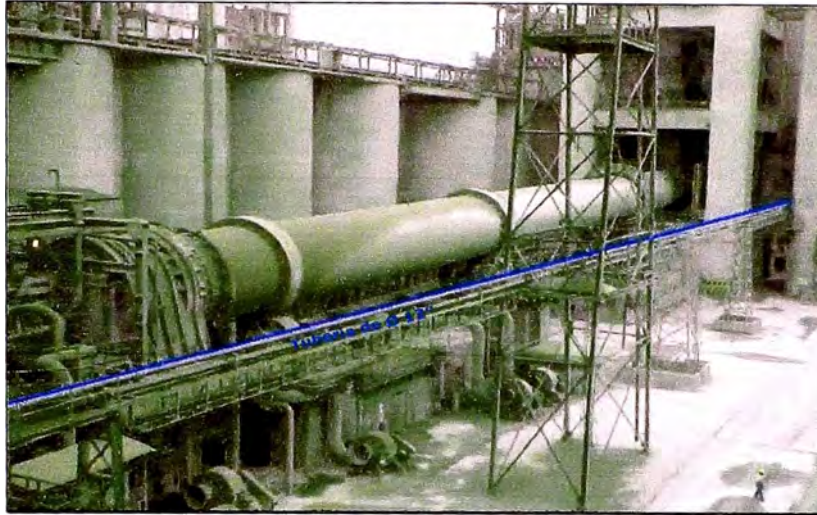


Figura 3 – Calcinador Torre A Horno I

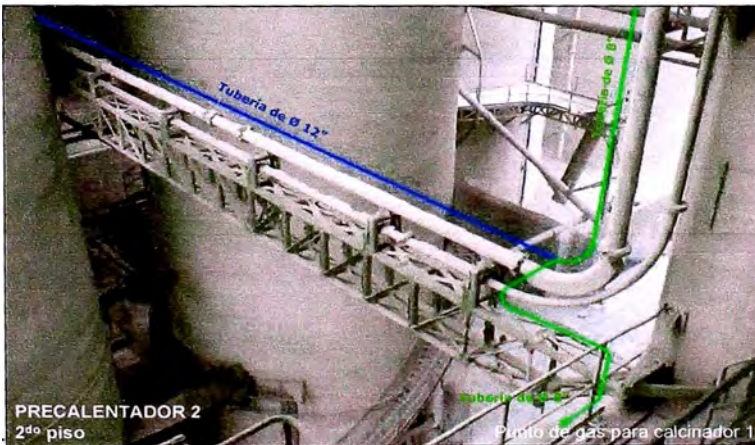


Figura 4– Calcinador Torre A Horno II

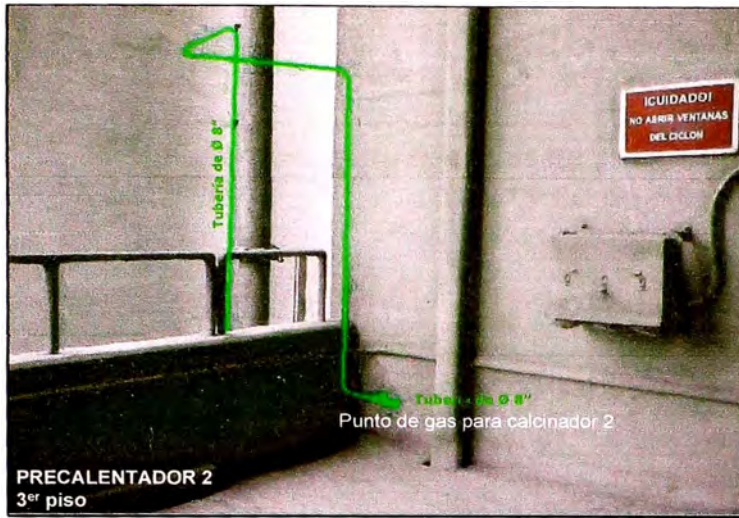


Figura 5– Calcinador Torre B Homo II

APENDICE E

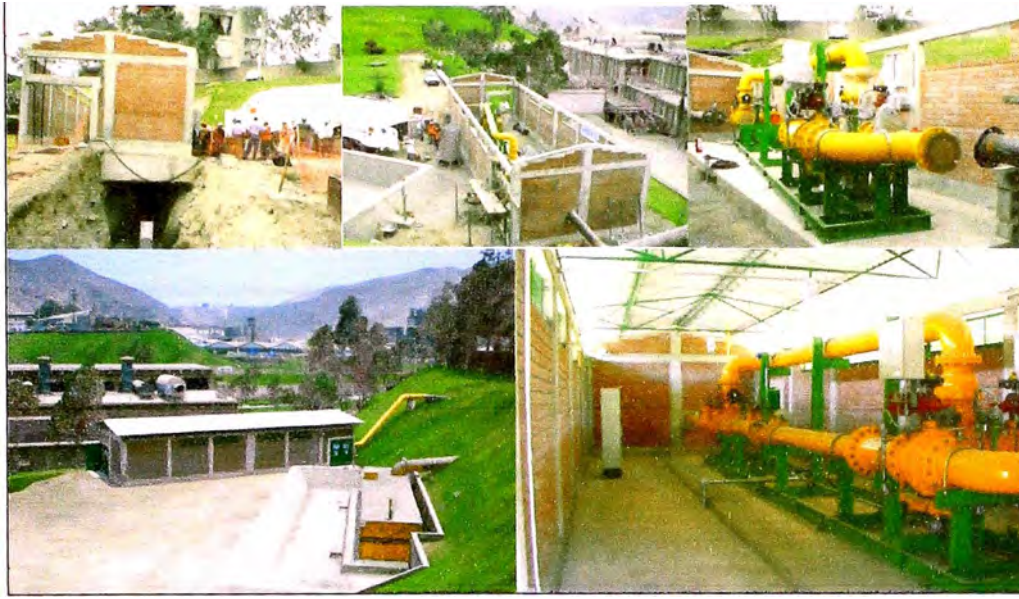
Estación de reducción de presión (espalda de arco sur del estadio de Atocongo)



Estación de regulación y medición para suministro de gas a motores de GEA (Costado de cancha de losa de GEA)



Estación de regulación y medición para suministro de gas a Hornos de Cementos Lima (costado tanque de petróleo GEA)



APÉNDICE F

Convertidor IP

Instruction Manual

Form 5739

September 2003

Type 846 and Model 3311 Transducers

Table 1-1. Specifications

<p>Input Signal⁽¹⁾</p> <p>Standard Performance: 4 to 20 mA dc, 4 to 12 mA dc, or 12 to 20 mA dc. Field adjustable split ranging</p> <p>10 to 50 mA dc. Consult factory for split range input. Direct action only</p> <p>Multirange Performance: 4 to 20 mA dc. Consult factory for split range input.</p> <p>10 to 50 mA dc. Consult factory for split range input. Direct action only.</p>	<p>Output Air Capacity⁽²⁾</p> <p>Standard: 6.7 normal m³/hr (4.0 scfm) at 1.4 bar (20 psi) supply pressure Multirange: 9.0 normal m³/hr (6.0 scfm) at 2.5 bar (35 psig) supply pressure</p> <p>Steady-State Air Consumption⁽¹⁾⁽²⁾ 0.3 normal m³/hr (0.20 scfm) at 1.4 bar (20 psi) supply pressure</p> <p>Temperature Limits</p> <p>Operating:⁽¹⁾ -40 to 85°C (-40 to 185°F). Storage:⁽¹⁾ -40 to 93°C (-40 to 200°F).</p>
<p>Output Signal⁽¹⁾⁽⁵⁾</p> <p>Standard Performance: <i>(Consult factory for split range output)</i></p> <p>Direct Action (Minimum span of 6 psi) Typical outputs: 0.2 to 1.0 bar (3 to 15 psi). Rangeability between 0.1 and 1.2 bar (1 and 18 psi).</p> <p>Reverse Action (Minimum span of 11 psi) Typical outputs: 1.0 to 0.2 bar (15 to 3 psi) Rangeability between 1.2 and 0.1 bar (18 and 1 psi).</p> <p>Multirange Performance:</p> <p>Direct Action (Minimum span of 6 psi) Typical outputs: 0.2 to 1.9 bar (3 to 27 psi), 0.4 to 2 bar (6 to 30 psi), and 0.3 to 1.7 bar (5 to 25 psi). Rangeability between 0.03 and 2.3 bar (0.5 and 33 psi).</p> <p>Reverse Action (Minimum span of 11 psi) Typical outputs: 1.9 to 0.2 bar (27 to 3 psi), 2 to 0.4 bar (30 to 6 psi), and 1.7 to 0.3 bar (25 to 5 psi) Rangeability between 2.3 and 0.03 bar (33 and 0.5 psi).</p>	<p>Humidity Limits 0 to 100% condensing relative humidity.</p> <p>Performance⁽³⁾ <i>Note: The performance of all Type 846 and Model 3311 I/Ps is verified using computer automated manufacturing systems to ensure every unit shipped meets its performance specifications.</i></p> <p>Linearity⁽¹⁾, Hysteresis⁽¹⁾, and Repeatability: ±0.3% of span.</p> <p>Temperature Effect (total effect including zero and span): ±0.07%/°C (0.045%/°F) of span</p> <p>Vibration Effect: ±0.3% of span per g during the following conditions: 5 to 15 Hz at 4 mm constant displacement 15 to 150 Hz at 2 g. 150 to 2000 Hz at 1 g. per SAMA Standard PMC 31.1, Sec. 5.3, Condition 3, Steady State</p> <p>Shock Effect: ±0.5% of span, when tested per SAMA Standard PMC 31.1, Sec. 5.4.</p> <p>Supply Pressure Effect: Negligible</p>
<p>Supply Pressure⁽¹⁾</p> <p>Standard Performance 1.2 to 1.6 bar (18 to 24 psi)</p> <p>Multirange Performance 0.2 bar (3 psi)⁽⁴⁾ greater than the maximum calibrated output pressure</p> <p>Maximum: 2.4 bar (35 psi)</p> <p>Medium: Air or natural gas⁽⁶⁾</p>	<p>Electromagnetic Interference (EMI): Tested per IEC 61326-1 (Edition 1.1). Meets emission levels for Class A equipment (industrial locations) and Class B equipment (domestic locations). Meets immunity requirements for industrial locations (Table A.1). Immunity performance is shown in table 1-2.</p> <p>Leak Sensitivity:⁽²⁾ Less than 1.0% of span for up to 5.0 normal m³/hr (3.0 scfm) downstream leakage.</p> <p>Overpressure Effect: Less than 0.25% of span for misapplication of up to 7.0 bar (100 psi) supply pressure for less than 5 minutes to the input port.</p>

-Continued-

Table 1-1. Specifications (continued)

<p>Performance (continued)</p> <p>Reverse Polarity Protection: No damage occurs from reversal of normal supply current (4 to 20 mA) or from misapplication of up to 100 mA.</p> <p>Connections</p> <p>Supply Air, Output Signal, and Output Gauge: 1/4-18 NPT female connection. Electrical: 1/2-14 NPT female conduit connection</p> <p>Adjustments</p> <p>Zero and Span: screwdriver adjustments located in terminal compartment.</p> <p>Remote Pressure Reading (RPR) Jumper selectable, ON or OFF, if unit includes option</p> <p>Frequency Range: 5,000 to 8,000 Hz. Amplitude: 0.4 to 1.0 V_{p-p}</p> <p>Required Operating Voltage with Remote pressure Reading Off</p> <p>Min. 6.0 V (at 4 mA) Max. 7.2 V (at 20 mA)</p> <p>Required Operating Voltage with Remote Pressure Reading On</p> <p>Min. 6.4 V (at 4 mA) Max. 8.2 V (at 20 mA)</p>	<p>Electrical Classification</p> <p>Hazardous area: Explosion proof, dust ignition proof, intrinsically safe, and non-incendive constructions available. Refer to the Hazardous Area Classification Bulletin 9.2:002, and the transducer nameplate (see figure 1-3).</p> <p>Electrical Housing: NEMA 4X, CSA Enclosure Type 4X, IP66 per IEC60529, Tropicalization (Fungus test per MIL-STD-810)</p> <p>Construction Materials</p> <p>Housing: Low-copper aluminum with polyurethane paint, or 316 stainless steel O-Rings: Buna-N, except silicone for sensor O-rings.</p> <p>Options</p> <p>Type 67CFR filter regulator, supply and output gauges or tire valve remote pressure reading, module cover with multiple stroke ports, stainless steel housing, or stainless steel mounting bracket.</p> <p>Weight</p> <p>Aluminum: 2.9 kg (6.5 lb) excluding options Stainless Steel: 6.7 kg (14.8 lb) excluding options</p>
--	--

1. The term is defined in ISA Standard 5E1.1-1979.
 2. Normal m³/hr—Normal cubic meters per hour (0°C and 1.01325 bar absolute). Scfm—Standard cubic feet per minute (60°F and 14.7 psia).
 3. Reference Conditions: 4.0 to 20 mA dc input, 0.2 to 1.0 bar (3 to 15 psia) output, and 1.4 bar (20 psia) supply pressure.
 4. 0.14 bar (2 psi) for a 2.3 bar (33 psi) output.
 5. Metric calibration also available.
 6. This product is approved for use with Natural Gas. Refer to the Hazardous Area Classification Bulletin 9.2:002. Natural gas to contain no more than 20 ppm of H₂S.

APÉNDICE G

Válvula de Alivio

Benefits

n	Compact design	n	High-flow capacity
n	Accurate operation	n	Easy maintenance

Description

The 800 Safety Relief Valve series is a direct-acting relief valve, operated by a loading spring and diaphragm control unit.

Reduced overall dimensions allow easy connection to the pipes downstream of a pressure reduction system.

Applications

The 800 Safety Relief Valve series is used to protect gas distribution systems against excessive pressure by blowing off the gas to the atmosphere. When the pressure reaches the set limits, the valve opens automatically, running down the excessive pressure and keeping the acceptable level of gas in the pipe. It can also be used as protection in the case of failure caused by a lack of tightness in the regulator.

Technical features

Technical features

n	Relief pressure range	P range: 8 mbar – 5 bar
n	Temperature range	-20°C to +60°C
n	Acceptable gases	Natural gas, town gas, propane, butane, air, nitrogen or any non-corrosive gas
n	Installation	Horizontal

Connections

n	Sizes	DN 1", 1 1/2", 2"
n	Type	Gas female threaded

Materials

Body-Casing-Cover	Spheroidal Graphite Iron SFP 50 (series 803 - 803 TR)
Valve	Aluminium (series 801/ 811)
Diaphragm	Nitrile Rubber
Internal Parts	Rubberised fabric Brass and Stainless Steel

Selection of the Safety Relief Valve version

VS	X	X	X	X	X	Relief Range: mbar	1"	1 1/2"	2"
	8	0	1			15 - 240		-	-
	8	1	1			8 - 190		-	-
	8	1	1	TR		100 - 700		-	-
	8	1	1			16 - 1000			-
	8	1	1			23 - 180			
					I	with control connection			
					A	Reverse flow direction high accuracy			
	8	0	3			150 - 2300			
	8	0	3	TR		400 - 5000			

Flow capacity

Table of maximum flow capacity in (St) m³/h (by relative gas density d=0.6, temperature T=288K and absolute pressure p=1.013 bar).

Type	Over-pressure in %	Flow Rate (St)m ³ /h - Natural Gas										
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
VS 811	Set	35 mbar	7.5	10	12.5	15	18.5	21	23	24.5	27	29
		64 mbar	8	11	14	18	22	26	31	33	36	38
		0.8 bar	8	12	17	27	38	50	60	72	85	96
VS 803	Set	1.5 bar	9	14	22	35	48	64	76	90	108	125

SRV spring selection tables

VS 800 DN 1"-1 1/2"

VS 801

Spring Characteristics					Wh (mbar)
Code	d	De	Lo	lt	
20563325	1.3	25	55	8	15 - 30
20563025	1.5	25	50	6.5	28 + 70
20563026	1.7	25	50	7	40 - 85
20563027	1.9	25	50	6.75	55 + 120
20563028	2.2	25	50	7.5	75 + 240

VS 811 - VS 811/A DN 1"

Spring Characteristics					Wh (mbar)
Code	d	De	Lo	lt	
20564141	1.6	30	80	9.5	8 + 18
20564142	1.8	30	80	8.5	16 - 28
20564044	2.2	30	80	9	30 - 56
20564042	2.5	30	80	9	40 - 90
20564143	3	30	80	9	90 + 190

VS 811/TR - VS 811/A/TR DN 1"

Spring Characteristics					Wh (mbar)
Code	d	De	Lo	lt	
20564042	2.5	30	80	9	100 + 230
20564143	3	30	80	9	210 - 450
20564144	3.5	30	80	9	420 + 700

VS 811 DN 1 1/2"

Spring Characteristics					SBV 811/A	SBV 811/A/TR
Code	D	De	Lo	lt	Wh (mbar)	Wh (mbar)
20564142	1.8	30	80	8.5	16 + 35	-
20564044	2.2	30	80	9	30 - 60	65 - 125
20564042	2.5	30	80	8.5	50 - 95	100 - 220
20564143	3	30	80	9	105 + 170	224 - 420
20564032	3.8	30	65	7.5	-	380 + 1000

VS 811/A DN 2"

Spring Characteristics					Wh (mbar)
Code	d	De	Lo	lt	
20565155	2.7	35	120	11	23 + 40
20565156	3	35	120	11.5	32 + 58
20565151	4	35	100	10.75	50 + 115
20565143	4.5	35	80	8	80 - 180

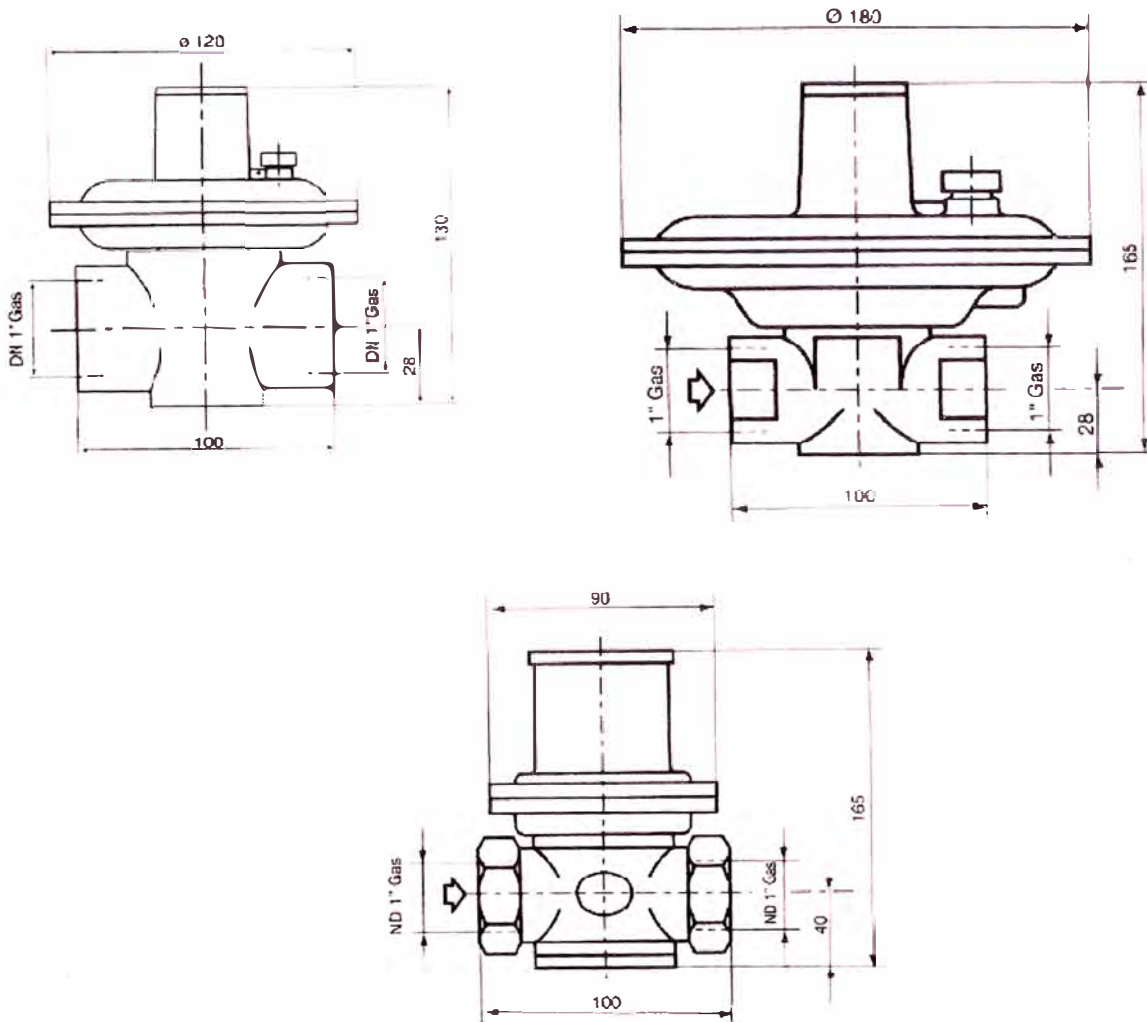
SRV spring selection tables
VS 803

Spring Characteristics					Wh (mbar)
Code	d	De	Lo	lt	
20565125	2.5	35	50	6	0.15 - 0.25
20565126	3	35	50	6	0.20 - 0.68
20565127	3.5	35	50	6	0.20 - 0.85
20565128	4	35	50	6	0.40 - 1.50
20565129	4.5	35	50	6	0.50 - 2.30

VS 803/TR

Spring Characteristics					Wh (mbar)
Code	d	De	Lo	lt	
20565127	3.5	35	50	6	0.40 - 1.30
20565128	4	35	50	6	0.80 - 2.20
20565129	4.5	35	50	6	1.80 - 2.30
20565131	5	35	60	6.5	2.50 - 5.00

Overall dimensions (in mm)



APENDICE H

Etapas del Convertidor I-P

Circuito Electrónico

Durante la operación, la señal de corriente de entrada es recibida por el circuito electrónico del transductor y es comparada con respecto a la presión de salida de la etapa amplificadora. Un sensor de presión transistorizado es parte del circuito electrónico y monitoriza la salida de la etapa amplificadora. El sensor basado en silicio usa tecnología de película delgada para la medición de esfuerzos.

La señal de presión del sensor se envía a un circuito de control interno simple. Los cambios en la carga de salida (fugas), variaciones en la presión de suministro o incluso desgaste de componentes son detectados y corregidos por la combinación del sensor/circuito. La realimentación electrónica permite un rendimiento dinámico bien definido y compensa los cambios de salida inducidos por la vibración.

Debido a que el transductor es electrónico en naturaleza, no se modela bien en el bucle como una simple resistencia en serie con un inductor. Es mejor considerarlo como una resistencia de 50 ohmios en serie con una caída de voltaje de 6,0 V, con inductancia muy pequeña.

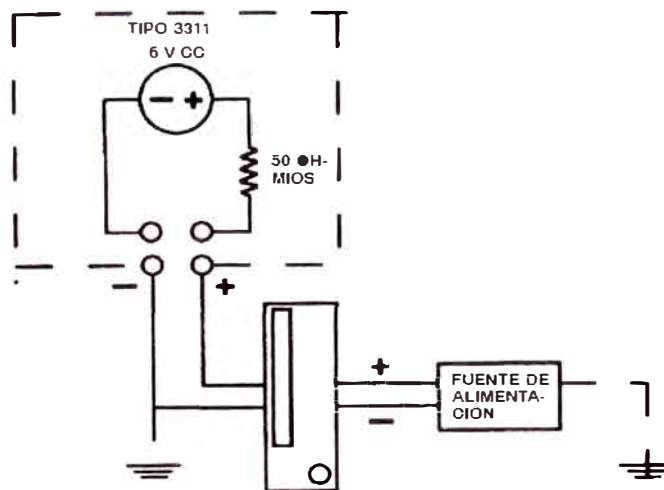


Figura 1- Circuito Equivalente

Actuador Magnético

El circuito electrónico controla el nivel de corriente que fluye a través de la bobina del actuador, que se encuentra en el conjunto del piloto/actuador. Un cambio en el nivel de corriente de la bobina se hace mediante el circuito electrónico cuando éste detecta una discrepancia entre la presión medida por el sensor y la presión requerida por la señal de entrada. El actuador magnético realiza la tarea de convertir energía eléctrica (corriente) a movimiento.

Etapa piloto

La etapa piloto contiene dos boquillas fijas opuestas: la boquilla de suministro y la boquilla receptora. También contiene el deflector, que es el elemento móvil. La boquilla de suministro está conectada al aire de suministro y proporciona una corriente

de aire de alta velocidad. La boquilla receptora captura la corriente de aire y la convierte a presión. La presión de la boquilla receptora es la presión de salida de la etapa piloto.

Para variar la presión de salida del piloto, la corriente de alta velocidad se desvía alejándose de la boquilla receptora mediante el deflector, que es un cuerpo cilíndrico aerodinámico ubicado entre las dos boquillas.

En respuesta a un cambio en la corriente de la bobina del actuador, el deflector se vuelve a colocar entre las boquillas. Hay una relación lineal entre la corriente de la bobina y la presión de salida de la etapa piloto. Para unidades de acción directa, la posición de apagado o de seguridad contra fallos del deflector está cerca del centro de la corriente y produce una presión de salida del piloto casi de cero. A medida que se energiza la bobina, el deflector se retrae de la corriente.

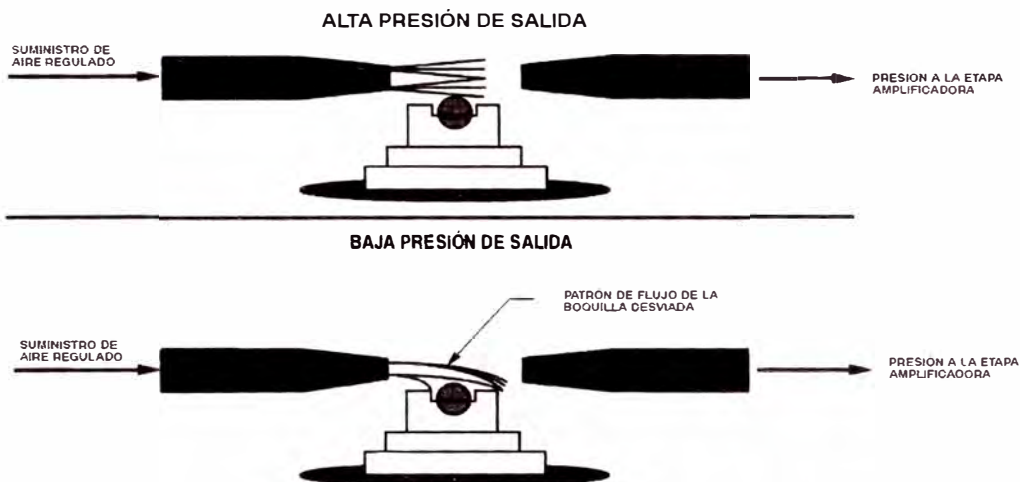


Figura 2- Operación de la etapa piloto

El resultado es una máxima presión de salida del piloto. A medida que se energiza la bobina, el deflector se adentra en la corriente, produciendo una menor presión de salida del piloto. El material del deflector es carburo de tungsteno y las boquillas son de acero inoxidable 316. Las boquillas tienen un gran orificio de 0,41 mm (0.016 in.) y proporcionan una buena resistencia a los taponamientos.

Etapa amplificadora

La presión de la boquilla receptora controla la etapa amplificadora, que tiene un diseño de válvula circular de movimiento vertical. Un incremento en la presión de la boquilla receptora posiciona la válvula en la etapa amplificadora para producir un incremento en la señal de salida del transductor. Una disminución en la presión de la boquilla receptora posiciona la válvula en la etapa amplificadora para permitir la descarga, disminuyendo la señal de salida.

APÉNDICE I

Acondicionamiento de GAS Unidad de Premezclado

Regulador Principal

el regulador mantiene una presión de salida de 300mbar, que opera independientemente de la variación de la presión de entrada y del flujo de gas. Esta característica de regulación de la presión de salida se debe a la acción del resorte en el sistema del diafragma y el sistema de palanca de acción del actuador.

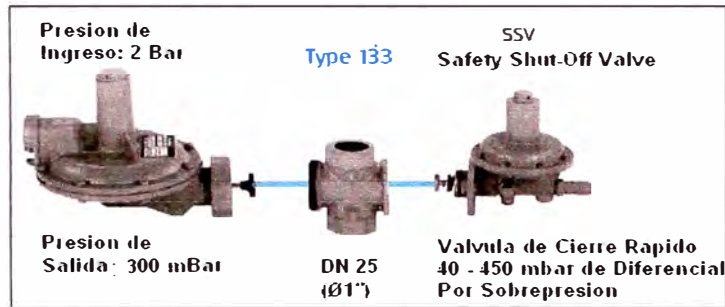


Figura –

Esta válvula comprende además una válvula de alivio (Safety Relieve Valve SRV) y una válvula de cierre rápido por Sobrepresión (SSV Type 033), las cuales están establecidas a operar a 30mbar de exceso en relación a la presión de salida (300mbar) para el caso de la Válvula de alivio y de 40-450 mbar de valor de exceso de presión para la Válvula de Cierre. Estos valores de presión se obtienen según la selección del resorte, tanto para la regulación principal como para el cierre por Sobrepresión.

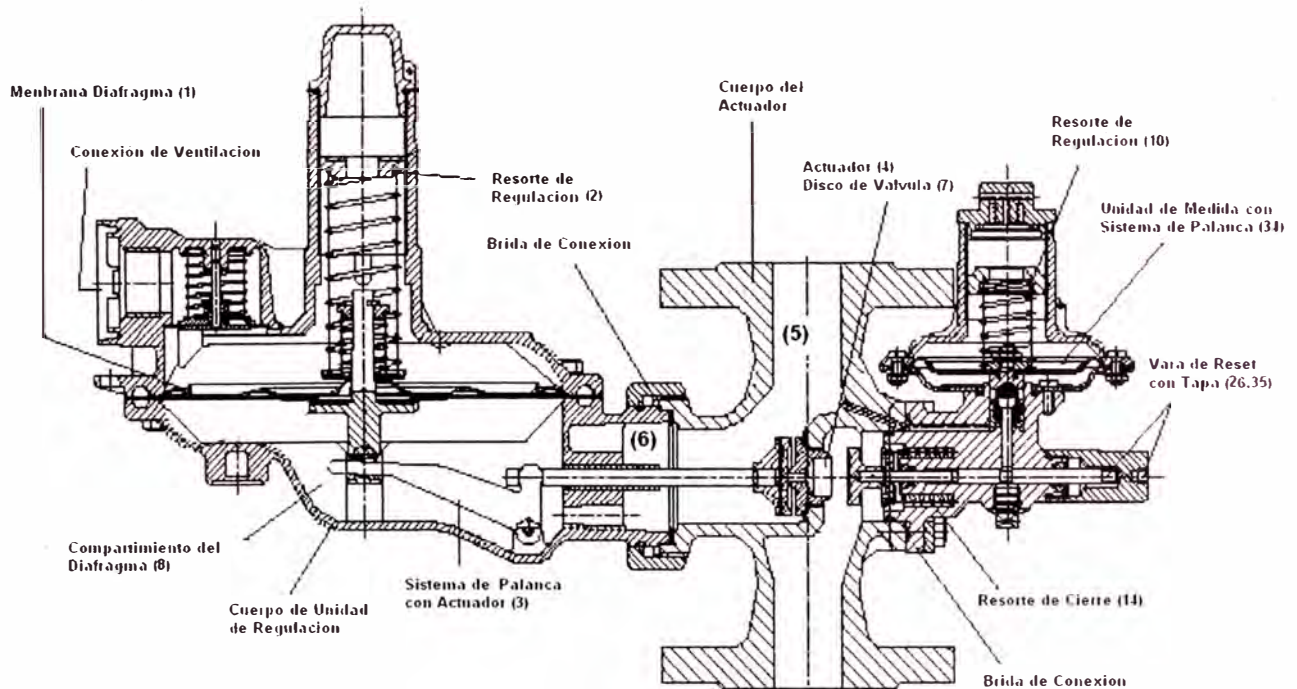


Figura – Regulador Actaris Type 133 -4-72

Esta válvula tiene la función de mantener un flujo constante de gas a la presión establecida y es de regulación autónoma. Normalmente la válvula está abierta cuando

no hay flujo de gas a través de ella, es decir, hay “cero” consumo. El diafragma(1) de comparación de presiones es accionado por el resorte de regulación (2), y transmite el movimiento hacia el actuador (4) por medio del sistema de transmisión de palanca (3). El Valor deseado de la presión preestablecido es alcanzado por medio de la variable de regulación (Resorte), el cual , determina el valor de salida de la presión. El efecto del Venturi, que esta presente por el diseño del cuerpo de la válvula, la cámara de salida (5) y el canal de conexión (6) hacia el diafragma (1), supera la resistencia del resorte(2) y genera un ligero incremento en la presión de salida y a su vez del flujo. El valor de la presión de control, por intermedio del resorte, presiona al diafragma comparador(1) tanto como el sistema de transmisión por palanca (3) desciende, lo que abre el actuador (3) y el gas fluye por el orificio(7). Como resultado, la presión de salida se desarrolla y puede ejercer una fuerza en el diafragma (1) que equilibra al valor de presión establecido.

Si esta fuerza excede el valor de presión establecida, el brazo (3) es levantado por el diafragma (1) y el disco de válvula (4) empieza a aproximarse al área de tolerancia del orificio(7), de esta forma regulando el flujo de gas. Si la presión en la cámara de salida(5) disminuye debido a una reducción del volumen detrás del orificio (7), y , de ahí, en el compartimento del diafragma (8), el actuador(4) es abierto debido a la fuerza del resorte(2). Este proceso de cambios es repetido hasta alcanzar el balance entre el valor referencia de presión y la presión de salida del diafragma comparador(1) dependiendo del flujo de gas que es alcanzado.

Si el actuador (4.7) esta dañado o si el sistema de transmisión por palanca(3) esta inoperativo o bloqueado, la presión en la unidad de regulación y detrás del actuador(4.7) solo podrá aumentar hasta que la Válvula de cierre rápido (Safety Shut-Off Valve) corte el flujo de gas.

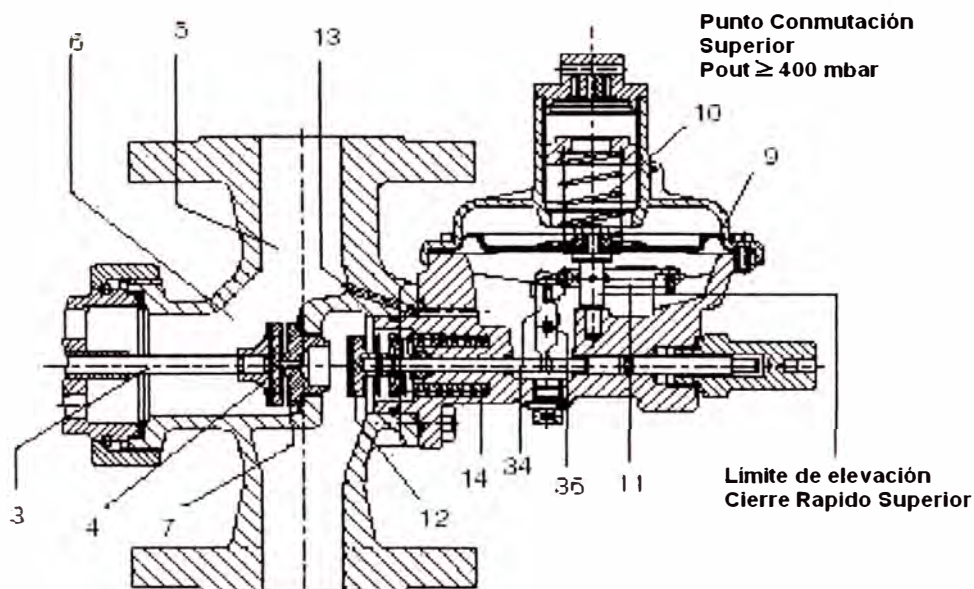


Figura – Detalle del Sistema de cierre rápido

Cuando la presión de salida tenga un valor por exceso del rango establecido (330mbar – 450mbar), el incremento de la presión es también transmitida a través de la sonda de pulso(13) hacia el diafragma comparador(9) del sistema de cierre rápido. Cuando la fuerza debajo del diafragma(9) se iguala a la fuerza del resorte (10) en oposición a la sobre-presión, el diafragma(9) con el sistema de palanca(11) son empujados para arriba.

En consecuencia, el sistema de palanca(11) es liberado de su posición inicial, de manera que la fuerza del resorte de cierre(14) queda libre para empujar al disco de válvula(12) en oposición al orificio de flujo(7) cerrando el flujo de gas.

Válvulas Solenoide

Las válvulas solenoide se encuentran instaladas de la siguiente forma: 1 válvula en la posición 4 y 2 en la posición 5 – Plano Flonidan N° 0120180) las cuales sirven para el control del acceso del gas hacia el regulador o hacia el aire exterior.

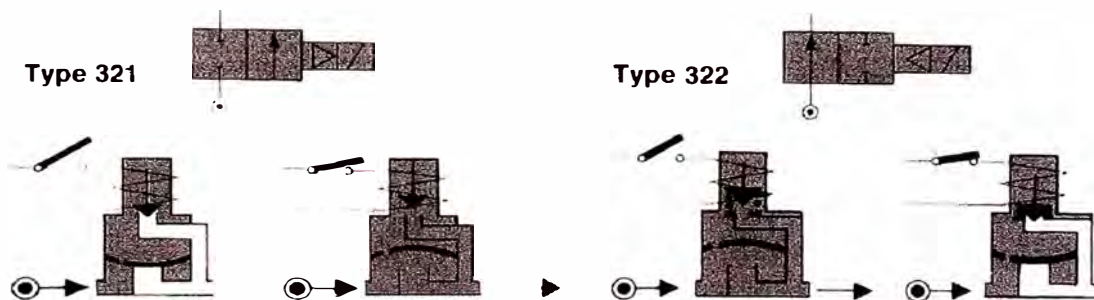


Figura – Esquemas Type 321 y Type 322

Estas válvulas solenoides son del tipo diafragma operadas por piloto, de 2 vías y 2 posiciones. La Válvula de la posición 4 del sistema de pre-mezclado es del tipo 321HF15 y de la posición 5 del sistema de premezclado son del tipo 322HF75. Como se aprecia, la válvula del tipo 321 es normalmente cerrada y la del tipo 322 es normalmente abierta. El diámetro nominal es de 14.5mm con diámetro nominal en los terminales de entrada y salida de 1/2". La tensión de activación es de 110 VAC con un consumo de 9 Watts. El diferencial de presión máximo de diseño es de 40 bar. El diferencial de presión mínimo para la apertura de la válvula es de 0.3 bar. (Ver detalle de características técnicas en apéndice)

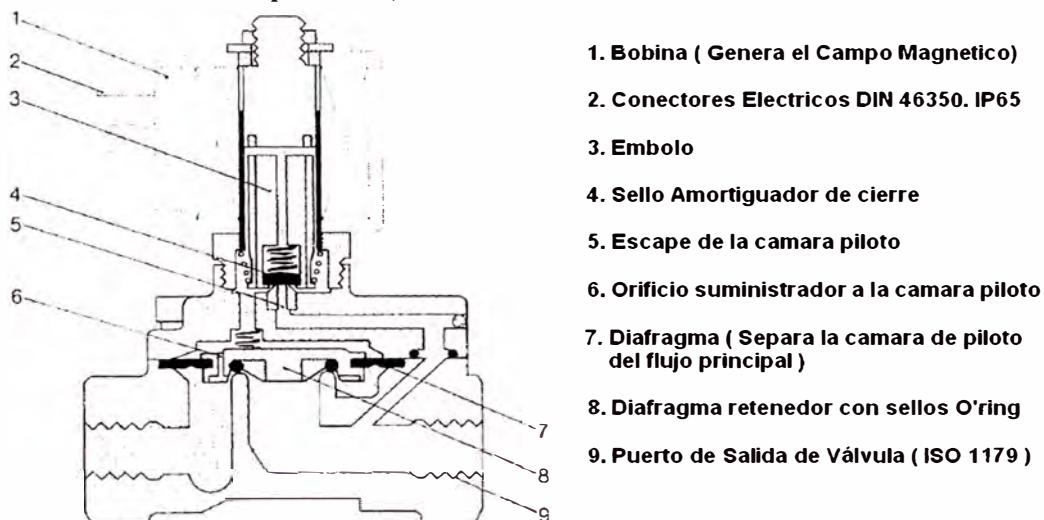


Figura – Partes Válvula Solenoide operada por piloto

La figura anterior se muestra las partes de una válvula normalmente cerrada. Cuando la bobina(1) es energizada, el émbolo(3) es atraído hacia el centro de la bobina, abriendo el orificio piloto(5). Una vez hecho esto, la presión atrapada arriba del diafragma(7) se libera a través del orificio(5) piloto, creando así un desbalance de presión a través del

diafragma. De este modo, la presión inferior es mayor a la superior, forzándolo a subir y produciendo la apertura del diafragma retenedor(8) o puerto principal.

Cuando se desenergiza la bobina solenoide, el émbolo cae y el sello amortiguador(4) cierra el orificio piloto(5), provocando la igualación de las presiones sobre y bajo el diafragma(7), los cuales caen para cerrar el puerto principal(8). Para el caso de una válvula normalmence cerrada abierta, el proceso de accionamiento es el opuesto.

APÉNDICE J

Acondicionamiento del Aire - Unidad de Premezclado

Filtro

El filtro (Posición 2 – Plano Flonidan N° 0120180) es el primer elemento en la línea de acondicionamiento del aire, el cual permite retener las impurezas o material particulado que pueda dañar las partes internas del sistema. La malla de filtrado de $20\mu\text{m}$ y trabaja a una presión de entre 1 a 8 bar . Para mayor detalle de características ver anexo.

Válvula Reguladora

La válvula reguladora (Posición 3 – Plano Flonidan N° 0120180), Samson Type 45-9, que es del tipo diafragma con un diámetro nominal DN 25, regula la presión de salida a 250mbar y un flujo máximo de aire a $5\text{m}^3/\text{hora}$. Ver anexo de características técnicas.

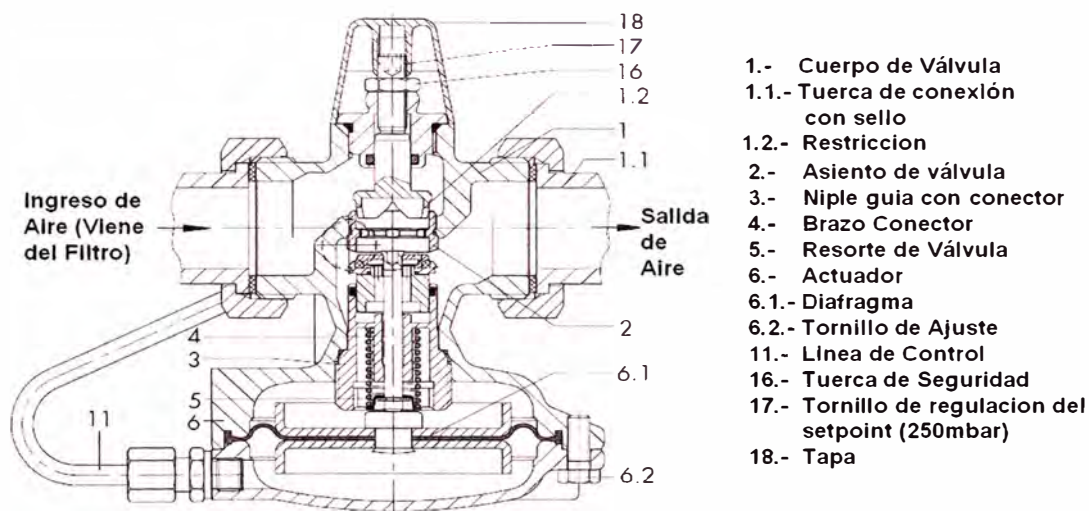


Figura – Partes Válvula Reguladora Samson Type 45-9

El valor del flujo es determinado por el área libre entre el dispositivo de restricción (1.2) y el niple guía del conector (3). El resorte de válvula (5) determina el diferencial de presión en el dispositivo de restricción (1.2), que está en el rango de 0.2 a 0.3 bar. La presión de ingreso es transmitida al lado de alta presión del actuador (6) a través de la línea de control (11). La caída de baja de presión en el dispositivo de restricción (1.2) actúa en el lado de baja presión del diafragma (6.1) mediante el alisaje del conector de la válvula. El diferencial de presión producido en el dispositivo de restricción (1.2) es convertido en una fuerza de posicionamiento que actúa en el brazo de conector (4) y por ende, en el diafragma (6.1) y de esta manera se consigue la apertura de la válvula. Esta fuerza también es usada para ajustar la posición del conector de la válvula dependiendo de la fuerza en el resorte (5).

Válvula Solenoide

La válvula solenoide (Posición 6 – Plano N° 0120180), Lucifer 221G17, es la que se encarga de controlar la salida del aire regulado hacia la ignición. Esta válvula es normalmente abierta, de 2 vías 2 posiciones, con una tensión de activación de 110 VAC,

diámetro nominal de 15mm con conexiones exteriores DN 25. Los tiempo de respuesta de la válvula para la apertura es 0.035 segundos y para el cierre es de 0.370. (Ver características técnicas en Apéndice)

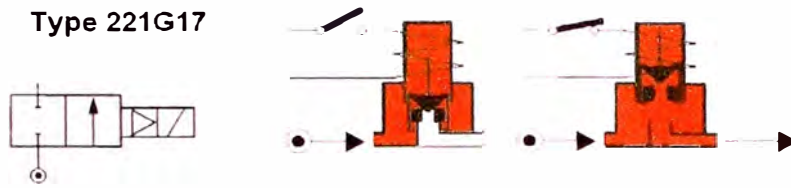


Figura – Esquema Type 211G17

Esta válvula, así como las del sistema de acondicionamiento de gas, es del tipo diafragma operada por piloto, por lo que su funcionamiento es similar, a excepción de que esta válvula tiene un enlace entre el diafragma y el embolo conector, que permite la apertura a una presión diferencial de cero. Este sistema se conoce como **“Magnalift”** y es recomendado en la aplicaciones donde el diferencial de presión minima no puede ser mantenido al nivel suficiente, por ejemplo cuando la presión de alimentación tiende a cero.

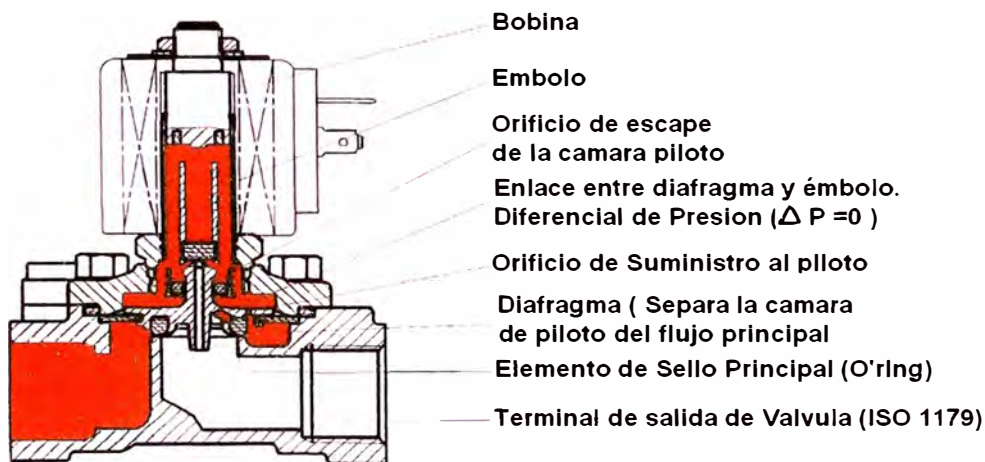


Figura – Partes de Válvula Type 211G17