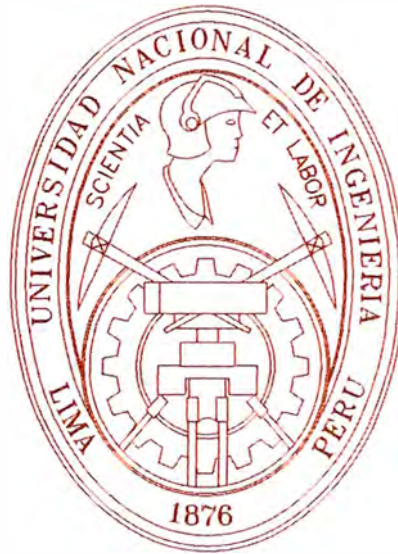


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**“OPTIMIZACION DEL PROCESO DE COMBUSTION EN
HORNOS DE FUSION TIPO REVERBERO EN LA
PLANTA DE FUNDICION DE S.P.C.C.”**

INFORME DE INGENIERIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO**

MARCELINO WALTER YAÑEZ DUEÑAS

PROMOCION 1975-II

LIMA-PERU

2002

*A mi abnegada Madre,
por su invalorable apoyo moral y
espiritual en todos los logros
de mi carrera profesional
y personal.*

CONTENIDO

	Pág.
Prólogo	1
CAPITULO I	
1. INTRODUCCIÓN	4
CAPITULO II	
2. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE FUNDICIÓN Y PLANTA DE OXIGENO	7
2.1 La Fundición y los Hornos de fusión Reverberos y Convertidores de afinación en caliente.	7
2.2 La Planta de oxígeno y disponibilidad de oxígeno de la Planta existente.	19
CAPITULO III	
3. CARACTERÍSTICAS OPERATIVAS ACTUALES DE LOS HORNOS	30
3.1 Criterios del proceso y Diagramas de flujos	30
3.2 Condiciones operativas y capacidad instalada	44
CAPITULO IV	
4. INGENIERIA DEL PROYECTO	53
4.1 Análisis termodinámico del proceso de combustión en un horno de fusión tipo Reverbero, empleando la nueva mezcla.	53
4.2 Cálculo del concentrado adicional a fundir empleando la nueva mezcla (exceso de aire – petróleo residual).	58

4.3	Distribución de oxígeno gaseoso en los hornos de Planta Fundición, luego de implementación de proyecto.	66
CAPITULO V		
5.	DISEÑO Y OPTIMIZACION DE EQUIPOS DE LA PLANTA PARA SUMINISTRO DE OXIGENO.	72
5.1	Criterios de diseño y selección de equipos basados en normas técnicas.	72
5.2	Parámetros y criterios de control automático en la Planta.	80
5.3	Especificaciones técnicas para la construcción y pruebas del equipamiento mecánico de la Planta.	88
CAPITULO VI		
6.	ANALISIS ECONOMICO DE LA PLANTA CON SUMINISTRO DE OXIGENO.	90
6.1	Estructura de costos.	90
6.2	Tasa interna de retorno y periodo de recuperación.	92
CONCLUSIONES		98
BIBLIOGRAFÍA		101
PLANOS:	N° 31216-01 Arreglo General – Planta lado Oeste	
	N°31216-02 Arreglo General – Planta Principal	
	N°31216-03 Elevaciones – Detalles	
	N° 31216-04 Eje 34.1 – Sección	
	N° 31219-01 Tubería & Diagrama de Instrumentación	

ANEXOS

Anexo A – Parte 1

Criterios de diseño y selección de materiales para servicio en oxígeno gaseoso.

Anexo A – Parte 2

Especificaciones técnicas para tuberías y accesorios. Servicio oxígeno gaseoso

Anexo B

Guía de aceptación de limpieza e inspección para servicio en oxígeno

Anexo C

Guía para prueba de presión

Anexo D

Cálculos

Anexo E

Especificaciones técnicas de construcción

PROLOGO

Las empresas minero - metalúrgicas se ven obligadas a asumir retos para modernizar, sus equipos, maquinarias e instalaciones y optimizar sus operaciones a fin de mantener sus productos a precios competitivos dentro del mercado nacional e internacional.

En la planta de fundición de concentrados de cobre de la empresa Southernm Perú Copper Corporation ubicada en el sur del Perú, luego de evaluar varias alternativas se decidió implementar un sistema de suministro de oxígeno gaseoso de 95 % de pureza para enriquecer el aire de combustión del petróleo Residual para fundir los concentrados en un horno tipo Reverbero

Con el presente informe de Ingeniería a manera de diagnóstico, se hace una descripción detallada de los procesos de combustión existente y luego los cálculos necesarios para la optimización y modificación; asimismo el diseño, selección y cálculos de los diferentes sistemas y dispositivos utilizados para el suministro de oxígeno gaseoso para el proceso de combustión.

En el Capítulo I se presenta el escenario en el cual se desarrolla el trabajo.

Adicionalmente se describen algunos antecedentes para la ejecución del proyecto.

En el Capítulo II se describe los principales componentes de la Planta de Fundición involucrados en la obtención del producto final, y entre ellos los que hacen también uso del oxígeno gaseoso. Asimismo se presentan el resumen del proceso y los parámetros generales de operación de la Planta de oxígeno existente.

El detalle de las características operativas actuales de los hornos de fusión tipo Reverbero se presenta en el Capítulo III, incluyendo sus principales variables de operación. Asimismo se describen las características generales físicas y operativas de sus equipos y maquinarias auxiliares para la combustión y manejo de materiales en proceso.

El Capítulo IV trata sobre la Ingeniería del Proyecto, los cálculos justificativos del análisis termodinámico del proceso de combustión, antes y después de la optimización con suministro de oxígeno. Adicionalmente se presenta los cálculos del ahorro de combustible y el incremento proyectado de la producción del horno Reverbero

Asimismo se incluye información de los parámetros operativos del sistema de combustión posterior a la implementación de la optimización por el Proyecto, y las curvas de distribución de oxígeno en los hornos de fundición para su máximo aprovechamiento.

El Capítulo V trata sobre el Diseño y optimización de la planta de suministro de oxígeno, selección de tubería, accesorios y equipos del sistema de suministro de oxígeno. Asimismo describe la filosofía del Control del Sistema y referencias de las especificaciones técnicas para la construcción y pruebas, basado en normas técnicas referidas.

Finalmente en el Capítulo VI: En este capítulo se presenta la estructura de costos y evaluación económica del proyecto implementado.

CAPITULO I

INTRODUCCION

El proyecto corresponde a la Planta Fundición de Southern Perú Copper Corporation, ubicada en la Costa del Perú a 18 km. al Sur del Puerto de Ilo, y a 21 msnm.

SPCC es un productor integrado de cobre, la compañía minera más grande en el Perú y una de las diez más grandes compañías privadas mineras de cobre en el mundo. La producción de la compañía en 1996 fue de 678,1 millones de libras de cobre, 3.1 millones de onzas de plata y 8,7 millones de libras de molibdeno. La Política de la Compañía es incrementar la producción y de reducir costos operativos a través de un *plan de expansión y modernización*. SPCC ha anunciado un *plan de expansión y modernización* de su Mina de Cuajone y de su Fundición en Ilo. La modernización de la fundición, que podría emplear tecnología de fusión rápida para incrementar su capacidad de producción, permitirá un mejor control ambiental.

Los dos actuales hornos de fusión de concentrados de cobre de tipo Reverbero, que vienen operando desde 1976 en la Fundición de Southern Perú en Ilo combustionan

petróleo residual 500 con aire precalentado a baja presión de 5" de agua; consiguiéndose una capacidad promedio de 1250 toneladas cortas por día (TCPD). Desde 1 996 la Fundición cuenta con una Planta de oxígeno gaseoso de 300 toneladas cortas estándar por día (STPD), la que fue instalada para enriquecer el aire de soplado intermitente, en el afinamiento en caliente de cobre; a través de un horno *Convertidor modificado "El Teniente" (CMT)* y tres hornos *Convertidores tipo Peirce Smith*.

La intermitencia de la demanda de oxígeno en el uso de la Planta Fundición, permite venteos a la atmósfera en el orden del 10% promedio aproximado de la capacidad nominal de la Planta de Oxígeno, en condiciones normales de operación de los hornos *Convertidores* en servicio. Adicionalmente el *Convertidor CMT* esta programado, por antecedentes estadísticos de operación a una parada anual promedio, para su mantenimiento total durante 30 días aproximadamente, y paradas en el soplado de todos los hornos *Convertidores* por restricciones del Programa de higiene ambiental, comprometidas por SPCC al gobierno Peruano, a través de un plan de control intermitente (ICP) de operación de los hornos que permite la reducción de la emisión de gases de anhídrido sulfuroso en condiciones de clima adverso a la atmósfera. La anterior condición puso en disponibilidad oxígeno gaseoso; según cálculos preliminares en un mínimo de 50 STPD y un máximo 125 STPD de oxígeno gaseoso a baja presión de 25 psig. Mínimo; para la implementación de un sistema de optimización de combustión de petróleo residual 500, por el incremento del porcentaje de oxígeno en el aire de proceso; permitiendo un ahorro de combustible y el incremento en la capacidad de producción para la

fusión de concentrados de cobre de los hornos tipo Reverbero existentes.

Los trabajos de investigación sobre el oxígeno en la mejora del proceso metalúrgico es muy conocida en el mundo minero – metalúrgico; por lo que se ha tomado como referencia experiencias y resultados publicados en artículos, tal como el adjuntado por el East European Metals Review July 1 969.

La puesta en operación del sistema de suministro de oxígeno gaseoso en la combustión del petróleo permitirá un ahorro de petróleo del orden de 9 %, equivalente, e incrementar la capacidad de fusión del Horno en el orden de 11%. Adicionalmente debe resaltarse las mejoras por reducción de gases polutivos evacuados al sistema ambiental en la Planta y el área colindante.

Como factores limitantes fueron, la capacidad de suministro de oxígeno por parte de la Planta existente, la compleja distribución de los volúmenes de oxígeno gaseoso con operación intermitente, y la continua optimización de operación de los hornos complementarios de afinamiento en caliente tipo Convertidor.

CAPITULO II

UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA FUNDICIÓN Y PLANTA DE OXIGENO

2.1 LA FUNDICION Y LOS HORNOS DE FUSION REVERBEROS Y CONVERTIDORES DE AFINAMIENTO EN CALIENTE.

La Fundición de Ilo inició sus operaciones el año 1960 con el Proyecto Toquepala (coincidente con el inicio de operaciones de la Mina y Concentradora en Toquepala) contando principalmente con dos hornos Reverberos (#1 y #2); cuatro Convertidores Peirce Smith y una Rueda de moldeo. Posteriormente con el Proyecto Cuajone (coincidente con el inicio de operaciones de la Mina y Concentradora en Cuajone) en 1976, la Fundición amplió sus operaciones con la adición de dos hornos Reverberos de mejor tecnología y mayor capacidad lo cual permitió dejar fuera de operación al horno Reverbero # 2, se agregaron también tres Convertidores Peirce Smith

Foto 2.1 Vista Fundición Southern Perú



Foto 2.2 Vista Planta de Oxígeno

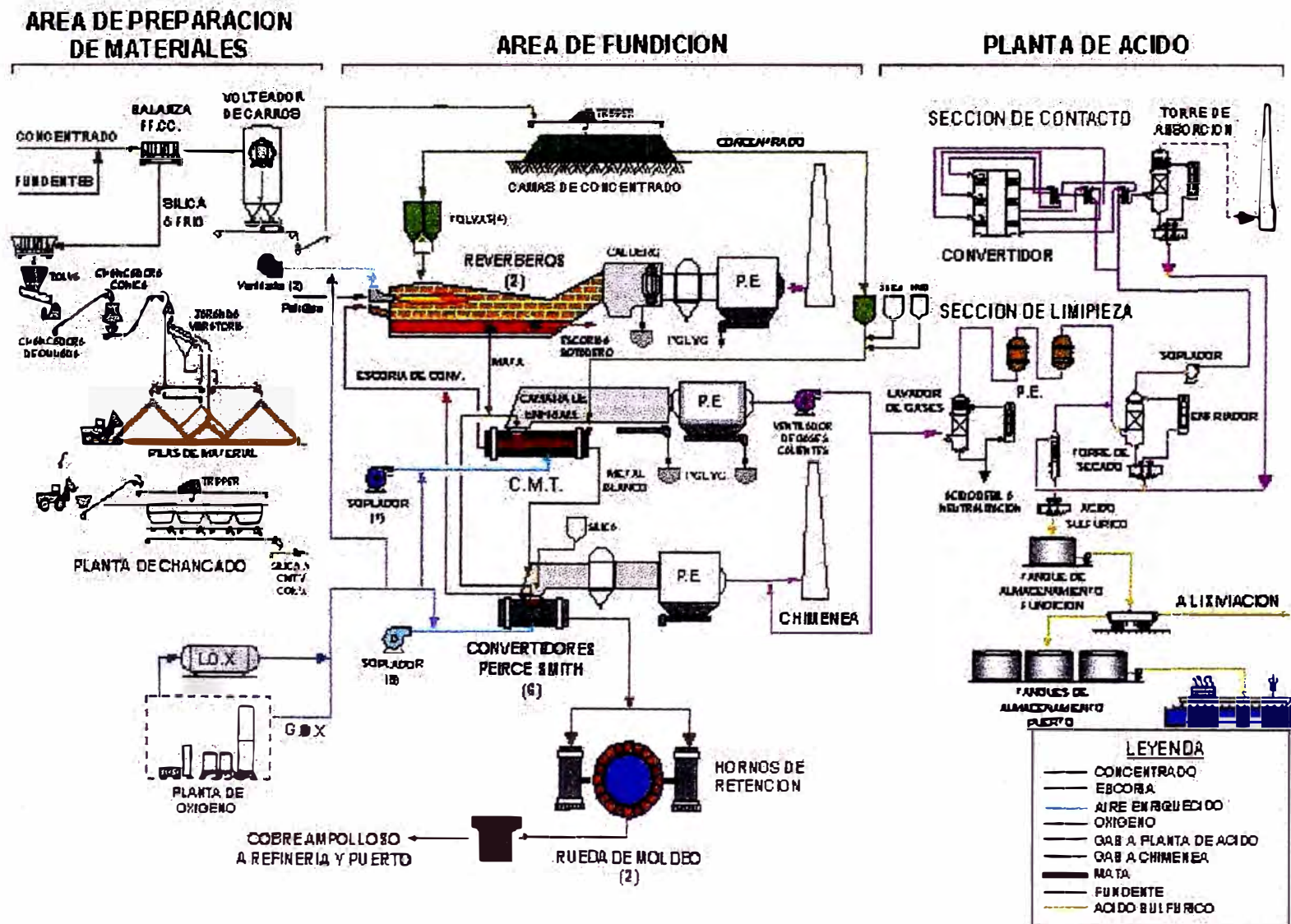


de mayor capacidad a los existentes y una rueda de Moldeo.

En el año 1995 se instaló una Planta de Acido Sulfúrico, una Planta de Oxígeno y un Convertidor Modificado el Teniente (CMT) el cual sustituyó al horno Reverbero #1.

Ver Fig.2.1.1 Diagrama de flujos de Fundición Ilo.

Fig. 2.1.1 Diagrama de flujos de Fundición Ilo



PREPARACIÓN DE MINERALES

El concentrado de Cobre producido en las concentradoras de Toquepala (Ley 25-28%) y Cuajone (Ley 28-29%), es enviado a la Fundición en Ilo por medio del ferrocarril industrial, haciendo un recorrido de 185 Km aproximadamente, hasta llegar a su destino.

Los carros(vagones) de concentrado al llegar a Ilo, primero son pesados en una balanza de Ferrocarril, luego al llegar a Fundición son muestreados para determinar su contenido de humedad y composición química respectiva.

Luego pasan al volteador de carros donde el material es descargado y transportado a las respectivas camas de concentrado por medio de fajas transportadoras. Las camas son una mezcla uniforme de concentrado, fundentes, materiales recirculantes y otros en las proporciones más adecuadas para obtener una óptima temperatura de fusión y una escoria con las propiedades adecuadas a fin de tener las menores pérdidas de cobre.

Los concentrados que se encuentran en las camas son removidos por medio de un cargador frontal a un sistema de fajas transportadoras que llevan el material hacia las tolvas de almacenamiento de los hornos de fusión tipo Reverbero.

PLANTA DE CAL

La materia prima para la producción de cal es traída de la mina en playa de

coquina a fundición, a través de vagones de Ferrocarril los cuales son descargados en una tolva, y de donde la conchuela es llevada a un depósito por medio de fajas transportadoras.

Debajo de este depósito se encuentran ubicadas cuatro tolvas que descargan directamente a una faja, la cual alimenta la conchuela al horno rotatorio obteniéndose cal que se descarga por la parte inferior del horno cerca del quemador de petróleo; el producto es enfriado en aire frío en contracorriente en el Cooler (enfriador rotatorio) llegando finalmente a las tolvas de almacenamiento para luego ser descargada a vagones de FFCC y transportadas a las concentradoras de Toquepala y Cuajone; una parte de esta Cal es utilizada como fundente en la preparación de las camas de concentrado. Los gases del horno de Cal compuestos en su mayor parte por dióxido de carbono pasan a través de ciclones recuperadores de polvo y finalmente evacuados a través de una chimenea.

HORNOS REVERBEROS

Se dispone de dos hornos Reverberos con una capacidad de fusión global de 2 500 TCPD de concentrado seco. Estos Hornos están fabricados de ladrillo refractario cromo-magnesita de techo suspendido y del tipo de carga húmeda y son alimentados a través de tolvas ubicadas en las paredes laterales hacia taludes de carga que quedan en el interior del Horno.

La fusión del concentrado y sus fundentes se realiza por la alta temperatura que

existe dentro del Horno (2 400 - 2 500°F) desarrollada por la combustión del petróleo residual Bunker # 6 con aire precalentado a través de 8 quemadores Coen atomizados con vapor y con un de 31 GPM, los mismos que se encuentran ubicados en la parte frontal del Horno.

Debido a la fusión de la carga y por la diferencia de densidad se forman dos fases:

- Una inferior (más pesada) que se denomina Mate (o Mata) y
- Otra superior (más liviana) que se llama Escoria.

El Mate es una disolución líquida, compuesto principalmente de sulfuro de cobre (Cu_2S) y sulfuro de hierro (FeS), el cual es extraído del horno al destapar el orificio de salida de las placas de mate situadas en la parte inferior de las paredes laterales del horno, el mate extraído se recibe en ollas de 225 pies cúbicos de capacidad, las que luego son transportadas a los hornos Convertidores, primero a través de un carro montado sobre rieles y posteriormente transportadas por las grúas-puente de la nave de Convertidores.

La Escoria, casi en su totalidad es un compuesto de silicato ferroso y es retirada del Reverbero a través del otro orificio que está situado en la parte media y lateral posterior del mismo. Esta escoria es recibida en ollas de 165, 300 y 400 pies cúbicos de capacidad las que luego son transportadas por una locomotora hacia los botaderos de escoria ubicados en tierra firme.

HORNOS CONVERTIDORES

Los Convertidores Peirce Smith son cilindros de acero de 2” de espesor aproximadamente, revestidos interiormente con ladrillo refractario cromo-magnesita; y en donde el mate producido en los hornos Reverbero así como el metal blanco producido en el CMT se convierten en “cobre ampolloso” mediante etapas sucesivas de soplado con aire. Este proceso de conversión es autógeno y no necesita de energía adicional.

Los convertidores han sido construidos transversalmente al eje de los hornos reverberos con el objeto de conseguir un tiempo de transporte corto de mate, escoria de convertidores y cobre blister. La Fundición dispone de 7 convertidores, 4 son de 13 pies de diámetro por 30 pies de largo, y 3 restantes son de 13’ de diámetro por 35’ de largo. Normalmente se operan 5 convertidores, 1 se le mantiene caliente y en espera, y el otro se encuentra en reparación general.

Cada convertidor dispone de un panel donde se controla el flujo y presión del aire de soplado, la alimentación de oxígeno, y la alimentación de sílice para la formación de escoria. El oxígeno disponible solamente para los 4 convertidores de 13’x35’ es suministrado desde la planta de oxígeno; el convertidor tiene por finalidad consumir “material frío” y, la sílice es suministrada de tolvas ubicadas en la parte lateral y superior de los convertidores, el aire de soplado es proporcionado por 7 sopladores centrífugos en forma individual a cada convertidor

y es introducido a través de varias toberas de fierro de 2" de diámetro.

Los convertidores son servidos por 3 grúas tipo puente montadas sobre rieles, las que también se encargan de llevar el cobre blister producido a las plantas de moldeo. Estas grúas disponen de gancho principal de 60 ton de capacidad y de dos ganchos auxiliares de 10 ton cada uno.

El mate producido en los hornos Reverberos es transportado mediante las grúas hacia los convertidores para ser transformado en "metal blanco" en varias etapas sucesivas de soplado de aire con ó sin oxígeno, más la adición de sílica para la formación de escoria. La escoria producida es retornada nuevamente a los hornos Reverberos y el "metal blanco" remanente en el convertidor es soplado para ser transformado en cobre blister.

De esta forma en la primera etapa de "soplado a escoria" el fierro y parte del azufre contenido en el mate son oxidados por efecto del oxígeno del aire soplado dentro del convertidor a óxido de fierro, inmediatamente la sílica "flux" agregada durante el soplado se combina con este óxido para formar la escoria, en esta primera etapa solamente el sulfuro de fierro es oxidado quedando sólo el sulfuro de cobre llamado "metal blanco". Cuando en el convertidor se tenga una cantidad apreciable de metal blanco se procede con la segunda etapa de "soplado a cobre", donde el sulfuro de cobre se oxida con el oxígeno del aire para formar el cobre ampolloso. En ambas etapas el azufre se elimina en la forma de anhídrido sulfuroso el cual junto con los gases producidos se extraen por la campana de los convertidores hacia un ducto

común llamado “ballon flue”, luego pasan por los Precipitadores electrostáticos para recuperar el polvo contenido en los gases y finalmente son evacuados a la atmósfera a través de dos chimeneas de concreto reforzado de 336’ de altura.

CONVERTIDOR MODIFICADO TENIENTE (CMT)

La capacidad nominal de diseño del CMT es de 820 ton cortas por día de concentrados, 15 TCPD de material recirculante, 168 TCPD de fundente de sílica, y 593 TCPD de mate de horno reverbero. Con las mejoras realizadas luego de tres campañas de operación, actualmente se funden 1 100 TCPD de concentrados.

El CMT recibe concentrado húmedo, fundente de sílica, recirculantes desde las tolvas de alimentación, y mate desde los hornos Reverberos alimentado por ollas. En el CMT los materiales de alimentación reaccionan con el oxígeno del aire enriquecido el cual es soplado en la carga, para producir:

- Metal blanco (Cu_2S) con un contenido aproximado de 75% de cobre
- Escoria, con un contenido aproximado de 4.5%.
- Gas de salida con alto contenido de dióxido de azufre

El objetivo del CMT es maximizar la alimentación y fusión de concentrado, manteniendo un balance autotérmico de calor (sin fuente externa de calor). El convertidor puede operarse usando únicamente aire desde un soplador destinado para ello, sin embargo el ratio de producción se aumenta agregando oxígeno al aire para aumentar el contenido de oxígeno desde 21 por ciento

hasta 28 a 30 por ciento.

El CMT se opera de un modo continuo, donde el concentrado, el fundente de sílica, y material recirculante se mezclan en proporciones predeterminadas por medio de balanzas instaladas en los alimentadores debajo de las tolvas de alimentación, y se cargan al convertidor por medio del Garr Gun. El proceso está diseñado para agregar mate del horno reverbero en intervalos de aproximadamente 90 minutos. La oxidación del hierro y el sulfuro por el oxígeno del aire enriquecido libera energía, la cual debe ser equilibrada ajustando el valor de alimentación de materiales en el convertidor.

Se agrega fundente de sílica para combinarla con el hierro oxidado y producir la escoria. Cuando todo el hierro se ha oxidado y convertido en escoria, el material restante se identifica como metal blanco que es el sulfuro de cobre (Cu_2S). La escoria y el metal blanco son retirados del horno, a través de orificios en las placas de colada ubicados en los extremos de éste.

SECCIÓN MOLDEO

El cobre producido en los convertidores es transportado mediante las grúas, a cualquiera de los 4 hornos de retención (dos para cada rueda de moldeo). Normalmente uno de los cuatro puede encontrarse en mantenimiento.

Los hornos de retención están instalados en los extremos de la nave de convertidores, y en medio de ellos se encuentra instalada una rueda de moldear

que tiene capacidad de 24 y 25 moldes matrices, ambas producen barras blister de 700 kilos de peso promedio, moldeándose diariamente alrededor de 850 ton. La rueda está diseñada para rotar en las dos direcciones. El procedimiento de moldeo está manejando desde un mismo panel de control, existiendo dos paneles de control por cada rueda de moldear o uno para cada horno.

Al rotar el horno hacia la rueda de moldear, éste deja caer cobre dentro de la cuchara y la que es levantada ligeramente y la mesa gira hasta colocar un nuevo molde vacío debajo de la misma, procediendo a llenarlo repitiéndose la operación descrita.

Lo moldes llenados con el cobre reciben un enfriamiento progresivamente mayor conforme gira la mesa de moldear hasta llegar frente a uno de los dos tanques de enfriamiento que están llenos de agua en constante circulación y en donde son sumergidas las barras con ayuda de una grúa de tenaza que recorre horizontalmente accionada por un pistón neumático, luego son retiradas de los tanques, con una grúa tipo puente de 10 tons. cortas de capacidad, y alineadas en una plataforma de cemento donde se les quita las “rebabas”, seguidamente se numeran y pintan con color correspondiente al lote producido, y posteriormente son depositados sobre una plataforma de ferrocarril y llevadas a pesar. Después de ser pesadas, son enviadas a la Refinería de Cobre de Ilo, con una ley de 99,2 % de Cu, para su posterior tratamiento o directamente al puerto para su respectivo embarque. El promedio de barras que se obtiene es aproximadamente de 1250 por día.

2.2. LA PLANTA DE OXIGENO Y DISPONIBILIDAD DE OXIGENO DE LA PLANTA EXISTENTE:

Introducción

La planta de oxígeno suministra una producción nominal de 300 toneladas cortas por día de oxígeno gaseoso grado comercial en la forma de producto a baja presión (30 psig) el cual es usado en las operaciones de fusión y conversión. Una pequeña cantidad de oxígeno a alta presión (150 psig) es usada en las operaciones de colada. La planta tiene una capacidad de producir de hasta 30 toneladas cortas/día de oxígeno líquido.

El proceso de fraccionamiento del aire usa solamente aire como material de alimentación. El aire seco contiene aproximadamente 78 por ciento de nitrógeno, 21 por ciento de oxígeno, 0,9 por ciento de argón y cantidades pequeñas de gases raros. El aire ambiente alimentado al proceso contiene además agua, polvo, dióxido de carbono, hidrocarburos y otros contaminantes.

El proceso de fraccionamiento del aire depende de la purificación, secado, compresión y enfriamiento del aire alimentado en el punto de licuado. Luego el aire líquido es destilado, separado y purificado en dos componentes relativamente puros: nitrógeno y oxígeno. La mayor parte del nitrógeno se usa en el mismo proceso en la unidad de fraccionamiento del aire siendo el oxígeno el producto obtenido en mayor cantidad. Se usa una pequeña cantidad de nitrógeno gaseoso para la operación de purga de gases y otros servicios.

El oxígeno requerido, en sus dos formas, puede ser suministrado aún si la planta de fraccionamiento no está en operación. Existe la capacidad de vaporización para convertir el oxígeno líquido (LOX) a oxígeno gaseoso (GOX) tal que cuando la unidad de fraccionamiento de aire no se encuentra en operación, la reserva de líquido y los vaporizadores mantendrán el aprovisionamiento de oxígeno gaseoso, sin interrupción, a la fundición.

Sujeto a las condiciones de proceso, la Planta producirá oxígeno gaseoso y líquido en las siguientes cantidades:

Caso	GOX stpd	LOX stpd
Diseño y garantía	300	0
Bajada de producción	231	0
Bajada de producción (LOX Máx.)	200	30
GOX máximo (sin producir LOX)	330	0

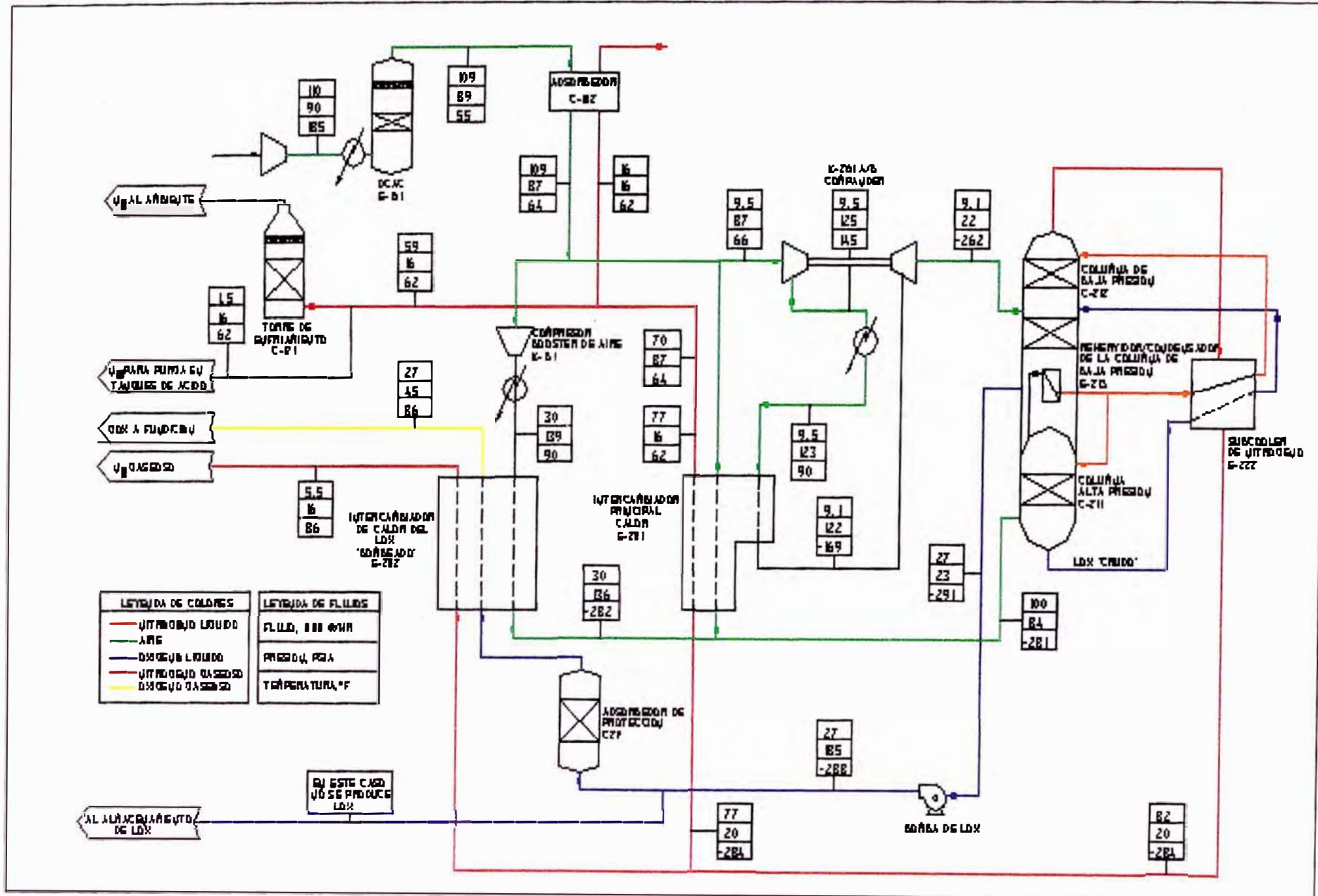
Las presiones de suministro y las purezas nominales son:

Producto	Presión de Suministro	Pureza
GOX Baja-Presión	30 psig	95% O ₂
LOX Baja-Presión	25 psig	95% O ₂
LOX Alta-Presión	150 psig	95% O ₂

Se usa un sistema de control distribuido (DCS) para monitorear y controlar la planta de oxígeno.

Se muestra a continuación la **Figura 2.2.1 Diagrama de Flujo Simplificado de Planta de Oxígeno, 300 STPD**, para una descripción resumida del proceso.

Figura 2.2.1 Diagrama de Flujo Simplificado de Planta de Oxígeno, 300 STPD



Resumen del proceso

El proceso de producción de oxígeno comienza con la captación de aire a través del filtro de ingreso de aire (V-102) el cual remueve el polvo y las partículas antes de que ingrese al compresor principal de aire de tres etapas (K111). El calor de compresión es transferido mediante contacto indirecto con agua de enfriamiento en los intercoolers (intercambiadores intermedios) de casco y tubo del compresor. El aire que sale de la tercera etapa del compresor pasa a través del aftercooler (intercambiadores de salida) (E-162) para ser enfriado e ingresar luego al E-161 Aftercooler de Contacto Directo (DCAC).

En el DCAC, se bombea agua subenfriada desde la torre de enfriamiento ó Chiller Tower (C-171) hacia la parte superior del DCAC y contacta directamente con el aire comprimido. Esta agua enfría y purifica el aire antes de que ingrese a los adsorbedores (C-182). El agua alimentada a la parte superior del DCAC es subenfriada en la torre de enfriamiento con gas nitrógeno seco, que proviene de los intercambiadores de calor principales (E-201).

En los adsorbedores, el agua, el dióxido de carbono y algunos hidrocarburos son removidos de la corriente de aire por adsorción sobre el tamiz molecular y material de alúmina que componen los lechos de adsorción. La remoción de éstas impurezas produce una corriente de aire seco y limpio. Las unidades de adsorción operan en ciclos alternantes, es decir que mientras el C-182A ó el C-182B se encuentra en proceso de adsorción, el otro es reactivado con nitrógeno gaseoso caliente.

Después de los adsorbedores (C-182), la corriente de aire es dividida en tres corrientes. Una corriente es enfriada hasta cerca de su punto de rocío en los intercambiadores de calor principales (E-201) antes de que alimente la columna de alta presión (C-211). La segunda corriente es comprimida en el compresor del Comander de aire (K-261A ó -B) y es enfriada con agua de enfriamiento en el aftercooler del Comander de aire (E-262) antes de ser enfriado por los intercambiadores principales para obtener un enfriamiento adicional. Esta corriente sale del punto medio de los intercambiadores principales a través del paso D y alimenta el expansor del compander (K-261A y -B) para proveer refrigeración. La tercera corriente es comprimida en el compresor booster de aire (K-131), enfriada en el aftercooler del mismo compresor (E-136) y luego derivada al intercambiador de calor de LOX (E-202) para un enfriamiento adicional. Este aire a alta presión se condensa en el intercambiador del LOX bombeado mediante el contacto indirecto con oxígeno líquido vaporizado saliendo luego del intercambiador de calor de LOX “bombeado” como aire líquido para la columna de alta presión (C-211).

La corriente de aire de la salida de los intercambiadores principales y la corriente de aire del intercambiador del LOX “bombeado” se juntan y se alimentan a la columna de alta presión. Este aire líquido pasa a través de las bandejas de la columna y ebulliciona en las bandejas. El efecto de la ebullición es que el elemento más volátil, nitrógeno, se desprende del líquido y el intercambio del calor latente hace que el oxígeno se condense pasando a través de las bandejas. Como resultado, el líquido de la parte inferior de la columna

está enriquecido con oxígeno mientras que los vapores del tope de la columna están concentrados en nitrógeno. Los vapores de nitrógeno pasan a través del rehervidor - condensador (reboiler/condenser) (E-213), donde se condensan a costa de la ebullición del oxígeno líquido en el sumidero de la columna de alta presión como reflujo. El saldo del nitrógeno condensado es enfriado en el subcooler del nitrógeno (E-222), fluyendo luego hacia la columna de baja presión como reflujo.

El oxígeno líquido “crudo” sale del sumidero de la columna de alta presión y fluye hacia la columna de baja presión como una alimentación intermedia. La purificación final del oxígeno toma lugar en la columna de baja presión.

El oxígeno producido en forma líquida es bombeado a presión por la bomba de LOX (G-231A ó -B) desde la parte inferior de la columna de baja presión. Una parte fluye a través del adsorbedor de protección (C-217) hacia el intercambiador de LOX (E-202) donde el LOX es vaporizado mediante contacto indirecto con aire a alta presión. El oxígeno gaseoso producido es calentado en el intercambiador (E-202) antes de salir de la caja fría é ingresar a la tubería del producto. El oxígeno líquido producido fluye directamente hacia los tanques de almacenamiento de LOX (T-631 y -634) desde la descarga de las bombas de LOX (G-231A y -B).

El nitrógeno sale por el tope de la columna de baja presión y es calentado con la corriente de reflujo de nitrógeno líquido en el subcooler del nitrógeno (E-

222) antes de pasar a través de los intercambiadores principales. Una pequeña parte del nitrógeno se emplea para licuar el aire a alta presión en el intercambiador de calor LOX (E-202). La corriente de nitrógeno de los intercambiadores principales se utiliza en la reactivación de los adsorbedores del extremo frontal y el absorbedor de protección, para subenfriar el agua en la torre de enfriamiento, para purgar la caja fría y para desplazar gases en los tanques de la planta de ácido. El gas de nitrógeno del intercambiador LOX es venteado.

La mayor parte del equipo de proceso asociado con la planta de oxígeno está contenido en *cajas frías* aisladas y selladas.

La caja fría principal es la caja de columna (11.10) la cual contiene el equipo que se menciona a continuación.

- Columnas C-211/C-212/E-213.
- Absorbedor de Protección C-217.
- Intercambiadores Principales E-201 A/B.
- Intercambiador de LOX “Bombeado” E-202.
- Subcooler de Gas de nitrógeno E-222.

La caja de la bomba (11.60) contiene:

- Bombas para el Proceso de LOX G-231 A/B

La caja de enlace (11.00) contiene:

- Companders K-261 A/B

Las cajas 11,10 y 11,60, fabricadas en taller, disponen de todo el equipo y tubería instalados. La caja de enlace (11,00), estructura fabricada en el campo, protege los companders y la tubería relacionada de tal modo que puedan estar aislados. Las cajas frías son purgadas con nitrógeno para evitar el ingreso de aire.

El sistema de almacenamiento y vaporización de LOX a baja presión está diseñado para proveer una disponibilidad instantánea de oxígeno a 25 psig. Antes de que fluya hacia el tanque de almacenamiento de LOX de baja presión (T-634), se disminuye la presión del oxígeno líquido de la descarga de la bomba de LOX (G-231A ó -B).

Un tanque pequeño de oxígeno líquido a alta presión (T-631) abastece los requerimientos de oxígeno a alta presión (150 psig). Para abastecer el tanque de alta presión, el oxígeno líquido es bombeado desde la columna de baja presión hacia el tanque de almacenamiento de alta presión mediante la bomba de LOX (G-231A o -B). Esta operación de carga es controlada automáticamente. Las bombas de LOX pueden cargar el tanque de almacenamiento de alta presión ó el de baja presión.

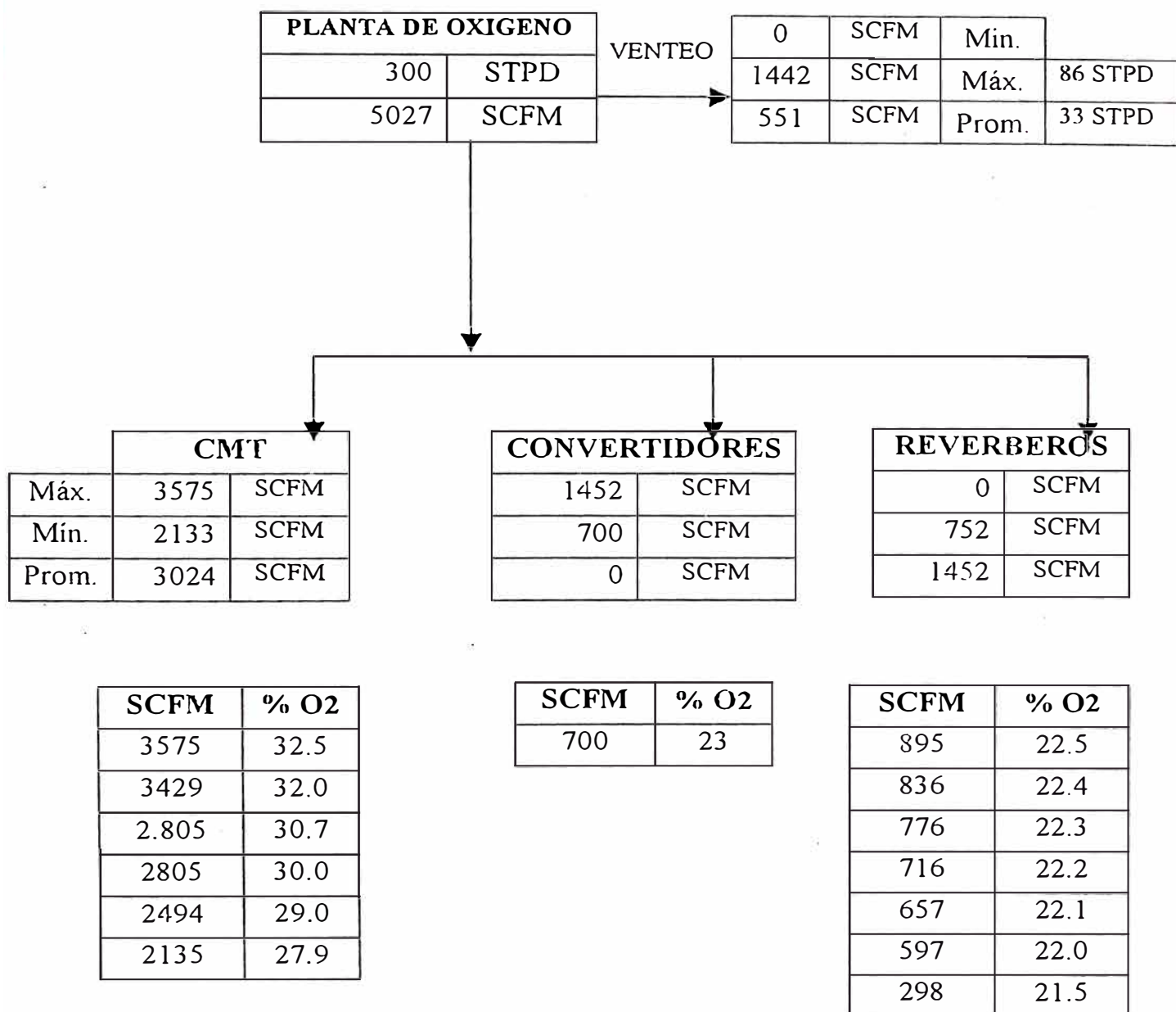
El oxígeno es alimentado automáticamente desde el tanque de almacenamiento de LOX hacia el vaporizador del producto (E-641) cuando la presión de la línea así lo requiera. Este LOX es vaporizado y calentado mediante contacto indirecto con agua de enfriamiento antes de ser introducido hacia las líneas del

producto de oxígeno.

El tanque de almacenamiento lleno a baja presión puede suministrar un flujo a baja presión, sin el uso de bombas, por aproximadamente 16 horas.

A continuación en **fig. 2.2.2**, se muestra el esquema del primer estimado de distribución de oxígeno en Planta de Fundición para disponibilidad en Hornos Reverberos.

Figura 2.2.2.- Estimado del Consumo de oxígeno en Planta Fundición para la disponibilidad en Hornos Reverberos



CAPITULO III

CARACTERISTICAS OPERATIVAS ACTUALES DE LOS HORNOS

3.1 CRITERIOS DEL PROCESO Y DIAGRAMAS DE FLUJOS:

Descripción del proceso del horno Reverbero

La operación principal en los hornos Reverberos es un proceso de fusión continuo mediante el cual se produce mata y escoria a partir del concentrado. Los sólidos se alimentan de manera intermitente por las tolvas de carga a lo largo de las paredes laterales formando "taludes" que sirven como depósitos para una fusión continua.

La mata y escoria se extraen intermitentemente desde lugares separados a medida que se produce la fusión del concentrado y fundente; manteniendo un adecuado nivel del baño.

Las dos principales funciones del proceso son:

- a) La fusión, en la cual la carga sólida se funde para formar mata y escoria.
- b) El asentamiento, durante el cual la mata y la escoria forman dos fases

Foto 3.1 Vista Nave principal Fundición



Foto 3.2 Vista quemadores principales en pared frontal de Horno Reverbero



definidas e inmiscibles por diferencia de densidades, la inferior más pesada (mata) y la superior más liviana (escoria).

La Mata

La mata es el producto valioso de los hornos Reverberos. Las matas son disoluciones líquidas de sulfuros metálicos. Los constituyentes principales más comunes son el sulfuro de cobre (Cu_2S) y sulfuro de hierro (FeS). Las matas también disuelven otros elementos además de los metales y azufre, como el oxígeno referido algunas veces como magnetita disuelta. El oro, la plata, el selenio y telurio tienden también a disolverse en las matas.

Cuando se procesa concentrados de Toquepala y Cuajone, el grado de mata normalmente fluctúa entre 35 y 37% de cobre. La temperatura promedio de la mata es de 2150 °F, y tiene una densidad promedio de 4.5 gr./ cm³.

El análisis químico promedio anual de la mata es el siguiente: 37,38 %Cu, 25,92 %S, 30,22 %Fe, 6,92 %Fe₃O₄.

Todo el calor generado dentro del horno, se obtiene principalmente por combustión de petróleo residual 500, y en menor proporción por el efecto de las reacciones exotérmicas.

La fusión requiere la mayor parte de la entrada de calor, es por esta razón que la ubicación de las tolvas de alimentación de concentrado (11 tolvas) se

encuentran a lo largo de las paredes laterales del horno (a partir del extremo de los quemadores frontales). El área de asentamiento ocupa la parte posterior, después de las tolvas.

La evacuación de la escoria se lleva a cabo tan lejos como sea posible de la zona de fusión con el fin de que aumente el tiempo disponible para el asentamiento de la mata recién fundida y se produzcan menores pérdidas de cobre por atrapamiento o por arrastre.

Ver Figura 3.1.1 Diagrama de horno reverbero

Ver Figura 3.1.2 Diagrama precalentador de aire

Figura 3.1.1 Diagrama horno Reverbero

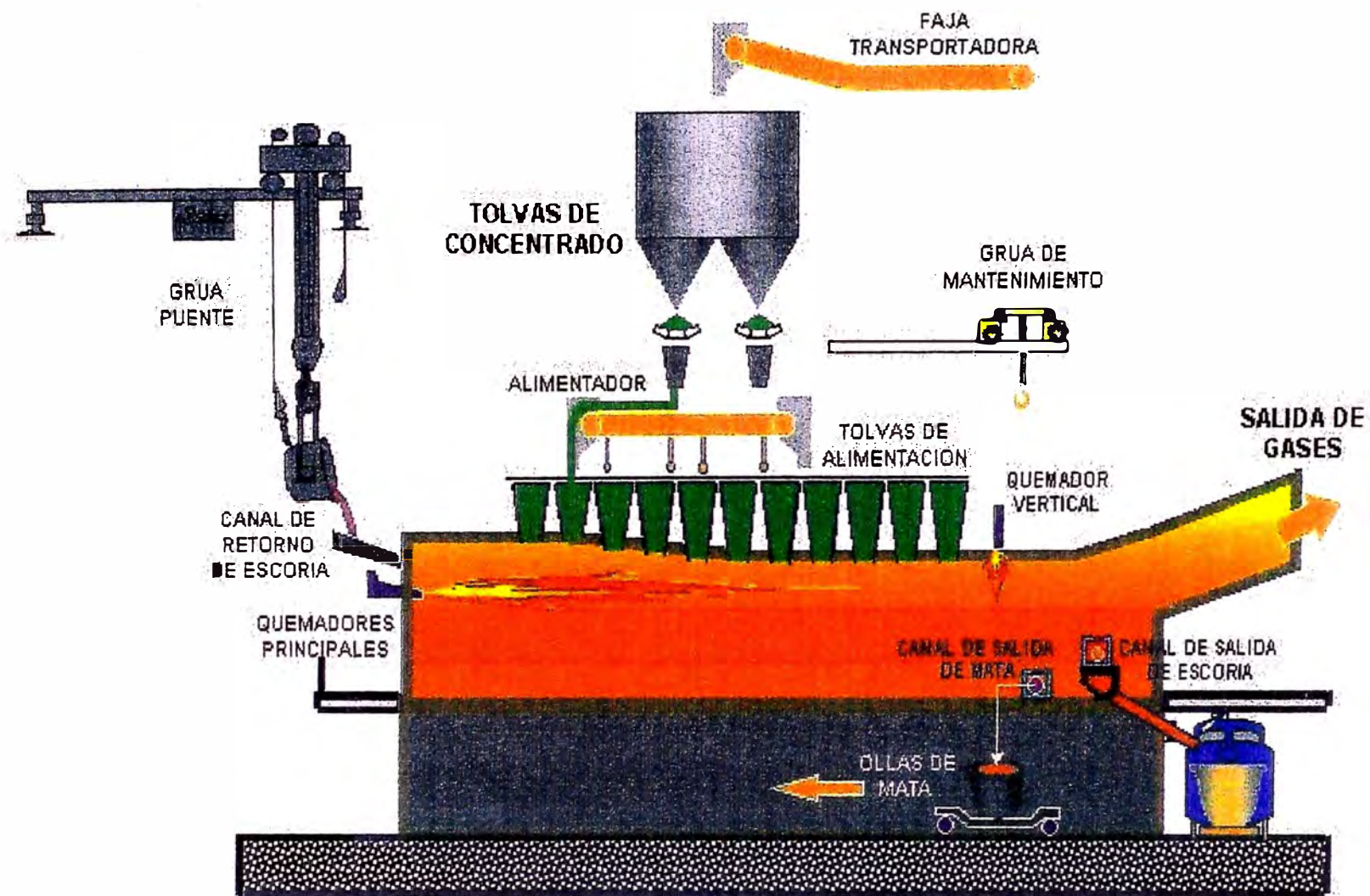
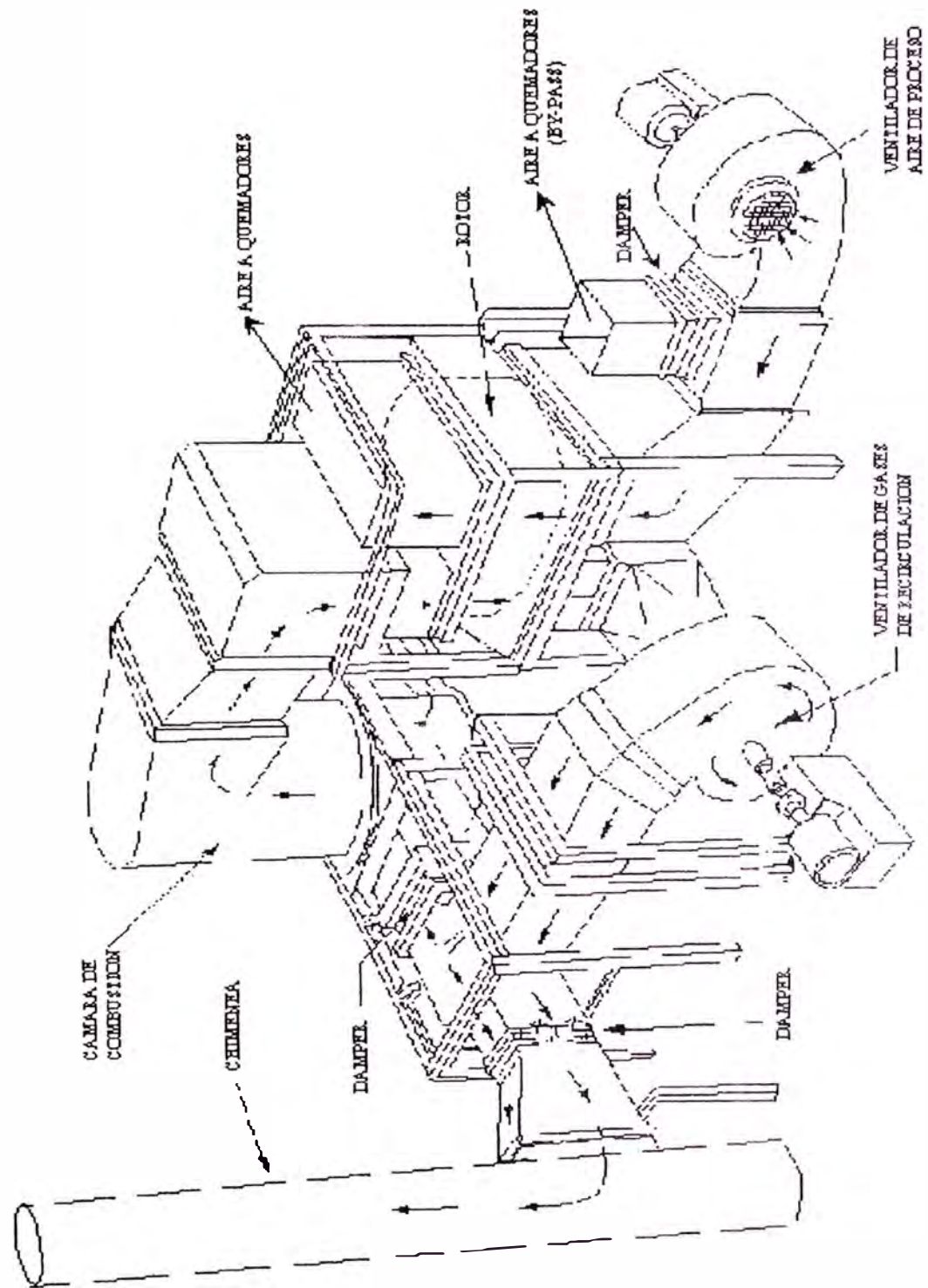


Figura 3.1.2 Precalentador de Aire



El precalentador de aire de proceso

Los precalentadores son unidades de transferencia de calor regenerativos, con elementos almacenadores de calor que alternativamente absorben calor de los gases de entrada caliente y entonces ceden calor a los gases fríos. Estos equipos están clasificados como regeneradores de elemento movable, con flujo de gas continuo de cada una de las dos corrientes de gas que fluyen continua y firmemente a través del propio compartimiento del regenerador, mientras que los elementos almacenadores de calor se mueven desde una cámara a la otra.

Descripción de proceso

La operación de un precalentador consiste en aprovechar el calor sensible de los gases calientes de la cámara de combustión como producto de la combustión del petróleo residual para calentar aire frío. Los gases de la combustión entre 950-1'000°F pasan a través de una sección del rotor. El aire de proceso a 70°F pasa a través de la sección caliente del rotor y sale a 800°F. Los gases fríos a 300-400°F, recirculan una parte a la cámara de combustión para mejorar la eficiencia de combustión y la diferencia sale a través de la chimenea.

Descripción del equipo

El precalentador está compuesto por:

- Cámara de combustión.
- Quemador de petróleo.
- Equipos de control del quemador de petróleo.

- Rotor.
- Ventilador de aire de combustión.
- Ventilador de gases de recirculación
- Ventilador de aire de proceso.
- Ducto de aire precalentado

Ventilador de gas de recirculación

El ventilador de gases de recirculación succiona los gases de combustión desde el ducto ubicado en la parte superior de la cámara de combustión, pasando a través de una sección del rotor, para luego impulsar parte de estos gases a la chimenea y otra parte recircular a la cámara de combustión. Para regular los flujos a través de los ductos se tiene una compuerta (damper) a la entrada al ventilador y dos dampers junto a la cámara de combustión y la chimenea respectivamente que permiten aumentar o disminuir el flujo de los gases. De acuerdo al diseño, el flujo de descarga es de 402,840 lb. / hr. de gas a una temperatura de 375°F y una presión de 14,14 “ H₂O. El motor del ventilador es de 450 H.P. y 1 170 RPM. Las chumaceras del motor están refrigeradas con agua tratada con cromatos, de circuito cerrado.

Ventilador del aire de proceso

El ventilador de aire de proceso toma el aire de una cámara acondicionada con paneles de material filtrante en sus paredes laterales. El aire frío a 70°F es impulsado hacia el rotor y al entrar en contacto con las placas calientes eleva su temperatura hasta 800° F. Luego el aire caliente es transportado por un ducto

hasta las cajas de los quemadores frontales.

El ducto de entrada al rotor tiene un pase en paralelo (by-pass) conectado al ducto principal de aire caliente para alimentar aire frío directamente en casos de emergencia

De acuerdo al diseño el flujo de descarga es de 624 400 lb/hr de aire a una temperatura de 70°F y presión de 13.85 “ H₂O. El motor del ventilador es de 575 H.P. y 1170 RPM.

Ducto de aire precalentado

El aire precalentado con una temperatura de 800°F y a la presión de 5.0 - 5.5 pulgadas de agua, sale del rotor hacia un ducto de sección cuadrada cubierto exteriormente con material aislante hacia las cajas de los quemadores frontales en los Hornos. La alimentación de aire es a cada quemador a través de un ducto que sale del ducto común y que adicionalmente lleva una compuerta para regulación del flujo.

Los ductos de los precalentadores 3 y 4 se unen formando un anillo el cual lleva una compuerta accionada neumáticamente para independizarlos que se ubica entre los hornos 3 y 4; adicionalmente existen dos compuertas mecánicas ubicadas en los ductos, justo a la salida de los precalentadores con el objeto de aislar un precalentador y alimentar aire precalentado a los dos hornos.

Quemadores de petróleo

En los hornos Reverberos, tenemos 8 quemadores frontales en cada uno; marca Coen, trabajan con petróleo residual, a 260°F de temperatura, 80 ssu, 75 - 80 psig de presión y a un flujo de 31 gpm en cada horno.

El petróleo es atomizado con vapor de 180 psig de presión (un regulador baja esta presión a 100 - 110 psig), que viene de Planta de Fuerza; La combustión es completada con aire precalentado a 800°F de temperatura y a + 5" H₂O de presión; la eficiencia de la combustión se determina mediante un análisis Orsat.

Un quemador consta de:

- Boquilla.
- Distribuidor.
- Mezclador.
- Tubo de vapor.
- Tubo de petróleo.
- Cabezal.

El quemador va dentro de una funda de fierro de 75" de largo por 3" de diámetro; la funda con el quemador esta dentro de una caja metálica, que está colocada a 19" de altura de la viga horizontal que se encuentra en la parte frontal del horno. La funda debe salir de la caja 8".

La caja del quemador está conectada al ducto de aire con una funda de asbesto; tiene en la parte superior una persiana que permite controlar la entrada de aire;

tiene también dos ventanas o mirillas redondas de 3 1/2" de diámetro, con tapas oscilantes en la parte frontal, por donde se observa el funcionamiento del quemador y por donde se realiza la limpieza de la caja del quemador. La caja tiene también una ventana rectangular en la parte inferior que facilita su limpieza.

La buena combustión del petróleo, manteniendo las cajas de los quemadores limpios, el aire de proceso en 800°F, evitando las infiltraciones de aire frío, asegura un alto rendimiento de fusión de la carga, el calentamiento adecuado de las escorias, y una buena separación mata-escoria.

Se muestran a continuación las siguientes Figuras,

Figura 3.1.3 Diagrama de operación del Quemador.

Figura 3.1.4 Vista en sección ducto y quemador de horno.

Figura 3.1.5 Diagrama de Flujo actual de Combustión en horno

Figura 3.1.3 Diagrama de operación del Quemador

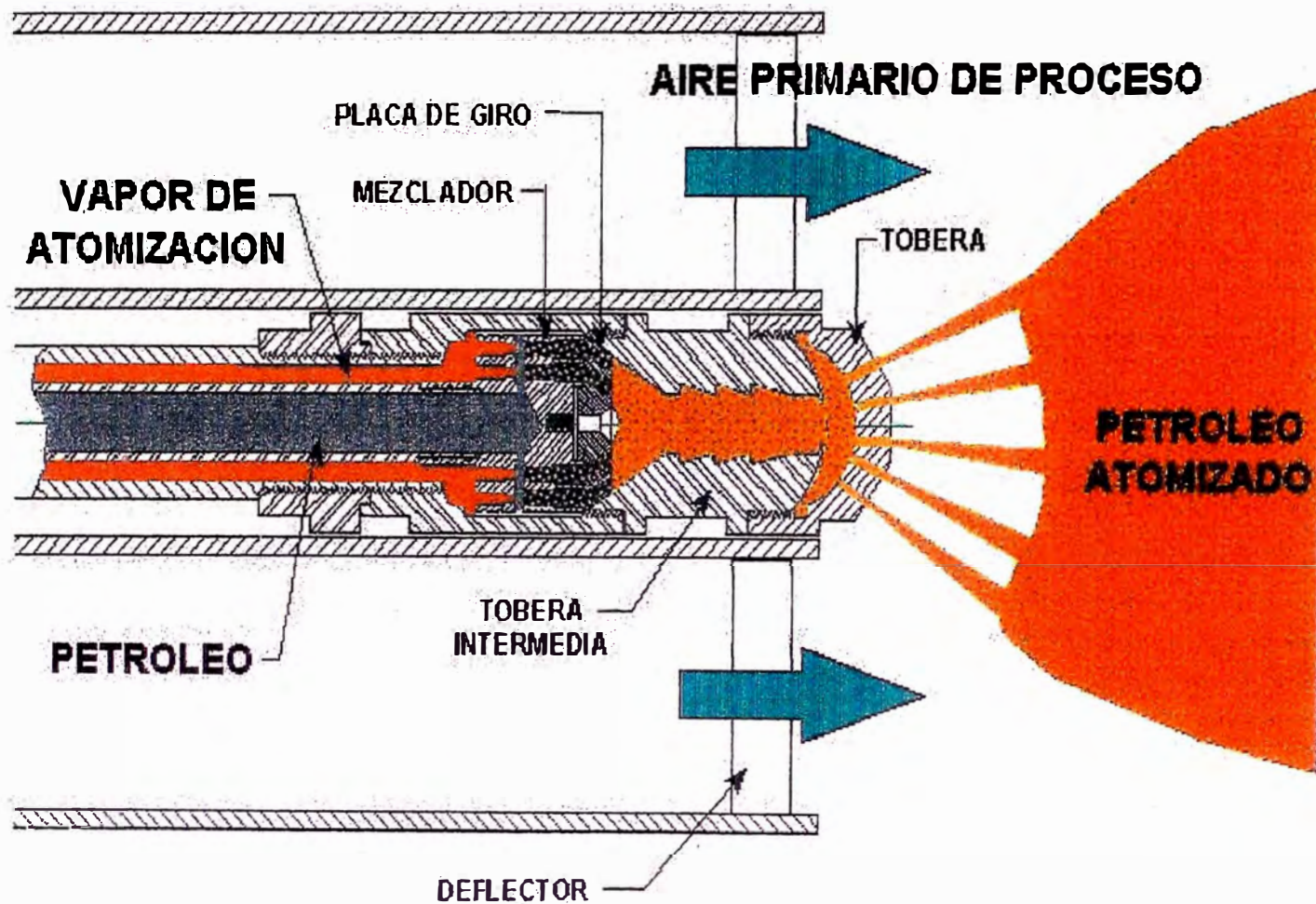


Figura 3.1.4 Vista en sección ducto y quemador de horno

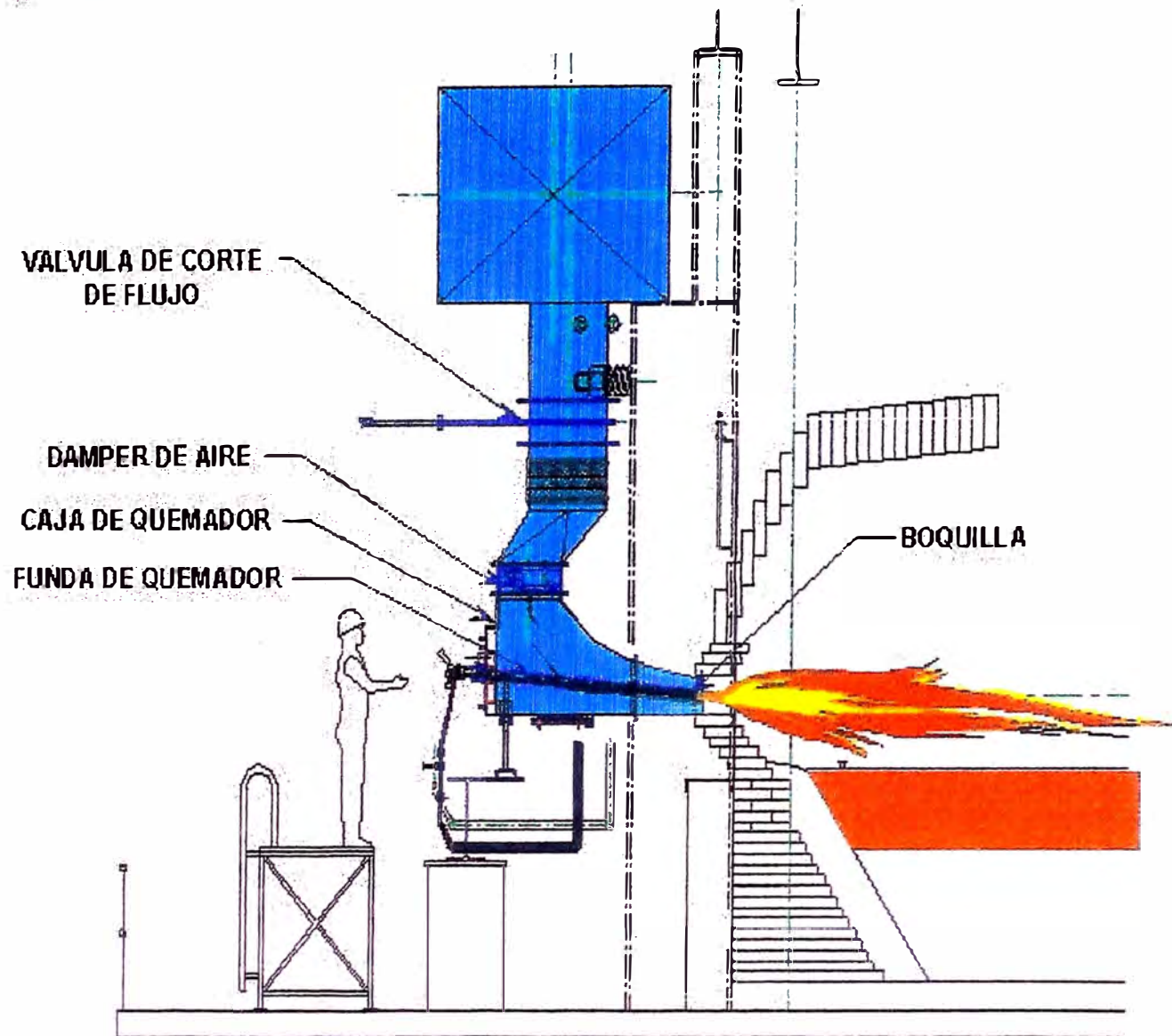
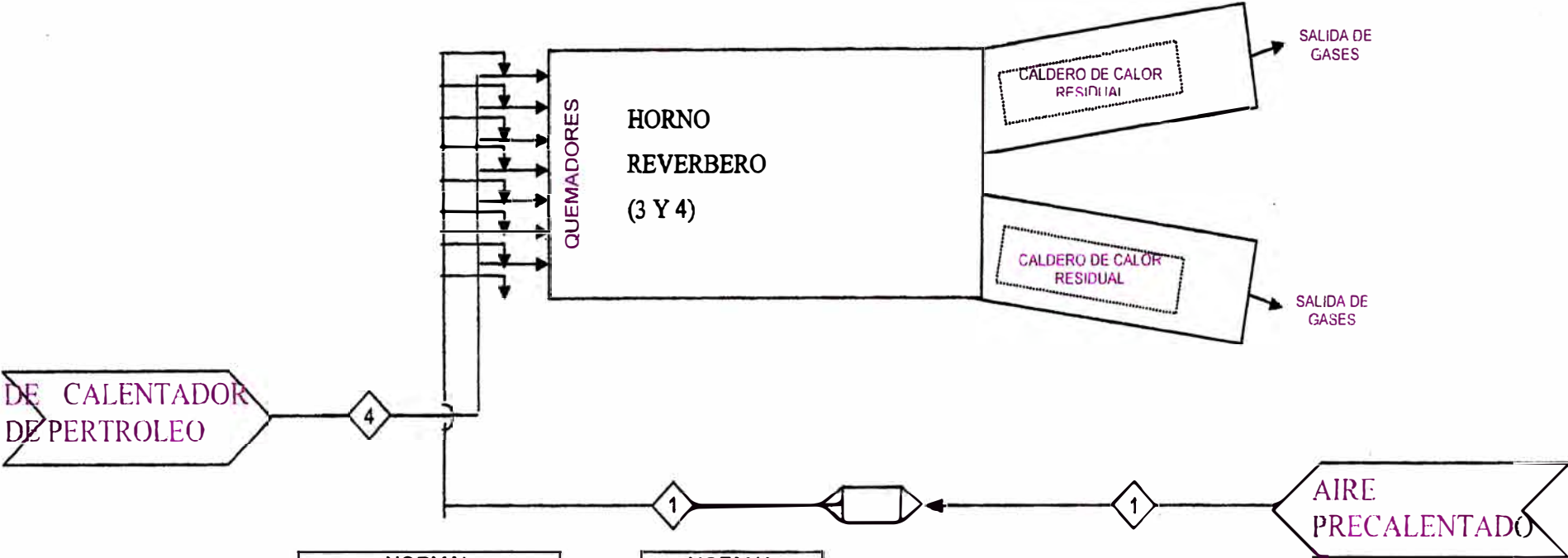


Figura 3.1.5 Diagrama de flujos, combustión sin nueva mezcla en hornos reverberos



	NORMAL
DESCRIPCION	AIRE PRECALENTADO SIN SUMINISTRO DE O2
4	
FLUJO (SCFM)	48093
FLUJO(GPM)	
PRESION (in H ₂ O)	5
PRESION (PSIG)	
TEMPERATURA (°F)	800
% O ₂	21

	NORMAL
DESCRIPCION	PETROLEO
FLUJO (SCFM)	
FLUJO(GPM)	31
PRESION (in H ₂ O)	
PRESION (PSIG)	80
TEMPERATURA (°F)	230
% O ₂	

3.2 CONDICIONES OPERATIVAS Y CAPACIDAD INSTALADA

A continuación se dan los equipos y maquinaria con los que cuentan los hornos reverberos y sus respectivos parámetros de operación:

PARAMETROS DE OPERACION Y CARACTERISTICAS DE EQUIPO Y MAQUINARIA	
ITEM	HORNOS REVERBEROS N° 3 y 4
Tipo de Concentrado	Toquepala, Cuajone
% Humedad	7 - 9
% de Fundente con respecto a la carga	7.0
- % fundente ácido (SiO ₂)	
- % fundente básico (CaCO ₃)	6.0 CaO1%
Dimensiones: ft.	
Largo: Exterior	124.0
Largo: Interior	119.2
Ancho: Exterior	43
Ancho: Interior	32.3
Capacidad de Diseño: DSTPD	1,125 c/u
Tipo de Horno:	Reverbero de techo plano panelizado
Fabricante:	U.T.H.A.
Tipo de ladrillo:	Básico (Magnesita-Cromo)
Sistema de alimentación:	Carga lateral
Número de tolvas:	2 c/u
Capacidad de tolva: TC	500 c/u
Mantenimiento externo	Chaquetas con H ₂ O tratada con dicromato de sodio + KOH
Mantenimiento interno	
Tipo de Quemadores principales	Coen
Nro. De Unidades	8 c/u
Tipo de Quemadores auxiliar	Tube-Tobera
Nro. De Unidades	1 c/u

ITEM	CALENTADOR DE PETROLEO N° 2
Nro. De unidades	2
Marca	Coen
Medio Calefactor	Vapor 100 PSIG
Motobombas	2
Marca	Delaval
Capacidad de Bomba: GPM	100
HP de Motor	40 c/u (Max. Amp. = 47)

ITEM	CALENTADOR DE PETROLEO CON VISCOSIMETRO N° 2
Nro. De unidades	1
Marca	Coen
Medio Calefactor	Vapor 100 PSIG
Capacidad: GPM	100
Presión de Operación: PSIG	150

ITEM	PRECALENTADORES DE AIRE DE PROCESO
Nro. De unidades	2
Tipo	A fuego directo con rotor, para intercambio de calor
Marca	Clarke - Chapman
Capacidad: lbs/hr	624,399 a 70 °F
Consumo de petróleo: GPM	5 c/u
Tipo de quemador	Coen
Temperatura de aire de proceso: °F	800
Temp. De gases de combustión: °F	950
- HP Motor de Soplador (blower) de aire de proceso	575 (Max. Amp. = 83)
- HP Motor de Soplador (blower) de recirculación	450 (Max Amp = 60)
- HP Motor de blower de aire de Combustión	20 c/u (Max Amp = 27.5)
- HP Motor de rotor	5.5 (Max Amp = 7.6)
Velocidad de rotor: RPM	2.7
Motor neumático: RPM	2.83

ITEM	CALDEROS DE RECUPERACION DE CALOR
Nro. de unidades	4
Capacidad de diseño lbs/hr	95,000
Capacidad actual lbs/hr	70,000
Presión de vapor: PSIG	860
Temperatura de vapor: °F	900
Tipo	Acuotubular
Marca	International Combustión Div. England
Area de calentamiento: ft ²	30,030 c/u
Nro. de válvulas de seguridad	3 c/u
Presión de desfogue: PSIG	940, 1050, 1060
Sistema de limpieza	Soot-blower y manual
Compuertas para aislamiento de gases	4 (uno por caldero)
Winches para mover la compuerta	4, eléctricos
HP de motor	5 c/u (Max Amp = 6.8)
Capacidad: TC	5

ITEM	PRECIPITADORES ELECTROSTATICOS D. HORNOS REVERB.
Nro. de unidades	1
Marca	Head Wrightson
Capacidad: pies cúbicos	29,000
Voltage	40,000
Amperaje	20
Temp. de gases de entrada: °F	680
Temp. de gases de salida: °F	620
Polvo recuperado: TC/día	11
Soplador para presurizar el mezanine - HP Motor	2 3.6 (Max Amp. = 6.1)

ITEM	CHIMENEA DE HORNOS REVERBEROS
Nro. de unidades	1
Altura: pies	365.75
Diámetro interno de base: pies	29.83
Diámetro interno superior: pies	17
Material de construcción	Concreto reforzado + ladrillo refractario ácido
Constructora	Tiemblan Coa. LID.

ITEM	GRUAS DE HORNOS REVERBERO	
	Nº 1	Nº 2, 3 y 4
Nro. de unidades	1	3
Capacidad: TC	10	5
Marca	P & H	Vaughan
H. P. Gancho principal	20 (Max Amp. = 28)	12.5 (Max Amp. = 21)
H. P. Puente	10 (Max Amp = 14.7)	3 (Max Amp = 7)
H. P. Trolley	4 (Max Amp = 6)	1.5 (Max Amp = 1.8)

ITEM	QUEMADORES DE CENICEROS
Nro. de unidades	4 (uno por caldero)
Tipo	Coen
Consumo. Prom. de petróleo: GPM	3.5 - 4 18,000 - 20,000
Promedio producción de vapor: lbs/hr	
Soplador para aire a quemador de Cenicero	2 (uno para dos ceniceros)
HP Motor de Sopladores Capacidad: pies cúbicos/min. A 150°F	40 c/u 38,000 c/u

ITEM	COMBUSTION
Petróleo	
- Tipo de petróleo	Residual
- Tipo de quemador	Coen
- Nro. De quemadores	8 c/u
- Temp. de petróleo: °F	270
- Presión de petróleo: PSIG	75
- Flujo de petróleo: GPM	31
Vapor de atomización 180 PSIG	
- Presión a quemadores PSIG	100
- Flujo másico: lbs/hr	3,000
Aire de combustión:	
Flujo: pies cúbicos estándar / min.	48,600 (con 21% de oxígeno)
Temperatura: °F	650
Presión: "H2O	5
% O2 en exceso	0.2 - 0.4
ITEM	EXTRACTORES DE HUMO DE MATA Y ESCORIA
Nro. de unidades	4
Marca	American Air Filter
Capacidad: pies cúbicos/min. a 150°F	38,000 c/u
HP Motor	75 (Max Amp = 87)
ITEM	MOLINOS DE BARRO
Nro. de unidades	1
Tipo	Chileno
Marca	The Bonnot Co.
Material tratado	Arcilla
TC/día	1.5
HP Motor	25 (Max Amp = 33.7)

ITEM	SISTEMA DE AGUA DE CHAQUETAS
Tanque principal	1
Capacidad: Glns	40,000
Tanque de retorno	1
Capacidad: Glns	15,000
Motobomba	2
Marca	Goulds
Capacidad: GPM	1180 c/u
HP del Motor	75 c/u (Max Amp = 87)

ITEM	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE AGUA DE CHAQUETAS	
Nro. de intercambiadores de calor	5	2
Marca	(2) Ross; (3) Yuba	Perfex
Medio refrigerante	Agua de mar	Agua de mar

LOCOMOTORAS PARA ESCORIA DE REVERBEROS		
	Unidades Nros. 20 y 22	Unidad Nro. 25
- Marca	G M	G M
- Modelo	GP 9	GP 18
- HP	1800	1800

CARROS Y CRISOLES PARA ESCORIA DE REVERBERO		
Nro. de Carros	Nro. de Crisoles	Capacidad: pies cúbicos
14	18	160
3	3	300
3	3	400
Marca:	Treadwell	

BULLDOZERS PARA MOVIMIENTO DE ESCORIA DE REVERBEROS (en BOTADERO)		
Nro. de unidades	Marca	Modelo
2	CAT	D-8 H Diesel

CARROS PARA SACAR MATA	
Nro. de unidades	HP Motor
6	15
OLLAS	
Nro. de Unidades	Capacidad: pies cúbicos
12 – ollas chicas	185
16 - mata & escoria	225
BLOWERS PARA QUEMADORES VERTICALES	
Nro. de unidades	1
Marca	Spencer
Capacidad: pies cúbicos/min.	10,800
Presión: lbs/pulgada cuadrada	32
HP Motor	150 (Max Amp = 170)

Variables de control en los hornos reverberos.

Las variables de control que se deben monitorear continuamente en el horno son:

- Tiro del horno.
- Temperatura del horno y temperatura de la escoria.
- Análisis de oxígeno en los gases del horno. (combustión).

A continuación, se muestran en **cuadros 3.2.1 y 3.2.2** los balances de masa y energía respectivas a las condiciones iniciales.

Cuadro N° 3.2.1

Balance de masa sin suministro de oxígeno

	TCPD	%
<u>ENTRAN :</u>		
CONCENTRADO	1220	20.26
ESCORIA RET.CONVERTIDOR	837	13.90
ESCORIA CMT	564	9.36
FUNDENTE	64	1.06
AIRE PROCESO	3058	50.77
OXIGENO	0	0
VAPOR	11	0.18
AGUA	101	1.68
PETROLEO	168	2.80
TOTAL	6023	100.00
<u>SALEN :</u>		
MATA	992	16.47
ESCORIA+		
MAGNETITA+POL		
VO	1529	25.39
GASES		
SO2	153	2.54
O2	7	0.11
N2	2,512	41.71
CO2	457	7.59
H2O	373	6.19
TOTAL	6023	100.00

Cuadro N° 3.2.2

Balance de energía sin suministro de oxígeno

	MMBTU	%
ENTRA :		
COMBUSTION PETROLEO	5751	60.81
CALOR SENSIBLE PETROLEO Y VAPOR	44	0.47
CALOR SENSIBLE AIRE PRECALENTADO	786	8.31
CALOR DE REACCIONES EXOTERMICAS	1617	17.10
CALOR SENSIBLE DE ESCORIA RET.CONV.	753	7.96
CALOR SENSIBLE ESCORIA CMT	506	5.35
TOTAL	9457	100.00
SALE :		
REACCIONES ENDOTERMICAS	975	10.32
CALOR SENSIBLE MATA	637	6.74
CALOR SENSIBLE ESCORIA	1405	14.85
CALOR SENSIBLE GASES	4803	50.78
CALOR LATENTE DE VAPORIZACION AGUA	514	5.43
PERDIDAS NO DETERMINADAS	1124	11.88
TOTAL	9457	100.00

CAPITULO IV

INGENIERIA DEL PROYECTO

4.1 ANALISIS TERMODINAMICO DEL PROCESO DE COMBUSTION EN EL HORNO DE FUSION TIPO REVERBERO EMPLEANDO LA NUEVA MEZCLA

Daremos algunas generalidades y ventajas del enriquecimiento con oxígeno en la combustión de petróleo, en Hornos tipo Reverbero, antes del análisis.

El enriquecimiento del aire de combustión con oxígeno principalmente en los hornos reverberos ha sido y es en la actualidad una práctica aplicada en muchas fundiciones de cobre en el mundo. Experiencias en muchos procesos de combustión industrial mostraron que el uso de oxígeno en reemplazo de aire muestra mayor eficiencia en el proceso.

El oxígeno es usado parcial o completamente para reemplazar el aire en los Hornos Reverberos, Convertidores Peirce Smith, Hornos Flash y los procesos de fusión continua. Algunas de esas aplicaciones fueron experimentales y otras se aplican industrialmente en la actualidad.

La mayor ventaja al usar oxígeno es su bajo costo, que incide directamente en la disminución del consumo de petróleo e incrementa el SO₂ en los gases.

Hay dos técnicas para usar oxígeno en un Horno Reverbero:

- Enriquecimiento del aire con oxígeno en los quemadores frontales.
- Quemadores verticales oxígeno-petróleo (preparado para uso futuro alternativo en este proyecto).

El reemplazo de nitrógeno, elemento inerte, por el oxígeno que es un elemento que genera calor al combustionar con el petróleo, produce efectos bastante beneficiosos en los procesos de Fundición.

Una forma de incrementar la fusión en una primera etapa sin realizar grandes inversiones, es enriquecer el aire de combustión a través de quemadores frontales (Ver en APENDICE D, artículo del East European Metal Review 1969).

Hay dos técnicas de enriquecimiento del aire de aplicación industrial para este tipo de hornos:

1. **Pre-mezcla** de aire con oxígeno usando quemadores convencionales.
2. Enriquecimiento de oxígeno mediante el **Undershot** adaptando una línea de oxígeno debajo del quemador convencional.

La pre-mezcla aire-oxígeno aumenta la temperatura de la llama de manera

uniforme, que fue la técnica optada en este proyecto. El Undershot selectivamente enriquece la parte baja de la llama convencional.

Enriqueciendo una llama aire-petróleo con oxígeno técnicamente puro a niveles mayores a 21% por volumen, aparte de mejorar la combustión, se obtiene los siguientes efectos sobre la llama:

1. La presión parcial de oxígeno se incrementa, obteniéndose una mayor eficiencia de las reacciones de oxidación, y mayor temperatura de la llama. El nitrógeno suministrado con el aire disminuye, por tanto menos energía es necesario para el calentamiento del nitrógeno. Esta energía excedente es distribuida entre los otros constituyentes de los gases de combustión, que significa mayor temperatura de la llama.
2. Aunque la llama se acorta, las altas temperaturas incrementan la eficiencia de transferencia de calor. El tiempo de residencia de los gases de combustión en el horno aumenta por el efecto de una mejor transferencia de calor hacia la carga.
3. Para un flujo de petróleo dado y una relación conocida de petróleo/oxígeno, el volumen de los productos de combustión es menor debido a la disminución del nitrógeno entrante con el aire. La cantidad de calor sensible por unidad de peso de nitrógeno es de la misma magnitud como el requerido para fundir un peso unitario de carga.

4. Altos niveles de oxígeno incrementan la cinética de combustión.

DETERMINACIÓN DEL AIRE PARA LA COMBUSTION DEL PETROLEO:

1 440 NCF AIRE / Gal. PETROLEO (dato práctico)

Flujo de petróleo en GPM: 31

Aire para la Combustión: $1\,440 \times 31 \times 1,07736 = 48\,093$ SCFM

(1 NCFM = 1,07736 SCFM.)

ENRIQUECIMIENTO DEL AIRE PRECALENTADO:

1. **Disponibilidad de Oxígeno = 50 STPD por horno,**

Expresado en flujo volumétrico:

$$\text{Oxígeno} = 50 \frac{\text{ton}}{\text{día}} \times \frac{0,95}{1\,440} \times \frac{1\ \text{TM}}{1,1023} \times \frac{1\,000\ \text{kg}}{1\ \text{Ton}} \times \frac{1\ \text{Nm}^3}{1\ \text{TM}} \times \frac{38,042\ \text{SCF}}{1,43\ \text{kg}} = 50 \times 15,9215$$

$$= 796,1\ \text{SCFM.}$$

El volumen de O₂ total en aire de combustión es :

$$48\,093 \times 0,21 = 10\,009,5\ \text{SCFM}$$

- Luego, el Oxígeno en el aire enriquecido es:

OXIGENO TOTAL - OXIGENO (PTA. OXIGENO)

= OXIGENO EN AIRE ENRIQ.

$$10\,099,5 - 796,1 = 9\,303,4\ \text{SCFM}$$

- Determinación del aire de combustión incluyendo el oxígeno.

O₂ en el aire enriquecido de combustión: 9 303,4 SCFM

Aire de Combustión para ser enriquecido:

$$\frac{9\,303,4}{0,21} = 44\,302 \text{ SCFM}$$

% de Enriquecimiento de Aire:

Oxígeno total / aire combustión (incl. O₂, Pta de oxígeno)

$$= \frac{44\,302 \times (0,21) + 796,1}{44\,302 + \frac{796,1}{0,95}} \times 100 = 22,4 \%$$

2. Disponibilidad de Oxígeno; 100 STPD por horno

Expresado en flujo volumétrico: O₂ = 100 x 15,9215 = 1 592,2 SCFM

OXIGENO TOTAL - OXIGENO (PTA. OXIGENO)

= OXIGENO (AIRE ENRIQ.)

$$10,099.5 - 1\,592,2 = 8\,507,3 \text{ SCFM}$$

$$\text{Aire para combustión: } \frac{8\,507,3}{0,21} = 40\,511,9 \text{ SCFM}$$

$$\% \text{ de enriquecimiento: } \frac{10099,5}{40511,9 + \frac{1\,592,2}{0,95}} \times 100 = 24,0 \%$$

3. Disponibilidad de Oxígeno; 125 STPD por horno

Expresado en flujo volumétrico: O₂ = 125 x 15,9215 = 1 990,2 SCFM

OXIGENO TOTAL - OXIGENO (PTA. OXIGENO)

= OXIGENO (AIRE ENRIQ.)

$$10\,009.5 - 1\,990,2 = 8\,019,3 \text{ SCFM}$$

$$\text{Aire para combustión: } \frac{8\,019,3}{0,21} = 38\,187,2 \text{ SCFM}$$

% de Enriquecimiento:

$$\frac{10\,099,5}{38\,187,2 + \frac{1\,990,2}{0,95}} \times 100 = 25,1 \%$$

4.2 CALCULO DEL CONCENTRADO ADICIONAL A FUNDIR EMPLEANDO LA NUEVA MEZCLA (EXCESO DE AIRE PETROLEO-RESIDUAL)

1. AIRE PRECALENTADO + PETROLEO (31 GPM)

FUSION: 1 250 TCPD

CALOR TOTAL DE COMSBUSTION: 6 696 MMBTU/ día

$$\text{RATIO (MMBTU/Ton)} = \frac{6\,696}{1\,250} = 5,357$$

2. AIRE PRECALENTADO + OXIGENO + PETROLEO (31 GPM)

50 STPD de O₂

% de enriquecimiento: 22,43 %

Por tonelada de O₂ se elimina 7 500 lbs de nitrógeno de los gases de combustión. 7 500 lbs de nitrógeno requieren 5 MMBTU de calor sensible.

(Referencia: Ingeniería Metalúrgica. R. Shuhmann)

(-) Calor Sensible de los Gases = 50 x 5 = 250 MMBTU

INCREMENTO DEL CONCENTRADO FUNDIDO:

Enriqueciendo el aire con oxígeno; se incrementa la fusión en 2,7% y disminuye el consumo de petróleo en 2,2 % por cada unidad de incremento de oxígeno expresado en porcentaje.

a) Para Enriquecimiento del Aire con 50 STPD de O₂ por horno.

$$\% \text{ de incremento de fusión} = 2,7 \times (22,4 - 21,0) = 3,86 \%$$

$$\text{Ton adic. de conc. Fundid.} = 1\,250 \times (1,0386) - 1\,250 = 48,25 \text{ TCPD (1)}$$

Menor consumo de combustible petróleo.

$$2,2 \times (22,4 - 21) = 3,124 \%$$

$$\text{Petróleo excedente por día: } 44\,640 - 44\,640 \times (1 - 0,03124) = 1\,394,55 \text{ Gal.}$$

$$\text{Calor equivalente: } 150\,000 \text{ BTU/Gal.} \times 1\,394,55 \text{ Gal.} = 209,182 \text{ MMBTU}$$

$$\text{Ton adicionales de conc. fundid. equivalente: } \frac{209,182 \text{ MMBTU}}{5,357 \text{ MMBTU/Ton.}}$$

$$= 39,05 \text{ TCPD (2)}$$

Tons. de concentrado fundido total /horno

$$= 48,25 + 39,05 = 87,30 \text{ TCPD}$$

b) Para Enriquecimiento del Aire con 125 STPD de O₂ por horno.

$$\% \text{ de incremento de fusión} = 2,7 \times (25,1 - 21,0) = 10,69 \%$$

Ton adicionales de conc. fundido

$$= 1,250 \times (1,1069) - 1\,250 = 133,62 \text{ TCPD (1)}$$

Menor consumo de combustible petróleo.

$$2,2 \times (25,1 - 21) = 8,71\%$$

$$\text{Petróleo excedente por día: } 44\,640 - 44\,640 \times (1 - 0,0871) = 3\,888,1 \text{ Gal.}$$

Calor equivalente: $150\,000 \text{ BTU / Gal.} \times 3\,888,1 \text{ GAL} = 583,215$

MMBTU

Tons adicionales de conc. Fundido equivalente :

$$\frac{583,215 \text{ MMBTU}}{5,357 \text{ MMBTU/Ton}} = 108,87 \text{ TCPD (2)}$$

Tons. de concentrado fundido total /horno

$$= 133,62 + 108,87 = 241,99 \text{ TCPD}$$

- CALCULO DEL INCREMENTO DE FUSION ANUAL

a) Para 336 días/año, suministro de 100 STPD de O₂.

$$\text{Incremento de fusión: } 87,30 \times 2 \times 336 = 58\,666 \text{ TCPA}$$

b) Para 25 días/año, suministro de 250 STPD de O₂.

$$\text{Incremento de fusión: } 2 \times 241,9 \times 25 = 12\,095 \text{ TCPA.}$$

INCREMENTO DE FUSION TOTAL DE CONCENTRADO POR

AÑO:

$$58\,666 + 12\,095 = 70\,761 \text{ TCPA.}$$

Pérdidas por parada de horno para conexión de O₂(TIE-IN)

Tiempo necesario para interconexión: 8 horas por Horno.

$$\text{Fusión / día} = 1\,250 \text{ TCPD}$$

$$\text{Dejado de fundir (1 vez): } 1\,250 \times 0,333 \times 2 = 832,5 \text{ TCPD.}$$

-Cálculo del costo por mayor consumo de refractarios

Consumo unitario de ladrillos: 2,69 Lbs./ TC de conc. fundido.

Incremento de fusión de concentrados: 70 761 TCPA

$$\text{Consumo total adicional de ladrillos} = 2,69 \times 70\,761 = 190\,347 \text{ Lbs.}$$

Costo unitario Ladrillo: 0,528 \$/ Lbs

$$\text{Costo Total: } 190\,347 \times 0,528 = \$ 100\,503$$

- Cálculo del costo de oxígeno (que se perdería por venteo a la atmósfera sino se emplea).

Consumo en Reverberos:

100 Ton 336 días al año, 250 Ton 25 días al año

Costo por Ton oxígeno: \$ 12,64 (a la fecha, Feb. 1996)

$$\text{Consumo oxígeno /año: } 33\,600 + 6\,250 = 39\,850 \text{ STPA}$$

$$\text{Costo Total /año: } 39\,850 \times 12,64 = \$ 503\,704$$

Balance de masa y energía.

Los cuadros 4.2.1 y 4.2.2 nos muestran el balance de masa y energía del horno Reverbero con suministro de oxígeno:

Cuadro N° 4.2.1

Balance de masa con suministro de oxigeno

	TCPD	%
ENTRAN :		
CONCENTRADO	1,269	21.00
ESCORIA RET.CONVERTIDOR	860	14.23
ESCORIA CMT	480	7.94
FUNDENTE	227	3.76
AIRE PROCESO	2,829	46.80
OXIGENO	76	1.25
VAPOR	24	0.40
AGUA	96	1.58
PETROLEO	183	3.03
TOTAL	6,044	100.00
SALEN :		
MATA	1,368	22.63
ESCORIA+ MAGNETITA+ POLVO GASES	1,281	21.20
SO2	237	3.92
O2	7	0.12
N2	2,178	36.03
CO2	647	10.70
H2O	325	5.38
TOTAL	6,044	100.00

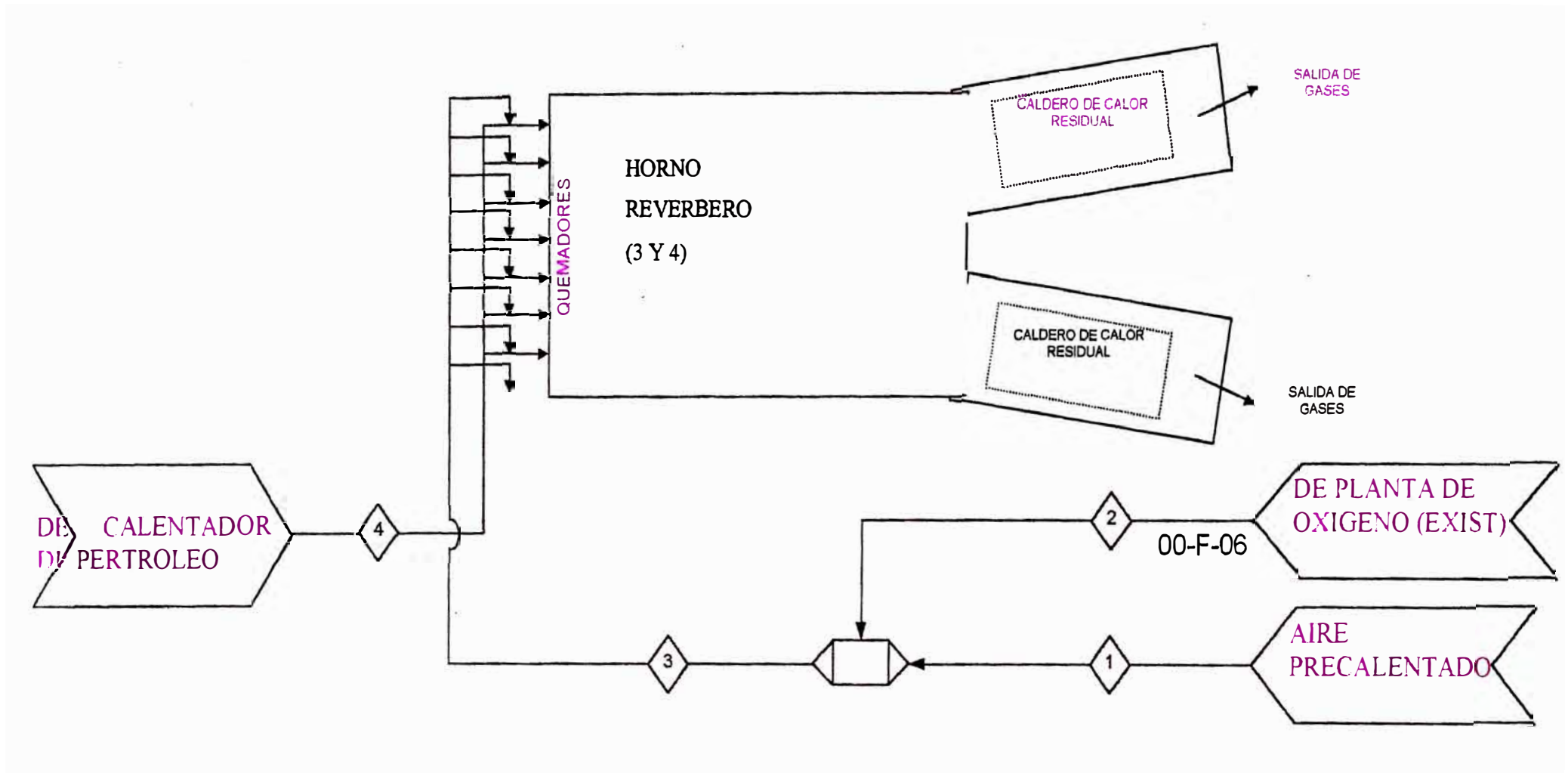
Cuadro N° 4.3.2

	MMBTU	%
ENTRA :		
COMBUSTION PETROLEO	6,653	66.96
CALOR SENSIBLE PETROLEO	53	0.53
CALOR SENSIBLE AIRE PRECALENTADO	920	9.25
CALOR DE REACCIONES EXOTERMICAS	1,151	11.59
CALOR SENSIBLE DE ESCORIA RET.CONV.	929	9.35
CALOR SENSIBLE ESCORIA CMT	229	2.31
TOTAL	9,936	100.00
SALE :		
REACCIONES ENDOTERMICAS	901	9.07
CALOR SENSIBLE MATA	1,121	11.28
CALOR SENSIBLE ESCORIA	1,545	15.55
CALOR SENSIBLE GASES	4,513	45.42
CALOR LATENTE DE VAPORIZACION AGUA	790	7.95
PERDIDAS NO DETERMINADAS	1,068	10.74
TOTAL	9,936	100.00

Balance de energía con suministro de oxígeno

Ver Figura 4.1.1 Diagrama de flujos, Combustión con nueva mezcla en Hornos Reverberos

Figura 4.1.1 Diagrama de flujos, Combustión con nueva mezcla en hornos Reverberos



DESCRIPCION	NORMAL	ENRIQUECIMIENTO NORMAL			ENRIQUECIMIENTO MÁXIMO			NORMAL
	AIRE PRECALENTADO SIN SUMINISTRO DE O2	AIRE PRECALENTADO	SUMINISTRO DE OXIGENO	AIRE ENRIQUECIDO	AIRE PRECALENTADO	SUMINISTRO DE OXIGENO	AIRE ENRIQUECIDO	PETROLEO
	1	1	2	3	1	2	3	4
FLUJO (SCFM)	48093	44302	839	45141	38185	2097	40282	
FLUJO(GPM)								31
PRESION (in H ₂ O)	5	4		7.4	3.5		13.3	
PRESION (PSIG)			25			25		80
TEMPERATURA (°F)	800	800	70	796	800	70	790	230
% O2	21	21	95.0	22.4	21	95.0	25.1	

4.3 DISTRIBUCION DE OXIGENO GASEOSO EN HORNOS DE LA PLANTA FUNDICION, DESPUES DE IMPLEMENTACION DEL PROYECTO.

Adjunto se presentan unos gráficos que muestran el requerimiento de oxígeno en Fundición para diferentes combinaciones del CMT (con diferentes flujos de aire enriquecido y grados de enriquecimiento), Convertidores y Reverberos. El objetivo de estos gráficos es mostrar la disponibilidad de oxígeno para los diferentes requerimientos y de los cuales se tiene como conclusiones:

- Para una operación normal en el CMT, también habría disponibilidad de oxígeno para ambos reverberos (con máxima capacidad de fusión), ó dos convertidores, ó un convertidor más un reverbero.
- Sólo es posible usar oxígeno en ambos reverberos y 01 convertidor si el grado de enriquecimiento con oxígeno en el CMT no sea mayor a 28 % y 24 000 SCFM.

El límite máximo de oxígeno como consumo promedio por día es de 5 000 SCFM (ó 300 STPD de oxígeno), lo cual asegura el abastecimiento de oxígeno líquido. Esto significa, que eventualmente se podría consumir más de 300 STPD pero se estarían bajando los niveles de los tanques de almacenamiento de oxígeno líquido y si el consumo es demasiado alto y prolongado afectar el nivel de la columna de destilación.

Generalmente los problemas en la operación de la Planta de Oxígeno se producen cuando con anticipación (media a una hora aproximadamente) no se les informa de un requerimiento alto de oxígeno en Fundición y principalmente cuando se producen demandas bruscas de oxígeno que hacen bajar la presión en la línea de oxígeno, caso del restablecimiento brusco de oxígeno luego de la limpieza del Garr gun del CMT, o cuando se abre simultáneamente el oxígeno en dos convertidores, etc.

A fin de lograr un máximo aprovechamiento del oxígeno producido y como el consumo de oxígeno en convertidores se realiza en períodos que no van más allá de los 45 minutos, se determinó el procedimiento apropiado para usar simultáneamente oxígeno en el CMT en operación normal, dos Reverberos, y un Convertidor. Ello implicaría también controlar las demandas altas de oxígeno en el CMT originado por los problemas de fugas en el punzado.

A continuación se da las graficas que muestran las opciones de distribución de oxígeno a los Hornos.

- Ver Figura 4.3.1 Distribución de Oxígeno en Fundición, con 23 000

SCFM en CMT

- Ver Figura 4.3.2 Distribución de Oxígeno en Fundición, con 24 000

SCFM en CMT

- Ver Figura 4.3.3 Distribución de Oxígeno en Fundición, con 25000 SCFM en CMT

- Ver Figura 4.3.4 Distribución de Oxígeno en Fundición, con 26000

SCFM en CMT

**Figura 4.3.1 DISTRIBUCION DE OXIGENO EN FUNDICION
Para Flujo de 23,000 scfm en el CMT**

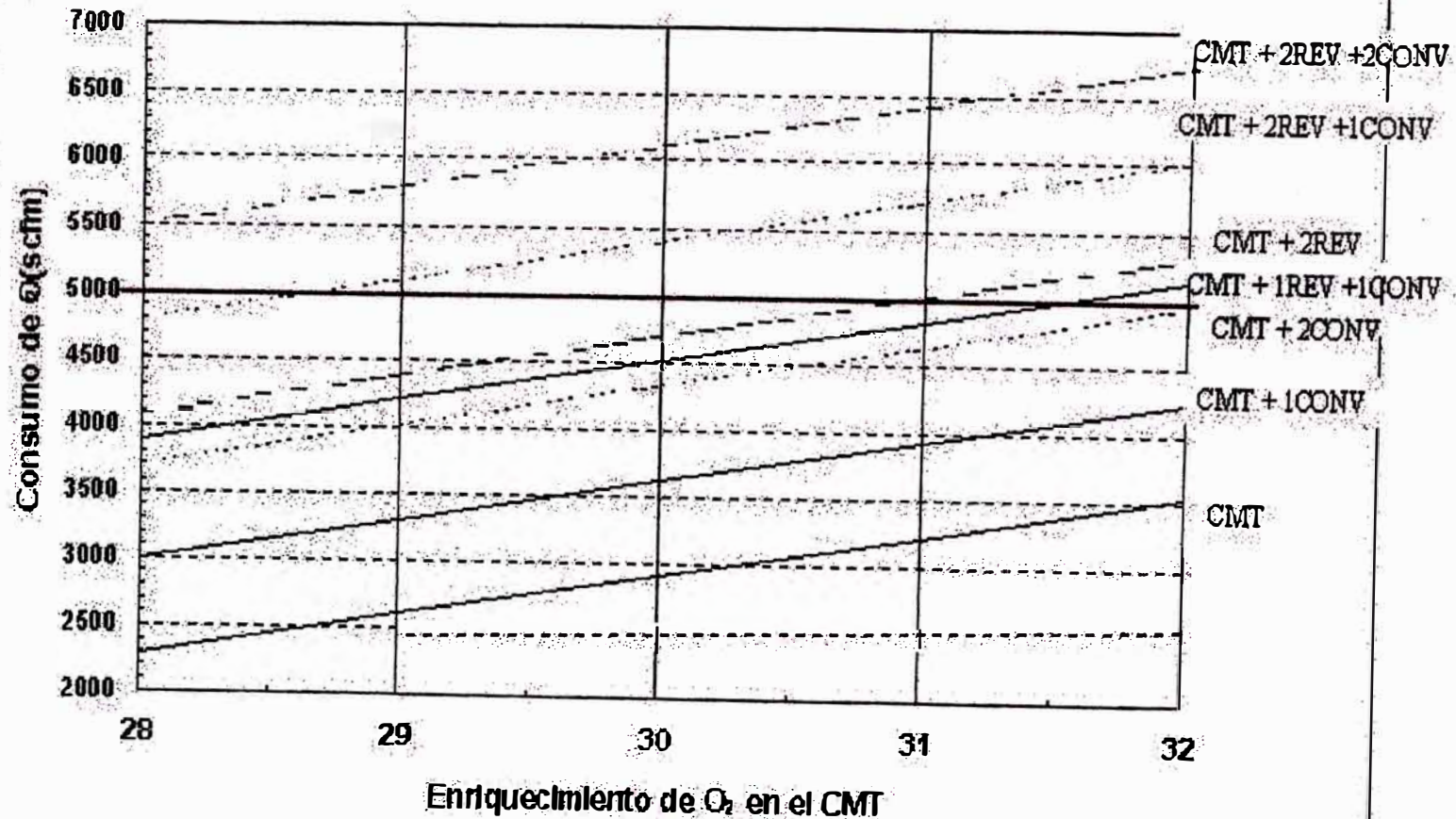


Figura 4.3.2 DISTRIBUCION DE OXIGENO EN FUNDICION
Para flujo de 24,000 scfm en el CMT

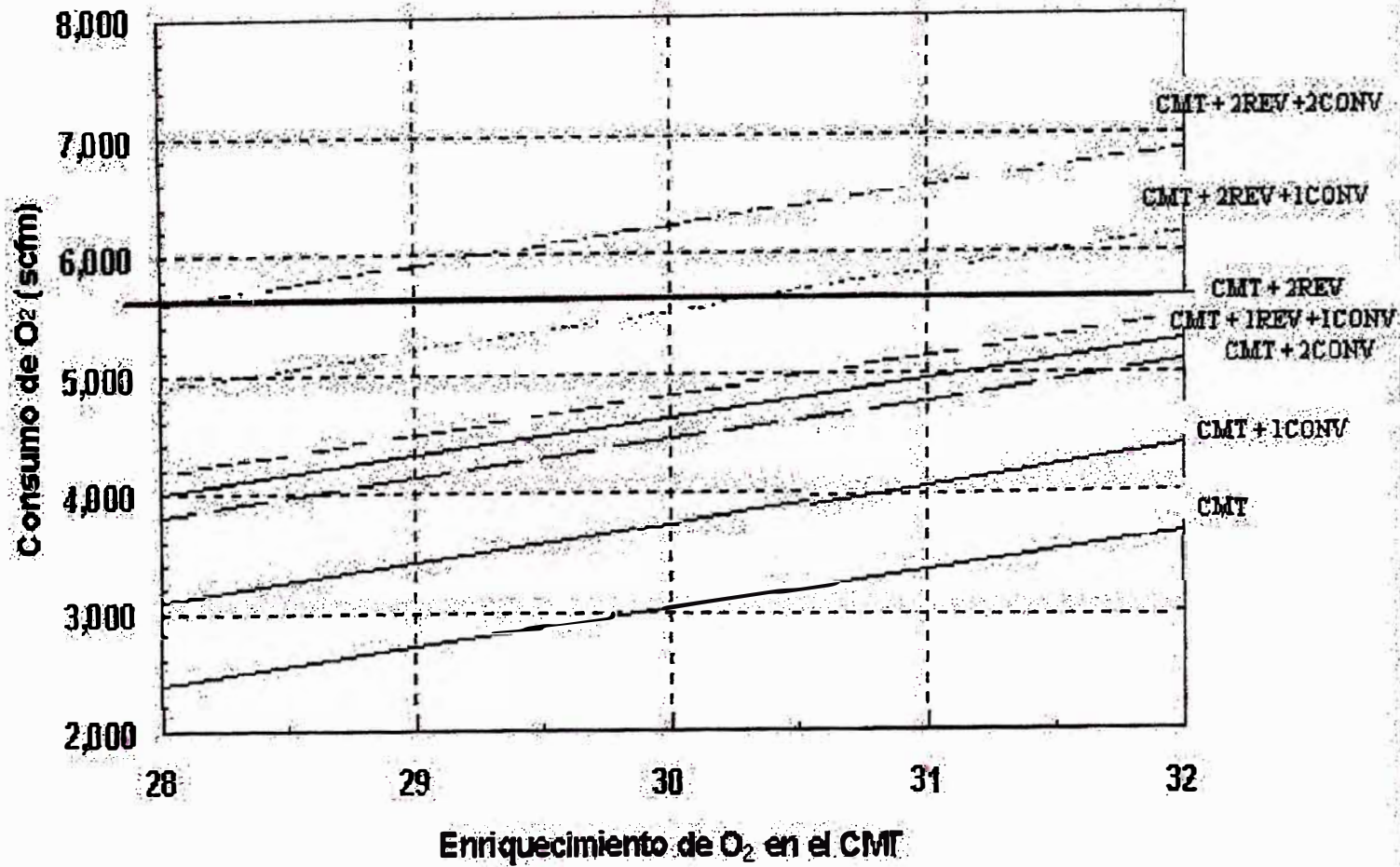
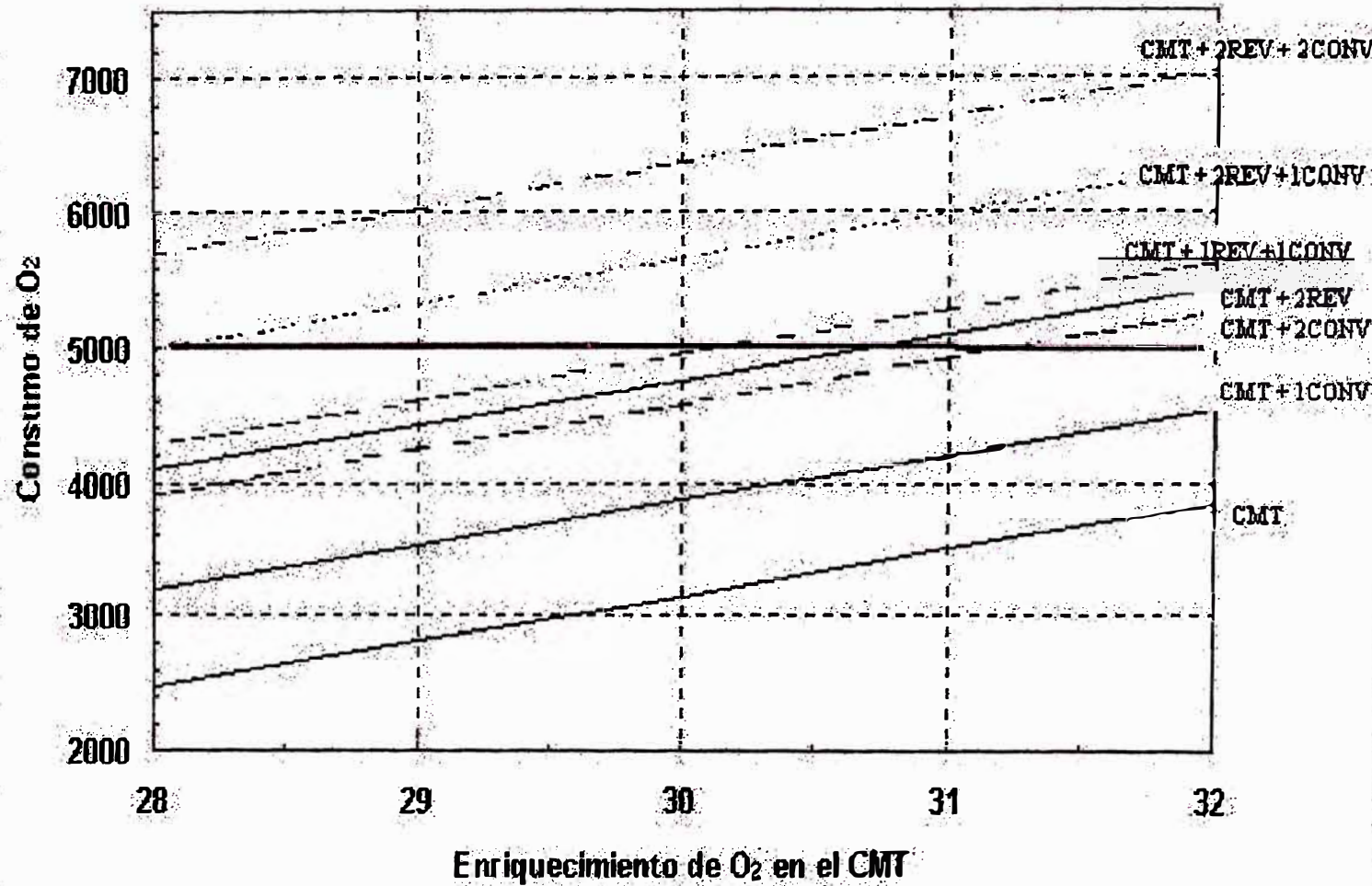
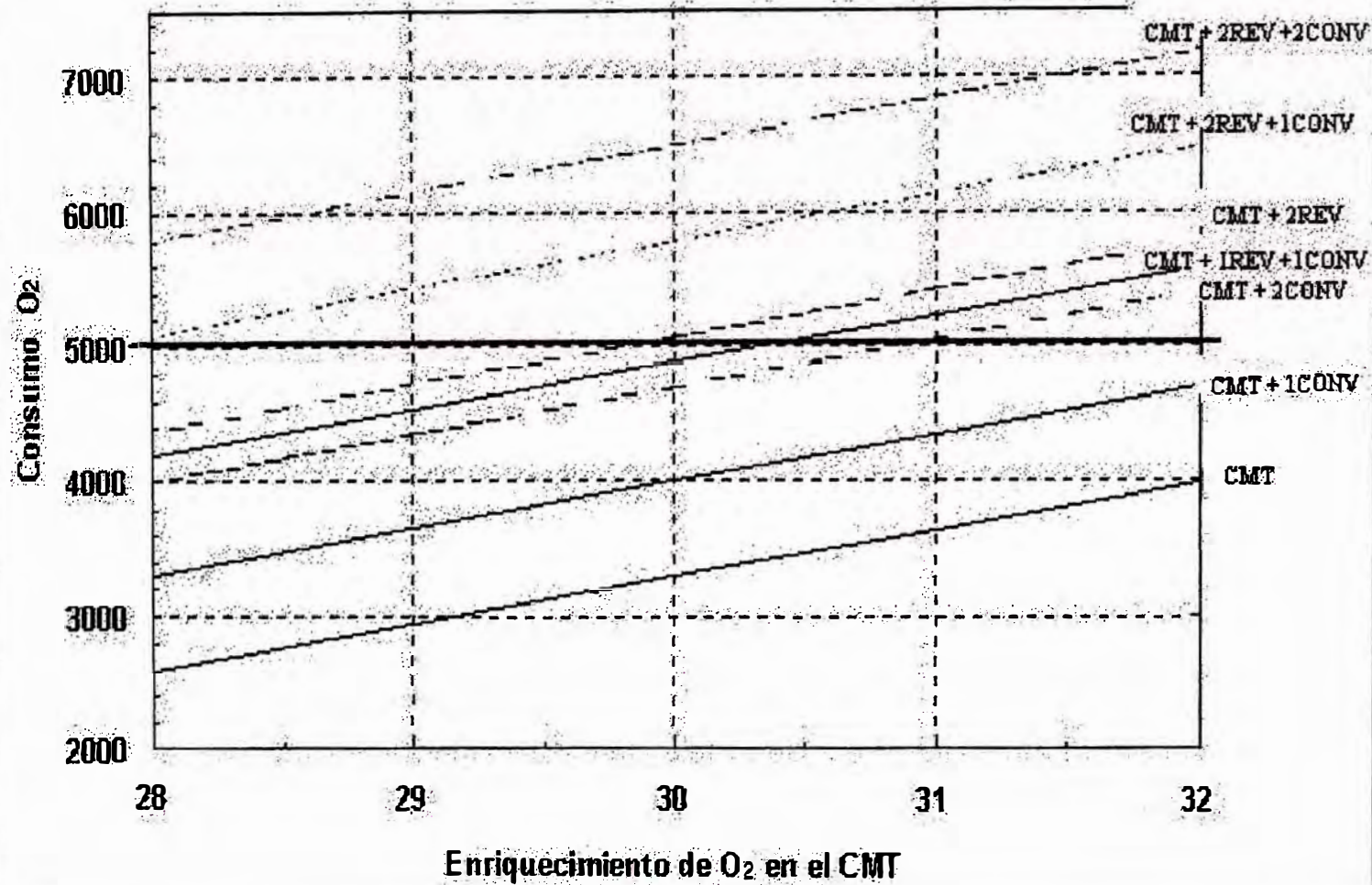


Figura 4.3.3 DISTRIBUCION DE OXIGENO EN FUNDICION
Para Flujo de 25,000 scfm en el CMT



**Figura 4.3.4 DISTRIBUCION DE OXIGENO DE FUNDICION
Para Flujo de 26,000 scfm en el CMT**



CAPITULO V

DISEÑO Y OPTIMIZACION DE EQUIPOS DE LA PLANTA PARA SUMINISTRO DE OXIGENO

5.1 CRITERIOS DE DISEÑO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS Y ACCESORIOS.

Los criterios de diseño para la selección de tuberías, equipos y accesorios de un sistema para uso en servicio de oxígeno gaseoso, a concentraciones mayores al 40 % de pureza (según experiencia de diseñadores y fabricantes), requieren y exigen requisitos muy particulares; y algunos especiales; a diferencia de los sistemas para uso general; esto debido básicamente, a la posibilidad de ignición en presencia de oxígeno de los materiales que lo deben conformar; la presión, pureza, temperatura y forma física, tienen una gran influencia en la compatibilidad del oxígeno con metales. Complementariamente, uno de los parámetros muy importantes a definir, para la selección de los materiales y dimensiones de los elementos que conformarán el sistema, es la velocidad de transporte a través de la tubería, accesorios y los lugares considerados como espacios de choque. Para efectos de complementar una guía apropiada de criterios, se estableció especificaciones técnicas y estándares de ingeniería

apropiados para selección de materiales y tipo de tubería, accesorios, válvulas; etc., para el desarrollo de este proyecto; basados en la experiencia de fabricantes importantes de equipos y plantas de oxígeno, tales como Air Products Inc., Prax Air Inc., documentos técnicos específicos y normas especializados, como las de Compressed Gas Association Inc. (CGA); estos estándares, se incluyen en el Anexo A.

Ruta, cálculos, selección y materiales de las tuberías y accesorios para el sistema de suministro de oxígeno:

La ruta de la nueva línea para llevar el suministro de oxígeno a los hornos Reverberos, se diseñó de acuerdo a los requerimientos de ubicación del punto de toma del cabezal existente, y la ubicación física de los puntos seleccionados de suministro a los ductos de aire de proceso de cada horno en campo; considerando evitar la interferencia de ésta y los equipos y estructuras existentes y lo más alejada posible de las fuentes de calor de la zona; la ruta es mostrada en forma resumida, en **dibujo isométrico Figura 5.1a**, en el anexo de planos, adicionalmente a los detallados en planta y elevación.

La mezcla del aire con oxígeno es una combinación de ambos a través de un “Difusor” que se encuentra instalado dentro del ducto de aire precalentado.

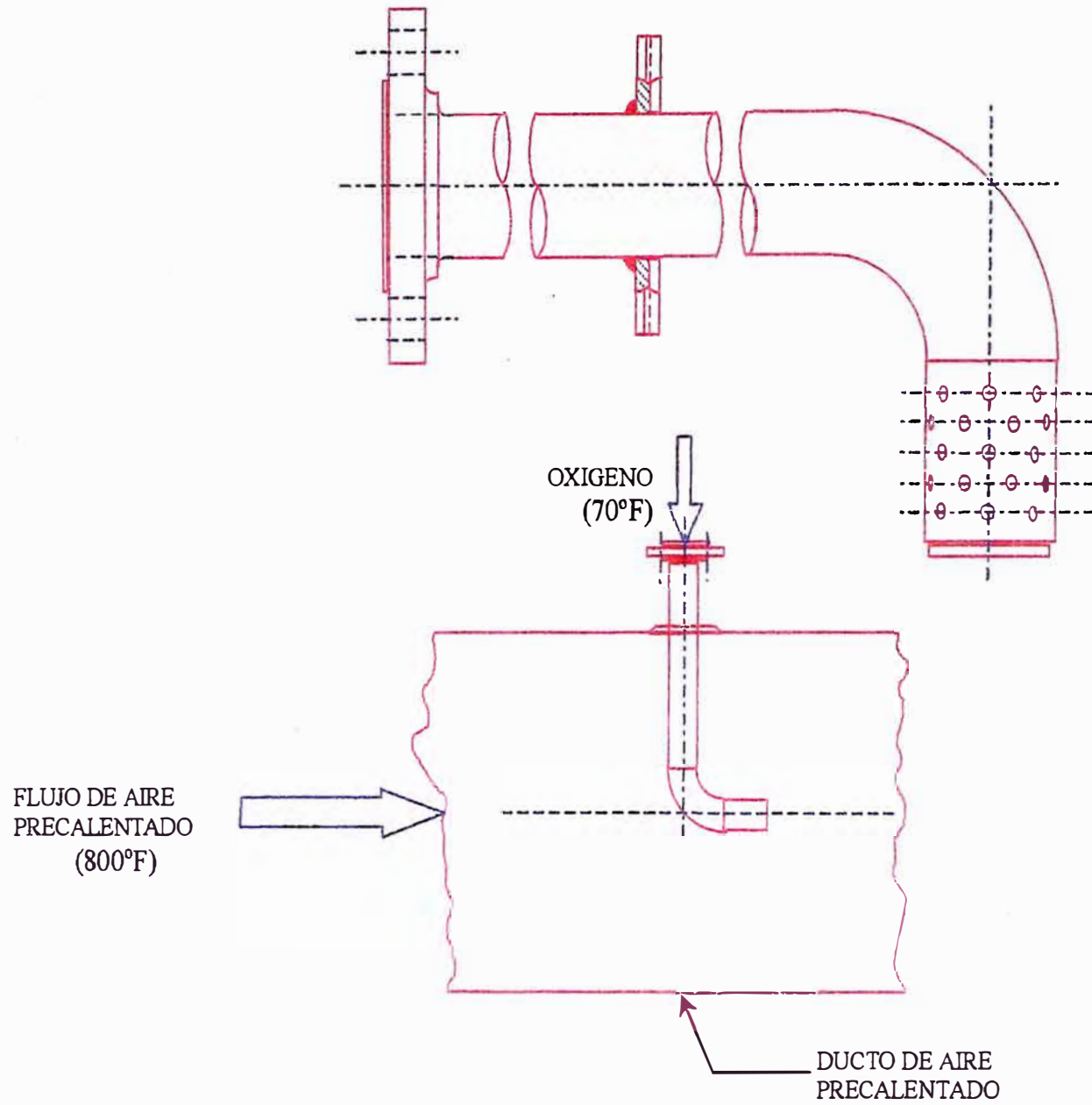
El difusor es de monel y tiene la forma de un tubo doblado en 90°(codo) con la descarga cerrada en el mismo sentido del flujo de aire dentro del ducto; hay 40 agujeros de 31/32 plgs. Diam., .(Ver plano de difusor por fabricante Air

Products & Chemicals Inc., en Anexo Planos) a lo largo de 6 pulgadas del tubo hacia la descarga por donde se difunde el oxígeno dentro de la masa de aire caliente a 800 °F y 5.5 pulgs. de agua. El oxígeno se mezcla con el aire a una presión de 10 pulgs. de agua.

- **Ver Figura 5.1a Isométrico Línea de Oxígeno para Reverberos, 30 psig.**

- **Ver Figura 5.1b Difusor de Oxígeno.**

Figura 5.1b Difusor de Oxígeno



Los cálculos de velocidad y caída de presión en la línea diseñada se efectuaron en hoja de cálculos Excel de Microsoft, que se presenta en resumen Cuadro 5.5.1, y Anexo D; las formulas que se utilizaron son basadas en criterios generales de velocidad media, y caída de presión para uso en gases ideales con formulas resumidas para factor de rugosidad por Darcy, desarrolladas en el manual de diseño de la compañía Ingersoll Rand. Los parámetros de operación considerados y los resultados se resumen a continuación.

Condiciones ambientales y parámetros de diseño :

Altura: nivel de mar.

Presión atmosférica: 14.7 psig. (1 atm.)

Rango de temperatura ambiental localizada: 90 -100 grad. Farenheit.

Cuadro 5.5.1 Resumen de calculo por Perdidas totales en Tuberías y accesorios

Gas : Oxigeno		Método: Darcy - Weissbach			
	Unidades Americanas	Unidades SI			Unid SI
Flujo, Qs	4194 scfm	1.9	m3/s	Densidad	3.44 kg/m3
Flujo, Qa	1611.544 acfm	0.76	m3/s	viscosidad	0.00002 Pa.s
Presión, P	25 psig	27372	Pa		
Temperatura, T	90 F	305.	K		
Perdidas totales debido a Tuberías y accesorios		= 1.51+ 3.42 = 4.93 psig.			

El diámetro de tubería del ramal principal se estableció en 10 pulgs., y los ramales secundarios de 8 pulgs. hacia cada ducto de aire de combustión de los Hornos respectivos con velocidades promedio siguientes:

Veloc. ramal principal (10 plgs. Diam.) : 49.3 pies/ seg.

Veloc. ramal secundario (8 plgs. Diam.) : 76.9 pies/ seg.

Veloc. ramal secundario (6 plgs. Diam.) : 136.8 pies/ seg.

Veloc. ramal secundario (4 plgs. Diam.) : 307.9 pies/ seg.

Las válvulas reguladoras de presión de oxígeno de 4 pulgs. de diam. Nominal, tipo mariposa, instaladas en cada ramal secundario, se seleccionaron para producir una caída de presión promedio normal de: 5 psig.; y máxima de 8,5 psig.; según las condiciones de operación y los criterios de diseño en el manual de selección del fabricante “Fisher” (teniendo en cuenta que con los valores calculados del coeficiente de flujo para gases (C_g); y el coeficiente de recuperación de la válvula (C_1) que se define como $C_g / (C_v)$, obtendremos el coeficiente de flujo (C_v) equivalente, que da el fabricante “Nels – Jamesbury” para válvula adquirida; obteniéndose el mayor valor: $C_v = 327,2$, para el máximo flujo y máxima caída de presión; que es menor que el $C_v = 400$, de válvula seleccionada: 4” 815 WO113671, según resultados software “Fisher” en hojas de cálculo y fabricante “Nels– Jamesbury” en Anexo D).

Finalmente, los “**Difusores**” instalados en tandem con las válvulas reguladoras de presión; para adicionar la caída complementaria e inyección final de oxígeno a los ductos de aire precalentado de combustión a los quemadores

Foto 5.1 Vista nueva línea de oxígeno hacia Hornos Reverberos



Foto 5.2 Vista llegada de ramal de nueva línea de oxígeno a Reverbero No 3



principales de los Hornos; tienen un diseño preparado para una **caída promedio de presión de 20 psig.**, que permiten la inyección de oxígeno dentro de los ductos a los límites máximos ligeramente por encima de la presión en estos, establecida en: **5,5 plgs. de agua.**

Materiales

Usando los criterios de diseño y selección elaborados; y por velocidad y presión máxima, según figuras A.1.1 y A.1.2 dados en el Anexo A; se seleccionaron los materiales de las tuberías y accesorios básicos (codos, tees, etc.) de 10 y 8 plgs. Diam., en Acero al carbono; y las tuberías y accesorios en 6 y 4 plgs. Diam., se seleccionaron en acero inoxidable; por razones de seguridad contra la autoignición y debido a que se encuentran cercanos a válvulas de regulación y cierre rápido.

Los componentes especiales como los **“Difusores”** de oxígeno instalados dentro de los ductos de aire precalentado de combustión de los quemadores principales de los Hornos, las válvulas reguladoras de presión que descargan hacia los **“Difusores”**, y los **“niples fusibles”** adyacentes, fueron seleccionados en acero inoxidable –monel, debido a las condiciones de operación especiales y extremas.

5.2 PARÁMETROS Y CRITERIOS DE CONTROL AUTOMÁTICO EN LA PLANTA

La operación del aire enriquecido a los Reverberos es controlada por un

operador de los Reverberos 3 y 4 usando un sistema de control distribuido (DCS), que esta localizado en el cuarto de control de los hornos Reverberos 3 y 4. Este cuarto de control tiene una estación de interfase entre el operador y las variables de campo (OIS), el cual tendrá áreas comunes de control y monitoreo para cada uno de los Reverberos.

Debe entenderse el aire enriquecido como la adición de oxígeno al aire precalentado.

El operador del cuarto de control podrá controlar lo siguiente:

- El nivel de enriquecimiento de oxígeno a los hornos Reverberos en rango de 21,5% a 25%.
- El flujo de aire para combustión.
- El flujo de oxígeno para enriquecimiento.
- La apertura y cierre de las válvulas de oxígeno.
- El flujo de aire enriquecido.

El sistema de control distribuido manejará las siguientes variables:

- Estaciones reales de flujo de oxígeno y aire, considerando para cada una de ellas acumuladores de flujo.
- Estación por software para el flujo enriquecido, la cual conjuntamente con el porcentaje de oxígeno determinarán el “set point” del flujo de oxígeno cuando el sistema trabaje en cascada. También considerará acumulador de flujo.
- Pantallas para la lectura instantánea y tendencias con información

almacenable de 30 días en el mejor de los casos y 48 horas en el peor de los casos, para cada una de las variables de proceso.

- Sistema de alarma visible, audible e impresa.
- Sistema de reporte de eventos.
- Status de la posición de la válvula on/off de oxígeno.

Enclavamientos :

Para la adecuada protección del personal y de los equipos, el proceso cuenta con el siguiente sistema de enclavamientos que cierra la válvula on/off de oxígeno para las siguientes condiciones:

- Corte de fluido eléctrico.
- Flujo de petróleo menor de 12 GPM.
- Parada del soplador (blower) de aire de proceso para combustión.
- Cuando el botón de “trip” de la línea de petróleo sea accionado.
- Cuando existe baja presión en la línea de oxígeno.(19 psig).
- Cuando la válvula on/off XV40011 actúa debido a un muy alto flujo de oxígeno viniendo a los Hornos y Convertidores.
- Cuando la presión en el ducto de aire de proceso es menor de 3" o mayor de 8" de agua.

CONTROL DE PROCESO.

Para operar el sistema de mezcla aire-oxígeno, ciertas variables dentro del proceso deben ser controladas cuidadosamente por el operador. Estas variables incluyen parámetros del proceso tales como presión, rango de flujo, temperatura, etc.

Cada una de las variables a ser controladas han sido divididas en **lazos de control** separados. Cada lazo de control consiste de una descripción escrita, un diagrama de bloque y un diagrama de lazo. Cuando leemos la descripción escrita, se refiere tanto al diagrama de bloques como al diagrama de lazo. La descripción escrita está dividida en las siguientes partes:

- El propósito de controlar la variable.
- El método usado para controlar la variable automáticamente.
- El método a ser usado por el operador para controlar la variable en modo manual.
- En el caso de las válvulas de control, el tipo de válvula, apertura o cierre incluido corte de energía.

VARIABLES DE PROCESO

SISTEMA DE PROCESO	VARIABLE DE PROCESO	RANGOS ESPECIFICADO	METODO DE CONTROL	IMPACTO EN EL PROCESO
Reverberos 3 y4	Flujo de aire enriquecido	20,000-100,000 scfm	El operador de la sala de control ingresa el valor prefijado del flujo de aire enriquecido de acuerdo al flujo de petróleo en el indicador controlador de flujo FIC-40015 y FIC-40515.	Valores de flujo bajo, causa defecto de oxígeno en la combustión del petróleo. Valores de flujo alto causa exceso de oxígeno por consiguiente enfriamiento del horno.
Reverberos 3 Y 4	Enriquecimiento de oxígeno	22 - 25 %	El operador de la sala de control entra el valor prefijado del % de oxígeno en el indicador controlador FFIC-40004 y FFIC-40104.	El incremento de oxígeno sobre 21% causa que se incremente el calor dentro del horno y por lo tanto se incremente la fusión

CONTROL DE ENRIQUECIMIENTO DE OXIGENO - REVERB N° 3

El propósito del lazo de control del enriquecimiento de aire con oxígeno a Reverberos es controlar el flujo de oxígeno de la mezcla aire - oxígeno. El oxígeno se mezcla con el aire precalentado y se obtiene aire enriquecido para la combustión del petróleo.

CONTROL AUTOMATICO

Un transmisor de flujo (FIT-40004) transmite el valor de flujo de oxígeno a una sección de computo (FY-40004) dentro de la cual las señales de temperatura y presión de oxígeno son entradas, luego la FY-40004 transmite una señal compensada de temperatura y de presión de flujo de oxígeno a una estación de control de flujo total (FIC) donde se calcula el enriquecimiento con el “set point” del porcentaje de oxígeno y “set point” del valor de flujo de aire enriquecido (FIC-40015).

Esta señal es enviada al controlador de flujo de oxígeno FIC-40004 que va a abrir ó cerrar la válvula de control de flujo FV-40012.

El sensor de baja de presión (PSL-40005), que actúa sobre el controlador de flujo de oxígeno FIC-40004, cambia el “set point” de flujo de oxígeno cerrando la válvula de control de flujo FV-40012.

CONTROL MANUAL.

El operador puede cambiar el controlador central FIC-40015 a modo manual, pasando a manual el controlador FIC-40001 de aire precalentado. Esto permite al operador fijar la posición de la válvula de control de flujo (FV-40012) a alguna posición dentro de su rango de operación para incrementar o disminuir el valor de flujo de oxígeno.

VALVULAS DE CONTROL

VALVULA	TIPO	ACTUADOR
FV-40012	Válvula de control de flujo mariposa	Diafragma / resorte de retorno si se incrementa la salida, abre la válvula. Si falla cierra

CONTROL DE ENRIQUECIMIENTO DE OXIGENO - REVERB N° 4

El lazo de control del enriquecimiento de aire con oxígeno para el horno Reverbero No 4 es similar al de horno Reverbero No 3.

ENCLAVAMIENTOS EN REVERBEROS.

Se consideran los siguientes Enclavamientos:

1. Parada del blower del precalentador.
2. Corte de energía eléctrica.
3. Presión de aire del ducto debajo de 3" y sobre 8" de agua.
4. Flujo de petróleo de quemadores debajo de 12 gpm.
5. Switch de baja/baja presión en la línea de O₂.
6. Switch de alta/alta presión de aire enriquecido

7. Switch manual (Hand switch).

8. Parada de flujo de la línea de petróleo.

Ver Plano 31219-01 Tuberías & Diagrama de Instrumentación

ALARMAS.

PROCEDIMIENTO DE RESPUESTA DE ALARMAS

El metalurgista de planta y el departamento de instrumentación deben programar los límites de las alarmas para ciertas variables de proceso. El objetivo de las alarmas es la de alertar al operador si es que se han excedido algunos de los límites preestablecidos.

Una vez que el operador ha sido alertado por el accionamiento de una alarma, tiene la responsabilidad de

- **Reconocer la alarma presionando el botón “Acknowledge”.**
- **Averiguar que es lo que causó la alarma.**
- **Determinar la mejor acción para eliminar la causa, de modo que se SUPERE la condición de alarma.**
- **Ejecutar la acción que se ha decidido tomar.**

En algunos casos es necesario obtener asistencia del supervisor de guardia, personal de mantenimiento ó ambos.

Las alarmas son causadas normalrnente por alguno de los siguientes casos

- **Condiciones de trastorno de proceso.**

- Mal funcionamiento eléctrico ó mecánico.
- Situaciones de seguridad personal.

El primer paso que el operador debe realizar para dar respuesta a una alarma, es el de referirse al listado de alarmas, asociándola a la falla que la originó y las causas potenciales.

5.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS DEL EQUIPAMIENTO MECÁNICO DE LA PLANTA.

Los criterios de selección de materiales y las Especificaciones técnicas para la construcción.

Limpieza e Inspección, y pruebas presión del sistema de tuberías y del equipamiento mecánico de este proyecto, se dan en forma específica y detallada en los Anexos A, B, C, y E adjuntos, en complemento al numeral 5.1.

ALARMAS/FALLAS/CAUSA/SOLUCION -REVERB 3

ALARMAS	EQUIPO/SERVICIO	FALLA	CAUSA POTENCIAL	SOLUCION
PAH - 40002	DUCTO AIRE DE PROCESO	Quemadores sucios Más de dos compuertas de cajas de quemadores cerradas. Alto flujo de aire	Corte de oxígeno y venteo	Revisar compuertas de aire en la caja de quemadores abiertas. Revisar el set point de flujo de aire que viene de la planta de oxígeno.
PAL - 40002	DUCTO AIRE DE PROCESO	Bajo flujo de aire Motor del blower apagado	Corte de oxígeno y venteo	Arrancar el blower de aire de proceso. Revisar set point y variable de proceso de flujo de aire
PAL-40005	LINEA DE OXIGENO	Presión baja en la línea de oxígeno(22 psi)	Baja el set point de enriquecimiento en 40 %.	Revisar posibles fugas por la línea, chequeo de suministro de planta de oxígeno. FSH cerrada (XV-40011)
AAH - 40015	ANALIZADOR DE OXIGENO	Analizador descalibrado fuera de rango Flujo de O2 alto ó flujo de aire bajo	Se pierde la señal continua de enriquecimiento.	Revisar analizador y comprobar % de enriquecimiento con flujos reales de oxígeno- no y aire de proceso.
FAL-40020	FLUJO DE PETROLEO	válvula de petróleo "tripada"- válvula no abre ni cierra	Corte de oxígeno y venteo.	Normalizar el flujo de petróleo.
PALL-40008	PRESION OXIGENO	bajada imprevista de la presión de O2 en la línea.(20 psi)	Corte de oxígeno y venteo.	Normalizar el flujo de oxígeno, superado el problema por el que bajó la presión.
ZAC - 40013	VALVULA DE OXIGENO ON/OFF	Válvula cerrada		
XAS - 40018	MOTOR DEL BLOWER	Motor apagado		
XAS - 40019	FALTA ENERGIA ELECTRICA	No hay energía.	Corte de oxígeno y venteo.	Restablecer el petróleo y aire de proceso .
XAS - 40017	VALV.SEGURIDAD PETROLEO	Válvula cerrada	Corte de oxígeno y venteo.	Restablecer el petróleo.

CAPITULO VI

ANÁLISIS ECONOMICO DE LA PLANTA CON SUMINISTRO DE OXIGENO

La evaluación económica determina la rentabilidad del total de la inversión requerida para efectuar el proyecto, los Estados Financieros Proyectados no consideran los efectos del financiamiento. Mide la economía intrínseca del proyecto, aun cuando el proyecto se efectuara con financiamiento, es necesario realizar la evaluación económica.

6.1 ESTRUCTURA DE COSTOS.

El concepto de inversión involucra dos términos completamente diferentes, uno se refiere a los costos que se incurren para construir el proyecto y el otro se refiere al capital necesario para garantizar el normal desarrollo del proceso productivo.

Al primero se le denomina inversión fija ó capital fijo porque permanece colocado durante todo el horizonte de planeamiento, mientras que el segundo

tipo, se denomina capital de trabajo ó capital circulante, y su valor cambia durante la etapa de operación del proyecto.

La estructura de costos fijos del proyecto fue el siguiente:

<u>DESCRIPCION</u>	<u>COSTOS \$</u>
I.- COSTOS INDIRECTOS (INTANGIBLES)	
Ingeniería del proyecto.	20 000.00
Ingeniería de campo (incl. Movilidad)	20 600.00
Entrenamiento y Seguridad	20 000.00
TRABAJOS PRELIMINARES	
Reubicaciones y desmontajes	5 000.00
MANO DE OBRA DE CONSTRUCCION.	
Mano de obra: soldadores, cortadores, armadores, electricistas, ayudantes.	85 000.00
EQUIPOS: MAQUINAS Y HERRAMIENTAS	
Grúas, Máquinas de soldar y corte por plasma, etc.	225 000.00
Herramientas de montaje en general	10 000.00
II.- COSTOS DIRECTOS (ACTIVO FIJO)	
ESTRUCTURAS	
Estructuras de acero, soportes.	3 000.00
INSTALACIONES MECANICAS	
Tuberías, Válvulas y Accesorios	225 000.00
INSTALACIONES ELECTRICAS Y ELECTRONICAS	
Alimentación de energía a equipos e instrumentos	10 000.00
Instrumentación: control y mando.	265 000.00
TOTAL:	888 600.00

(\$) : dólares americanos; y cambio fuente (MEF).

6.2 TASA INTERNA DE RETORNO Y PERIODO DE RECUPERACIÓN.

Debemos definir algunos conceptos y parámetros, para establecer los criterios de evaluación económica.

La Tasa de Descuento (TD), se define como la mínima rentabilidad o retorno de los diferentes proyectos, para que los proyectos sean aceptados deben tener una rentabilidad superior a la tasa de descuento. La tasa de descuento es una medida de rentabilidad referencial. La relación entre la tasa de descuento real (TDr) y la tasa de descuento corriente (TDc) esta dada por la ecuación:

$$TDr = \frac{1 + TDc}{1 + \pi} - 1$$

Donde: π = Tasa de inflación.

El Valor Presente Neto (VPN) ó Valor Actual Neto (VAN). Estableciendo una tasa de descuento de 15% para el proyecto. El VPN refleja el valor total; actualizado con la tasa de descuento; de los flujos netos de fondo (beneficios o perdidas), que el proyecto es capaz de generar. El proyecto será rentable si VPN es mayor y los mejores proyectos serán aquellos que tengan el mas alto valor VNP.

Para el cálculo del VPN se utilizó la siguiente información:

- Costo total en dólares americanos (\$) del proyecto (a 1 996)

= \$ 888 600,00

- La producción adicional anual de concentrados en Hornos Reverberos, se proyectará con los balances de masa antes y después de la implementación del proyecto.

Producción actual = 1 220 TCPD de Concentrado seco (de Cuadro 3.2.1)

Producción proyectada = 1 270 TCPD de Concentrado seco (de Cuadro 4.2.1).

Producción adicional anual de concentrado = $50 \times 2 \times 300 = 30\ 000$ TCPA.

Considerando que se utiliza prácticamente igual cantidad de combustible para conseguir la producción adicional; a 20 \$ / barril de petróleo residual. No 6.

- El costo unitario actual de fusión es: 49,00 \$ / TC. de concentrado.
- El Costo unitario por fusión de tonelada de concentrado proyectado producido, estará básicamente reducido en el porcentaje del costo de combustible ahorrado, ya que se utilizará los mismos recursos de labor y equipo existente para fundir el tonelaje adicional; luego :

Costo unitario de fusión proyectado = 48,30 \$ / TC de concentrado.

- Precio de venta de libra de cobre blister promedio proyectado: 0,80 \$ / lb.
- Vida útil proyectada de la mejora = 5 años.
- Los Ingresos por producción adicional serán; considerando 300 días promedio de producción anual con enriquecimiento de oxígeno:

Ingresos por producción adicional anual = $1\ 270 \times 2 \times 300 \times 0,70$
= \$ 533 400.

- Los ahorros por oxígeno no venteado a la atmósfera promedio anuales serían.

Considerando el mínimo de 33 STPD (de figura 3.2.3) como venteo promedio anual:

El costo aprox. de venteo anual =

$$33 \times 300 \times 12,64 \text{ \$ / Ston. O}_2 = \$ 125\ 100.$$

- El costo por consumo adicional de ladrillos refractarios sería:

Considerando el consumo unitario adicional de 2,69 Lbs./ TC de concentrado fundido y Costo unitario Ladrillo: 0,528 \$/Lb. :

El egreso adicional anual por consumo de ladrillo = $30\ 000 \times 2,69 \times 0,528 =$
 $= \$ 42\ 600$

- Estimando el costo adicional anual por mantenimiento de equipos del proyecto, en un 5 % aprox. del costo de Inversión total del Proyecto:

Costo adicional anual por mantenimiento = $\$588\ 600 \times 0,05 = \$ 29\ 400$

Con las producciones, costos de producción, ahorros y precios de venta proyectados se tiene el Flujo Neto de Fondos del proyecto por año y se obtiene el siguiente VPN a la Tasa de Descuento de 15 %. Ver Tabla 6.1 de flujos de caja (y resultados de hoja de cálculo en Excel, en Anexo D).

$$\text{VPN (15\%)} = 1.077 \text{ MM dólares, Rentable}$$

La Tasa Interna de Retorno. (TIR), se define como aquella tasa de descuento para la cual el VPN resulta igual a cero. La TIR refleja la rentabilidad total del

proyecto por unidades de ingreso, es decir equivale a la tasa de interés compuesto que se tendría que obtener del capital invertido en el proyecto, para percibir un flujo de beneficios netos financieramente equivalentes al generado por el proyecto. El proyecto será rentable si el valor TIR es mayor al TD.

De la hoja de cálculos y Tabla 6.1, la tasa interna de retorno resultante.

$$\text{TIR} = 59.6 \% > \text{TD} (15\%)$$

La Relación Beneficio Costo (B/C), es la relación Valor Presente de los Ingresos (Beneficios) y de los Egresos (Costos). Es una medida relativa de rentabilidad y representa cuanto dinero ingresa al proyecto por cada unidad monetaria de egreso. El proyecto es rentable si los ingresos son mayores que las salidas de dinero, es decir si $B/C > 1.0$ el proyecto es rentable; de la hoja de cálculos y Tabla 6.1:

$$\text{B/C Económico} = 9.146 > 1$$

El Índice del Valor Presente (IVP), el Índice de Valor Presente es la relación del VPN y el valor Actual de las Inversiones (VPIInv.) Esta también es una medida relativa de Rentabilidad al igual que la relación B/C y se representa la rentabilidad del proyecto por cada unidad monetaria de inversión. El proyecto será rentable si $IVP > 0.0$; de la hoja de cálculo y tabla 6.1 el resultado del índice del valor presente al año al año cero es:

IVP = 1.213 rentable.

Valor Presente Neto Acumulado (VPNA); el Valor Presente Neto Acumulado es el VPN de los nuevos K años de vida del Proyecto, es decir, es el VPN de los flujos comprendidos desde el año cero hasta el año K inclusive (K varia de 0 a N). El VPNA muestra el comportamiento o evolución de la rentabilidad del Proyecto con el tiempo. Ver tabla 6.1 y hoja de cálculos en Apéndice D.

El Periodo de Recuperación (P.R.), es el tiempo en que el VPNA se hace cero, en otras palabras es el periodo en el que se recupera la Inversión.

P.R. = 2 Años 4 Meses

Tabla 6.1 EVALUACION DE INVERSIONES

Año	0	1	2	3	4	5
Flujo Neto de Fondos	MMUS\$					
Económico	(0.8886)	0.5865	0.5865	0.5865	0.5865	0.5865
Financiero	-	-	-	-	-	-
Ingresos Eco.	-	0.6585	0.6585	0.6585	0.6585	0.6585
Egresos Eco.	-	0.0720	0.072	0.072	0.072	0.072
Ingresos Fin.	-	-	-	-	-	-
Egresos Fin.	-	-	-	-	-	-
Inversión Eco.	(0.8886)	-	-	-	-	-
Inversión Fin.	-	-	-	-	-	-

Tasa de Descuento : 15.0%

(1) Valor Presente Neto (Rentabilidad Absoluta)

VPN económico : 1.077MMUSS Rentable

VPN financiero : 0.0MMUSS

(2) Tasa Interna de Retorno (Rentabilidad Relativa)

TIR económico : 59.6% Rentable

TIR financiero : 0.0%

(3) Relación Beneficio Costo (B/C)

B/C Económico : 9.146

B/C Financiero :

(4) Índice del Valor Presente (IVP)

IVP Económico : 1.213

IVP Financiero :

(5) Valor Presente Neto Acumulado (VPNA) MMUS\$

VPNA Económico : (0.889) 0.510 0.443 0.386 0.335 0.292

VPNA Financiero : - - - - -

Período de Recupero Económico: 2.3 años

Período de Recupero Financiero : 0.0 años

CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

1. La capacidad de fusión del horno Reverbero nominal se establece en 1 125 TCPD; antes del suministro de oxígeno la producción promedio de la planta era de 1 220 TCPD. La producción proyectada con el sistema de suministro de oxígeno fue de 87,0 TCPD de concentrado adicionales por Horno; *alimentando 50 toneladas de oxígeno / día por horno.*
2. El calor total liberado del balance de energía como consecuencia del enriquecimiento del aire de combustión, a condiciones normales es de 9 457 MMBTU y utilizando oxígeno se liberan 9 936 MMBTU.
3. La temperatura de los gases en la zona de proceso a condiciones normales es de 2 450 °F. y utilizando aire enriquecido es de 2 550 °F. .Este incremento de temperatura mejora la fusionabilidad del concentrado de cobre. .
4. Las infiltraciones de aire en la zona de proceso, sin suministro de oxígeno eran aproximadamente 12 % del aire de proceso de combustión; con suministro de oxígeno se incrementó a 25 % aproximadamente. Lo anterior indica que, debido a que la llama de combustión se acortó por reducción del volumen de gases inertes; como el Nitrógeno; se permitió un mayor tiro de salida de gases del horno, permitiendo mayor infiltración de aire.

5. De las tablas de producción diaria se observó que la producción promedio para los primeros meses; luego de entrar en operación el sistema de enriquecimiento de oxígeno en Junio de 1996; fue de 1 270 TCPD de concentrado. El incremento de la producción fue de 50 TCPD en promedio. El incremento de producción proyectada fue de 11 %.; y la producida en condiciones reales fue de 4 % aproximadamente. Esto básicamente debido a que las condiciones ideales varían, por las infiltraciones de aire no controladas; el uso del mismo tipo de quemador con menor volumen de aire de combustión, produciéndose una llama más corta y reduciendo la eficiencia de distribución de calor en el hogar del Horno.
6. Como se podrá observar de los valores mostrados en el Capítulo VI, los costos de fusión unitarios se redujeron de \$ 49,00 / TC. de concentrado a \$ 48,30 / TC de concentrado en promedio.
7. Del análisis económico se concluye que el proyecto es altamente rentable, por que se tiene un VPN de \$ 1 077 Millones de dólares y un $TIR = 59,6 \%$ para un periodo de recuperación de 2 años y 4 meses.
8. Los equipos de combustión del horno de acuerdo a sus capacidades de diseño, no tienen dificultad operativa al incrementarse la capacidad nominal de la planta en 50 TCPD promedio.
9. Se recomienda continuar con la evaluación de la combustión con enriquecimiento de oxígeno, para reducir las deficiencias principalmente por los efectos de reducción de alcance de la llama, para lograr una mejor distribución de temperatura de gases de combustión en el hogar del horno y

una reducción de los gases de infiltración, y así lograr una mejor eficiencia de fusionabilidad de los Hornos Reverberos.

10. Se recomienda continuar con la capacitación del personal para la operación correcta del sistema, poniendo especial cuidado en los parámetros de operación, alarmas y sistema de seguridad.

BIBLIOGRAFÍA

AUTOR	TITULO	EDITORIAL	AÑO	ISBM
John H. Perry	Manual del Ingeniero Químico	UTEHA	1982	
SPCC	Manual de operación de plantas de Oxígeno	SPCC	1995	
Shames	La Mecánica de los fluidos	Mc Graw Hill	1977	
Joseph Shigley	Diseño en Ingeniería	Mc. Graw Hill	1986	968-451-607-X
Fisher Controls	Electro Neumatic Transducers	Instruction Manual	1996	
Rokwell Software	Manual de Productos		1996	
Oerlikon	Manual de Soldadura	SETEXSA	1996	
Garlok	Fluid Sealing Products	Garlok	1996	
V.V Grandrich and Yu P. Pridhodko	The effects on operational efficiency of the introduction of an oxygen enriched air blast of the Reverberatory furnace.	East European Metal Review	1969	
N/A	G.4.4. Industrial Practices for Gaseous oxygen Transmission and Distribution piping systems	Compressed gas association Inc.	1988	

SIMBOLOS Y NOMENCLATURA

lb.	Libra en peso
TC ó STon	Tonelada corta, 2000 libras
TCPD ó STPD	Toneladas cortas por día
TCPH ó STPH	Toneladas cortas por hora
TCPA ó STPA	Tonelada corta por año
TM	Toneladas métricas
atm	Atmósferas
db	Decibeles
RPM	Revoluciones por minuto
Kw.	Kilo Watt
HP	Caballo de fuerza
Bar man	Bar Manométrico
Nm ³	Metros cúbicos normales
M ³ /s	Metros cúbicos por segundo
pl(ft)	Pie lineal
pies/seg	Pies por Segundo
pie ³ /seg.	Pie ³ por segundo
seg.	Segundos
m	Metros
mm	Milímetros
BTU	Unidad de caloría necesaria para elevar en 1 °F a 1 libra de agua
Cal	Unidad de caloría necesaria para elevar en 1°C a 1 gramo de agua
MMBTU	Miles de millón de BTU
°C / °K	Grados Centígrados y grados Kelvin
PSIG	Libras / pulgada cuadrada, manométrica
~ H ₂ O	Pulgadas de agua manométricas
Lbs/ hr	Libras por hora
Cp	Centipoise
D	Diámetro
°F	Grados Farenheight
NCFM	pie cúbico Normal por minuto
SCFM	pie cúbico Estandar por minuto
Gal.	Galón americano, 3.785 litros
GPM	Galón por minuto
MMUS\$	Millones de dólares

LEYENDA TIPICA PARA DIAGRAMAS DE LAZOS DE CONTROL






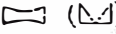















AE	Elemento de Análisis
AI	Indicador de Análisis
AIC	Controlador de la Señal de Análisis
AIT	Transmisor de la Señal de Análisis
AS	Accionador de Velocidad Regulable
AV	Válvula de Análisis
AY	Computadora de Análisis
FCV	Válvula de Control de Flujo
FE	Medidor de Flujo (Elemento de Medida)
FFIC	Controlador de la Señal de Relación de Flujo
FIT	Transmisor de la Señal de Flujo
FQI	Totalizador de la Señal de Flujo
FQIT	Transmisor del Totalizador de la Señal de Flujo
FV	Válvula de Flujo
FY	Transductor ó Computador de Flujo (ver también I/P)
HIC	Controlador de la Señal de Manual
HC	Contacto Manual
HS	Interruptor Manual
HV	Válvula Manual
I	Enclavamiento
II	Indicador de Amperaje
IIT	Transmisor de la Señal de Amperaje
IAH	Alarma por Alto Amperaje
I/O	Entrada/Salida
I/P	Convertidor de Señal Corriente/Neumática
JAH	Alarma por Alto Consumo de Energía
JI	Señal de Energía
JIT	Transmisor de la Señal de Energía
JQI	Indicador de la Totalización de Energía
JT	Transmisor de Energía
LAH	Alarma por Alto Nivel
LAL	Alarma por Bajo Nivel
LCV	Válvula de Control de Nivel
LE	Sensor de Nivel (Elemento de Medida)
LIC	Controlador de la Señal de Nivel
LIT	Transmisor de la Señal de Nivel
LCH	Contactador de Alto Nivel
LCL	Contactador de Bajo Nivel
LT	Transmisor de Nivel
LY	Transductor de Nivel
M	Motor
N	Luz de Operación ó Display
PCV	Válvula de Control de Presión
PDI	Indicador del Diferencial de Presión
PDIT	Transmisor de la Señal del Diferencial de Presión
PI	Indicador de Presión
PIC	Controlador de la Señal de Presión
PT	Transmisor de Presión
PY	Computador de Presión

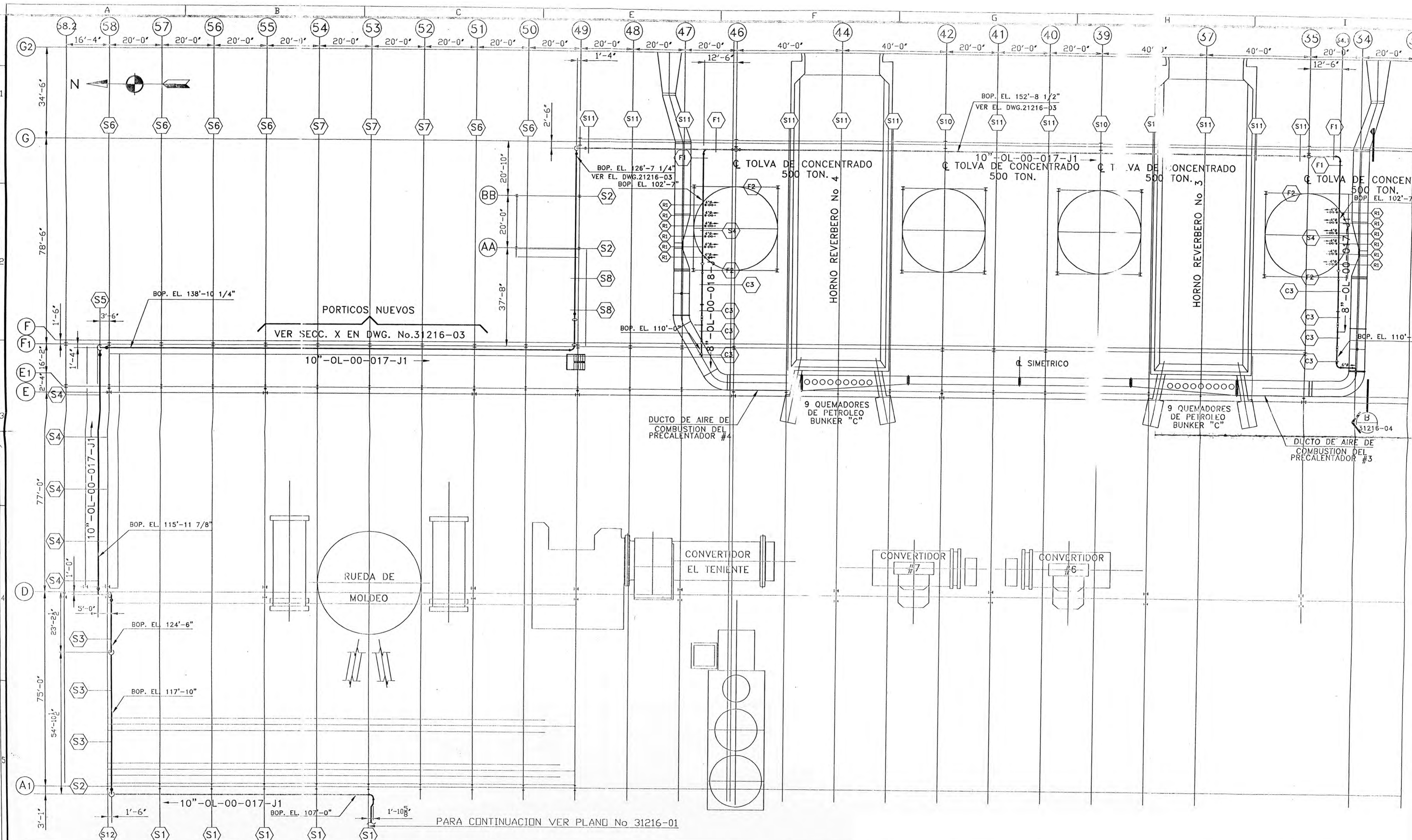
LEYENDA TIPICA PARA DIAGRAMAS DE LAZOS DE CONTROL

RIC	Controlador de la Señal de Relación ó Ratio (ver también FFIC)
SE	Sensor de Velocidad
SI	Indicador de Velocidad
SIC	Controlador de la Señal de Velocidad
SSL	Sensor de Velocidad Límite
ST	Transmisor de Velocidad
TCV	Válvula de Control de Temperatura
TE	Sensor de Temperatura (Elemento de Medición)
TI	Indicador de Temperatura
TIC	Controlador de la Señal de Temperatura
UA	Alarma Multifuncional
UY	Computador Multivariable
WE	Sensor de Peso (Elemento de Medida)
WFY	Calculador de la Relación de Peso
WIC	Controlador de la Señal de Peso
WQI	Indicador de la Totalización de Peso
WT	Transmisor de la Señal de Peso
WY	Transductor ó Computador de la Señal de Peso
ZS	Interruptor de Posición

LEYENDA TIPICA PARA DIAGRAMAS DE LAZOS DE CONTROL

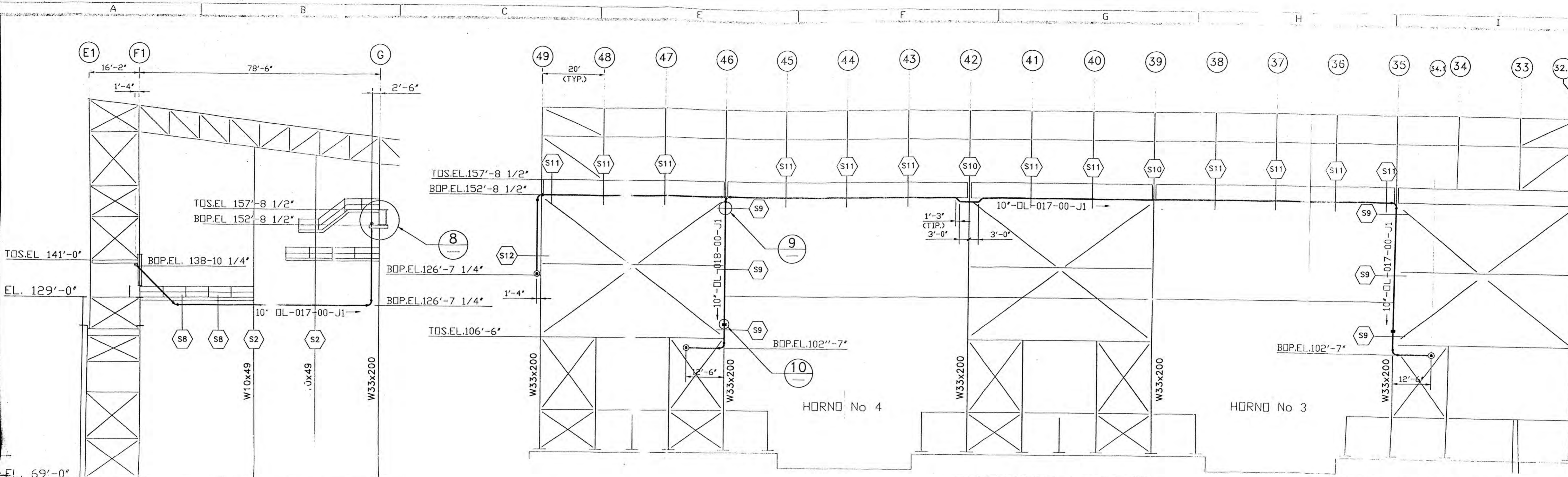
LEYENDA PARA LOS DIBUJOS DE LAZOS DE CONTROL

CODIGO	INTERPRETACION	CODIGO	INTERPRETACION
	Instrumento - Instalado Localmente	—	Proceso
	Instrumento Instalado En El Panel Local	---	Coneccion Electrica
	Instrumento En El DCS - No Accesible Al Operador	-#-#-	Coneccion Neumatica
	Instrumento En El DCS Mostrado En Pantalla En La Sala De Control	IA-#-#>	Aire De Instrumentos
	Instrumento En La Estacion Local De Trabajo		Valvula Pinch
	Identificación Funcional Del Instrumento Numero Del Instrumento O Lazo		Valvula De Bola
	Motor Eléctrico		Valvula Mariposa
	Motor Hidráulico		Valvula Compuerta
	Motor De Aire		Valvula Compuerta De Cuchilla
	Transductor Corriente/Neumatico		Valvula Globo
	Transmision De Velocidad Variable		Valvula Check
			Actuador De Valvula Motorizada
			Actuador De Valvula Neumática
			Actuador De Válvula Solenoide
		-.-.-.-.-	Enlace Por Software



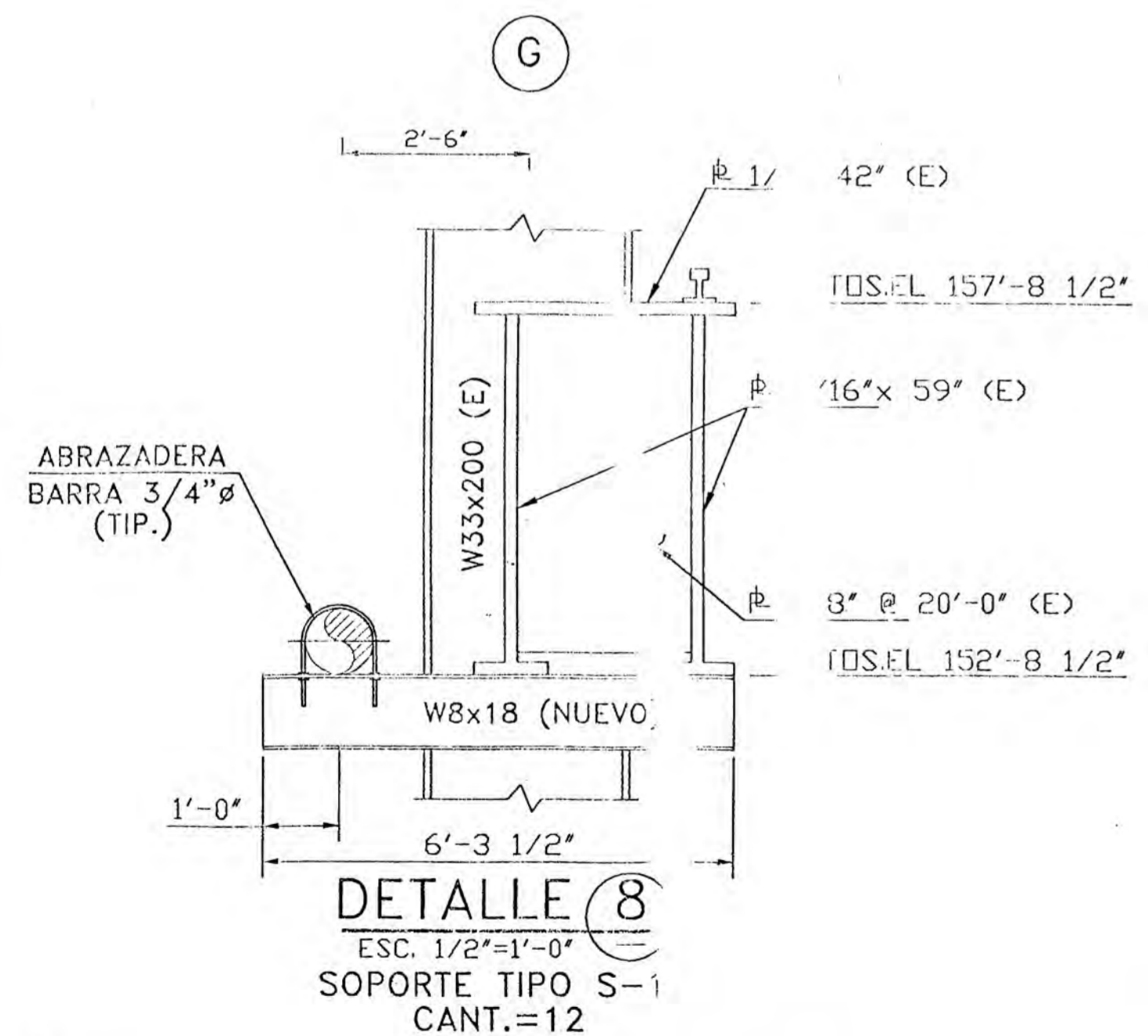
No.		REVISIONES		DIBUJADO POR	REVISADO POR (INGENIERO)	APROBADO POR	FECHA	DIBUJO No.	DIBUJOS DE REFERENCIA	ADVERTENCIA	PROCEDIMIENTO DE APROBACION			SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION INGENIERIA DE PLANTA-ILO		FUNDICION AREA ILO HORNO REVERBERO #3 & #4 NUEVA MEZCLA (EXCESO DE AIRE-PETROLEO) ARREGLO GENERAL-PLANTA PRINCIPAL		ESC. 1/16"=1'-0"	
										SI ESTA BARRA NO MEDE 1" ENTONCES EL DIBUJO NO ESTA A ESCALA	RESPONSABLE	POR	FIRMA	FECHA	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PLANTA		APROBADO PARA CONSTRUCCION		ESC. 1/16"=1'-0"
											DIBUJO	L. DONAYRE M.		03/02/96	FIRMA		FIRMA		JOB No.
											DISEÑO	V. YAREZ D.		03/02/96	FECHA		FECHA		SOFTWARE-VERSION
											CHEQUEADOR				APROBADO PARA CONSTRUCCION		FECHA		DIBUJO No. 31216-02
											APROBACION	V. YAREZ D.		03/03/96	FIRMA		FECHA		

PLANO NO ES VALIDO A MENOS QUE LA ULTIMA REVISION ESTE FIRMADA A MANO

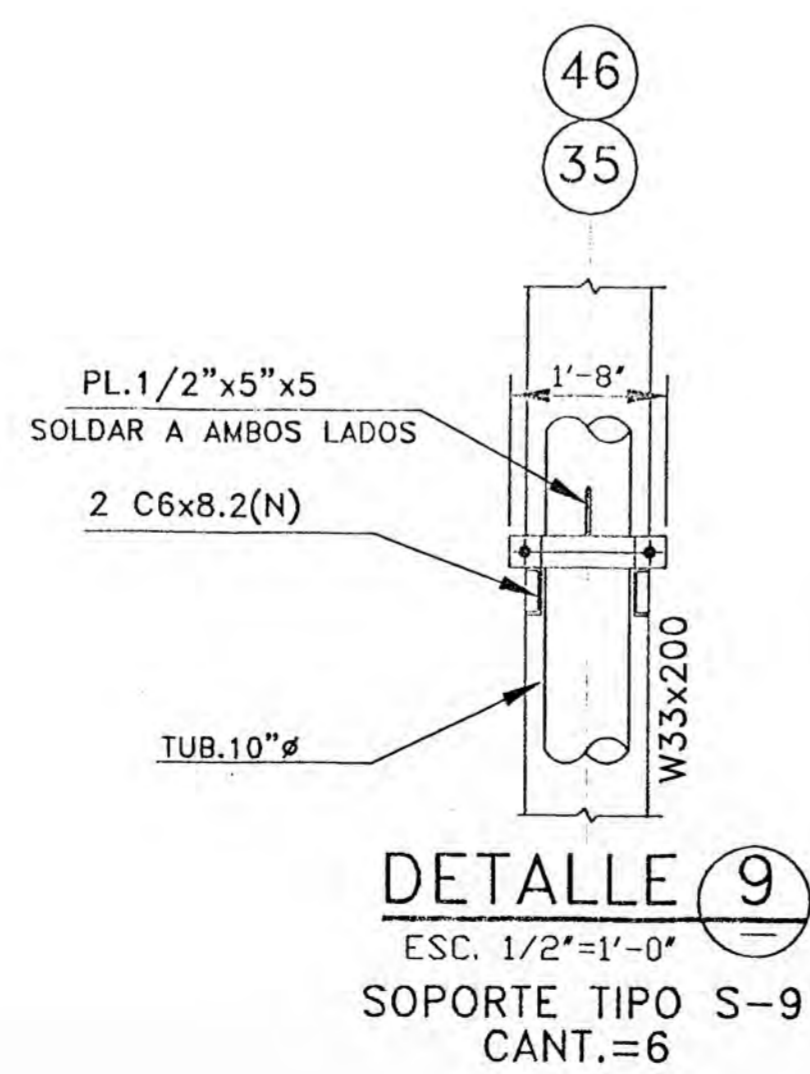


ELEVACION LINEA 49
ESC. 1/16"=1'-0"

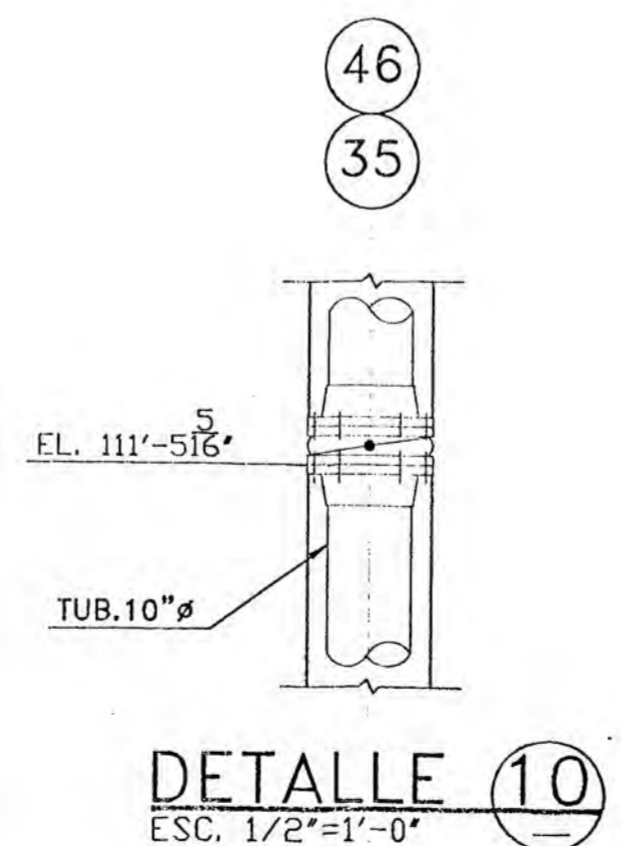
ELEVACION LINEA G
ESC. 1/16"=1'-0"



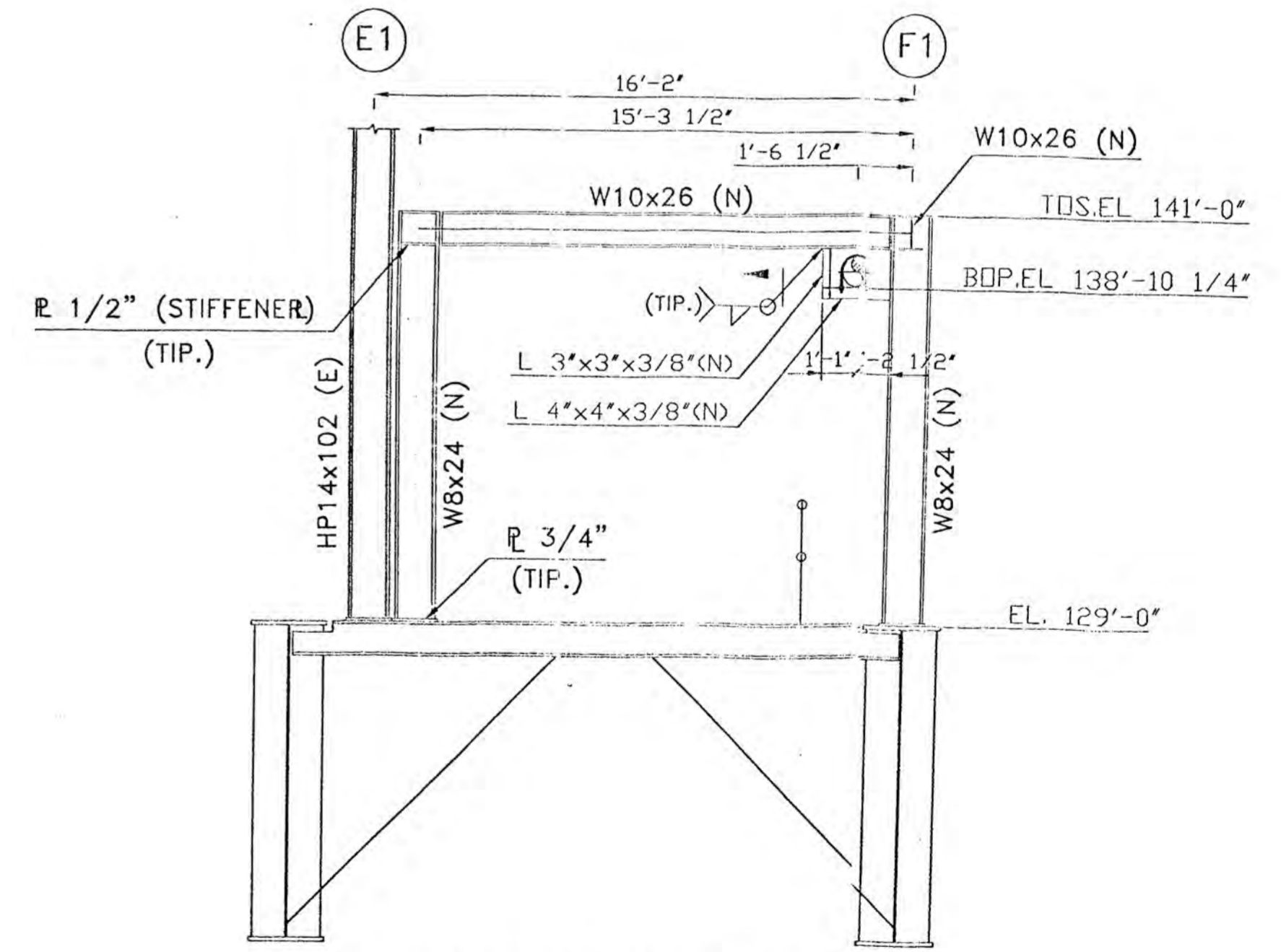
DETALLE 8
ESC. 1/2"=1'-0"
SOPORTE TIPO S-1
CANT.=12



DETALLE 9
ESC. 1/2"=1'-0"
SOPORTE TIPO S-9
CANT.=6



DETALLE 10
ESC. 1/2"=1'-0"



SECCION X
ESC. 1/4"=1'-0"
SOPORTE TIPO S-7
CANT.=3

REF. PLANOS DE PLANTA: 31216-01
31216-02

No.	REVISIONES

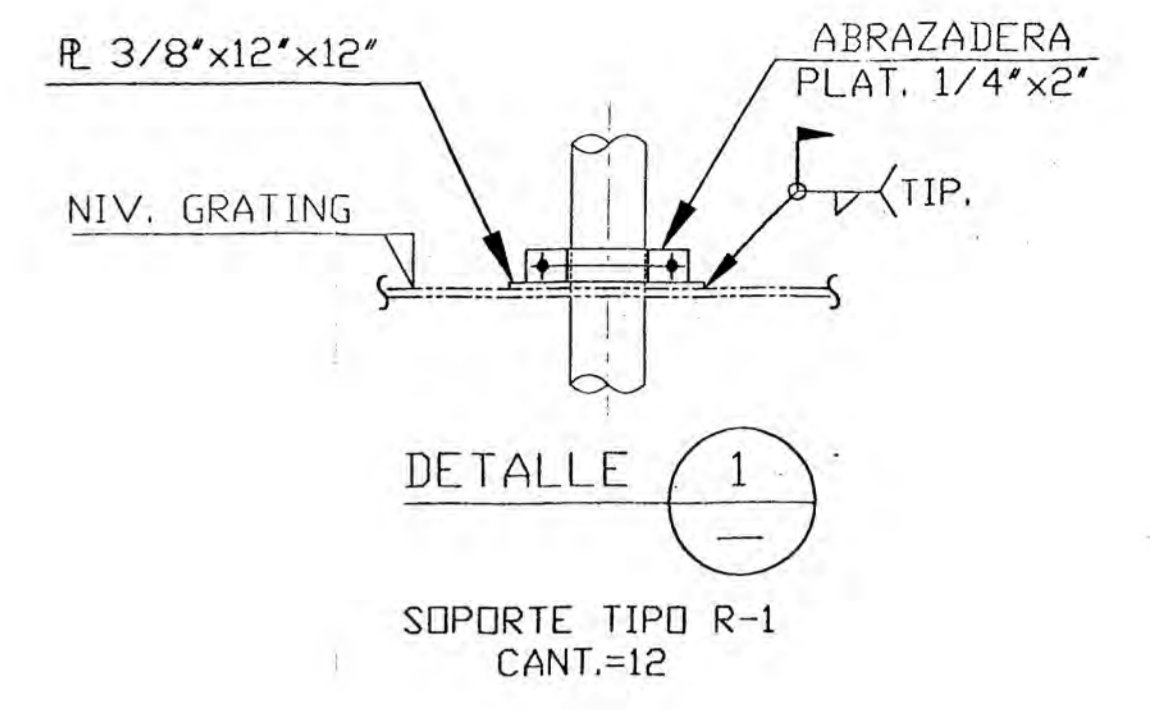
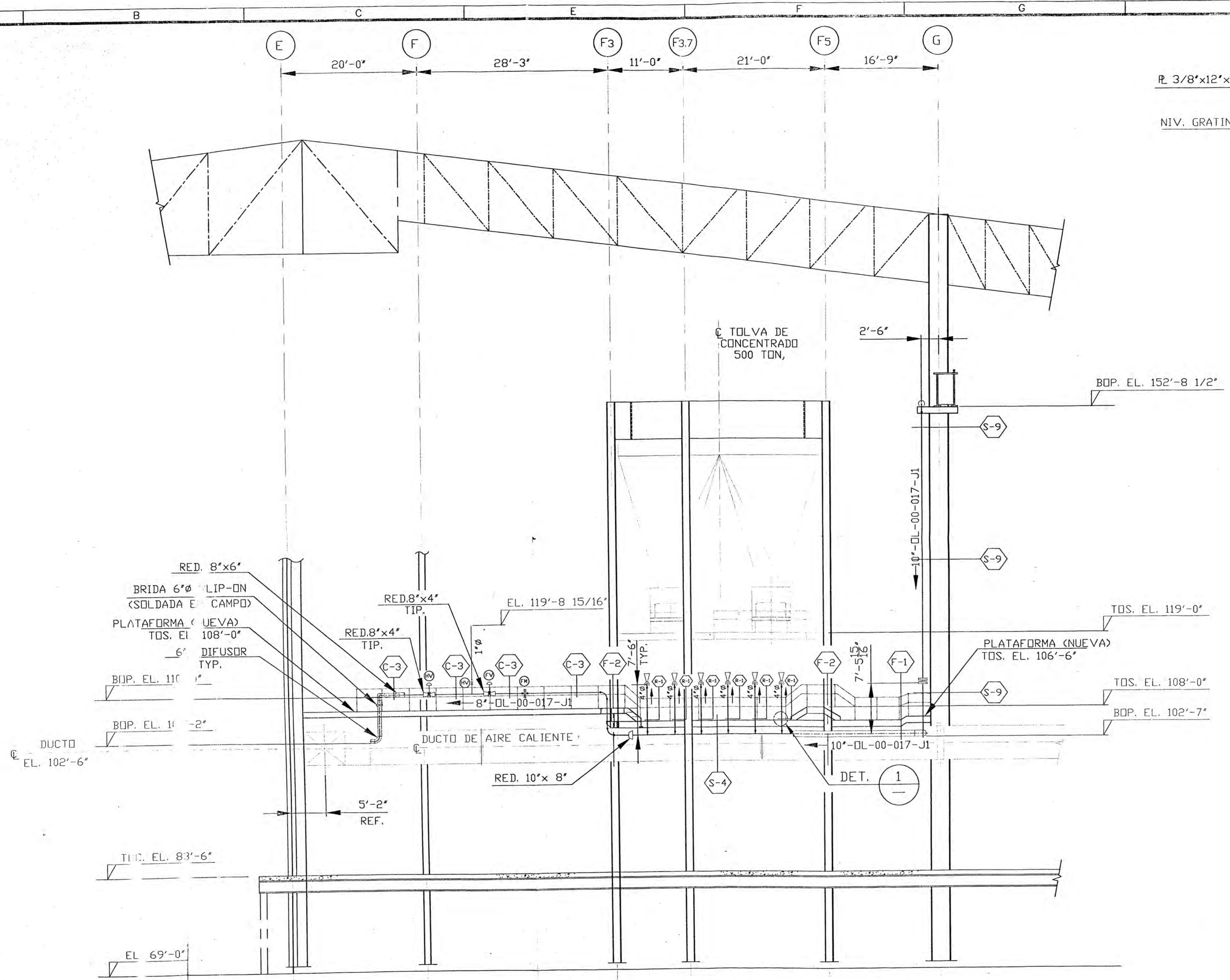
DIBUJADO POR	REVISADO POR/INGENIERO	APROBADO POR	FECHA	DIBUJO No.	DIBUJOS DE REFERENCIA

PROCEDIMIENTO DE APROBACION			
RESPONSABLE	POR	FIRMA	FECHA
DISEÑO	L. DONAYRE M.		03/02/96
DISEÑO	V. YAREZ D.		03/02/96
CHEQUEADOR			
APROBACION	V. YAREZ D.		03/03/96

SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION		
INGENIERIA DE PLANTA-ILD		
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PLANTA		
APROBADO PARA CONSTRUCCION	FIRMA	FECHA

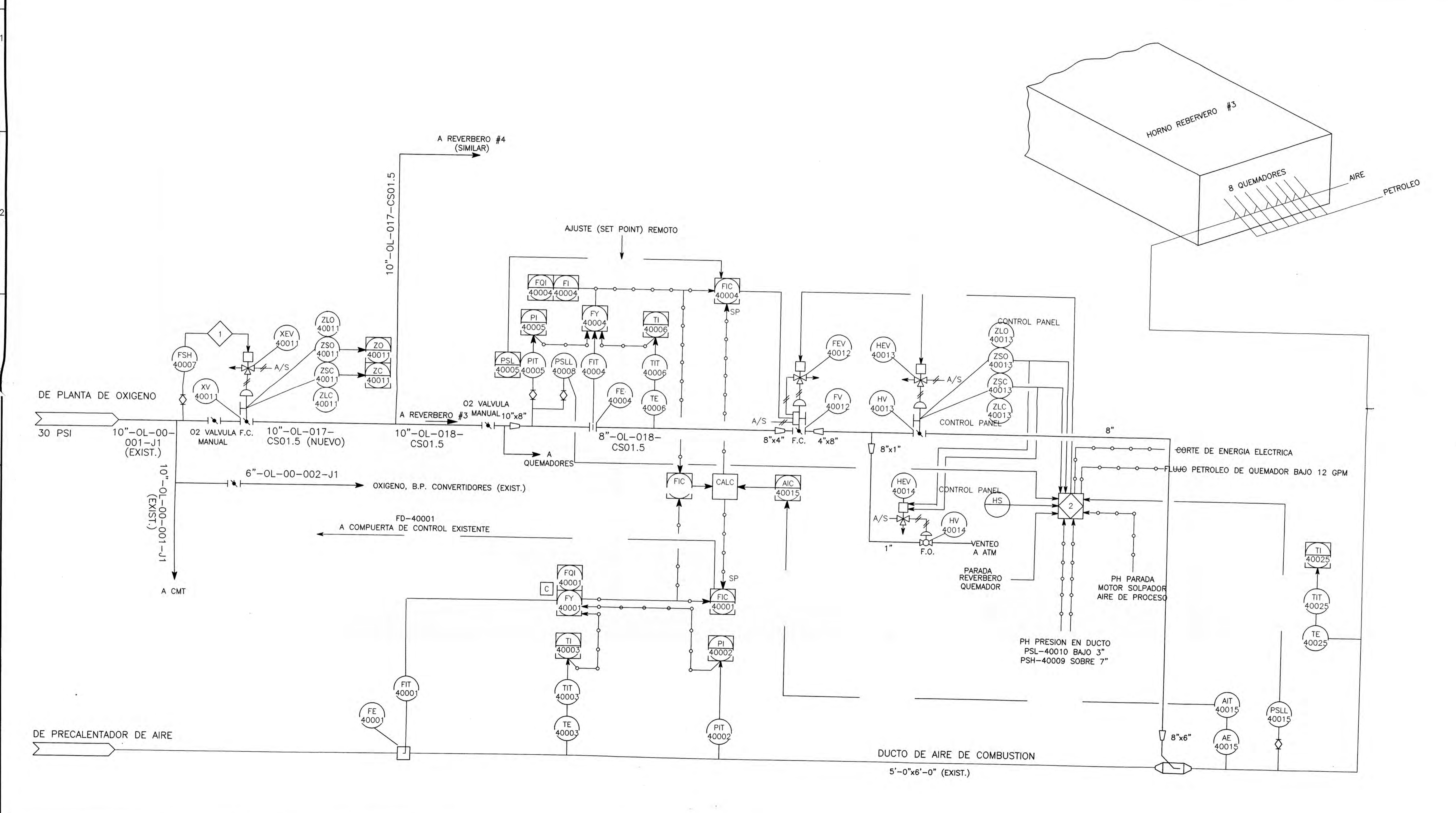
FUNDICION AREA ILO
HORNO REVERBRO #3 & #4
NUEVA MEZCLA (EXCES DE AIRE-PETROLEO)
ELEVACIONES - DETALLES

ESC:	1/16"=1'-0"
JOB No:	
SOFTWARE-VERSION:	
DIBUJO No.:	31216-03



SECCION B
31216-02

REVISIONES		DIBUJADO POR	REVISADO POR (INGENIERO)	APROBADO POR	FECHA	DIBUJO No.	DIBUJOS DE REFERENCIA	ADVERTENCIA	PROCEDIMIENTO DE APROBACION				SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION			FUNDICION AREA ILO		ESC.: 1/8"=1'-0"
No.	FECHA							SI ESTA BARRA NO MIDE 1" ENTONCES EL DIBUJO NO ESTA A ESCALA	RESPONSABLE	POR	FIRMA	FECHA	INGENIERIA DE PLANTA-ILO			HORNO REVERBERO #3 & #4		JOB No.:
									DIBUJO	L. DONAYRE M.		03/02/98	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PLANTA			NUEVA MEZCLA (EXCESO DE AIRE-PETROLEO)		SOFTWARE-VERSION :
									DISEÑO	W. YAÑEZ D.		03/02/98	APROBADO PARA CONSTRUCCION			EJE 34.1 SECCION		DIBUJO No. :
									CHEQUEADOR				FIRMA					31216-04
									APROBACION	W. YAÑEZ D.		03/03/98	H. WALQUI					



No.	REVISIONES	DIBUJADO POR	REVISADO POR(INGENIERO)	APROBADO POR	FECHA	DIBUJO No.	DIBUJOS DE REFERENCIA

ADVERTENCIA 0 1/2 1 SI ESTA BARRA NO MIDE 1" ENTONCES EL DIBUJO NO ESTA A ESCALA		PROCEDIMIENTO DE APROBACION RESPONSABLE POR FIRMA FECHA DIBUJO L. DONAYRE M. 03/02/98 DISEÑO W. YAREZ D. 03/02/98 CHEQUEADOR APROBACION W. YAREZ D. 03/03/98		SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION INGENIERIA DE PLANTA-IL0 DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE PLANTA APROBADO PARA CONSTRUCCION FIRMA FECHA H. WALQUI	
---	--	--	--	--	--

ESC.: S/E JOB No.: SOFTWARE-VERSION: DIBUJO No.:		31219-01
---	--	----------

ESTE PLANO NO ES VALIDO A MENOS QUE LA ULTIMA REVISION ESTE FIRMADA A MANO

ANEXO A –Parte 1

CRITERIOS DE DISEÑO Y SELECCIÓN DE MATERIALES PARA SERVICIO EN OXIGENO GASEOSO

CRITERIOS DE DISEÑO Y SELECCIÓN DE MATERIALES PARA SERVICIO EN OXIGENO GASEOSO

1. PROPOSITO

1.1 El propósito de estos criterios y especificaciones de ingeniería, es para definir los requerimientos y establecer estándares: que son particulares y especiales; para el diseño de sistemas de tuberías para conducir oxígeno gaseoso a temperatura ambiente, presuponiendo que las reglas para el diseño de sistemas de tuberías. las pérdidas de presión en líneas y accesorios son de propósito general: y válvulas, accesorios especiales, silenciadores, etc.: estarán correctamente establecidas y documentadas.

1.2 Las diferencias principales entre los requisitos de diseño para una sistema de oxígeno y para un sistema de tuberías de propósito general están en los materiales de construcción en las zonas de alta velocidad y choque, y la conservación de la limpieza.

2. ALCANCES

2.1 Estos estándares de ingeniería son aplicables específicamente a sistemas en medio ambiente y no criogénicos manejando oxígeno seco con una concentración mayor de 40% y en presiones de hasta 1000 psi. Estos valores están basados en la experiencia con algunos fabricantes de plantas, y las normas y documentos específicos dados en referencia en el numeral 3. Para concentraciones entre 23% y 40% el sistema será diseñando como un sistema para gas limpio con plena conformidad para la limpieza de oxígeno y compatibilidad con materiales no metálicos.

2.2 Este estándar de ingeniería es aplicable a todos los equipos y sistemas de tuberías y accesorios de oxígeno gaseoso a temperatura ambiente, que formen parte del

suministro del cual son de responsabilidad de los fabricantes; y además, es aplicable también a los sistemas diseñados por otros pero especificados por estos estándares.

2.3 Si una decisión sobre la interpretación o la aplicabilidad de estos estándares de ingeniería es requerida, entonces será referida a la apropiada norma internacional para su resolución.

2.4 Este estándar será también utilizado en el diseño y especificación de todo equipo y accesorio asociado con los sistemas de tuberías de oxígeno; por ejemplo, silenciadores de venteo, curvas anguladas con aletas dirigiendo el flujo, etc.

3. DOCUMENTOS ESPECIFICOS RELACIONADOS

3.1. Flammability of metals measured by the pressurized oxygen index-Second report (1985-1988) by B.L. Werley.

3.2. Flammability of metals measured by the pressurized oxygen index-Second report (1985-1988) by J.S. Zabrenski, M.A. Benning and N.B. Le, December 1985.

3.3. American National Standards Institute (ANSI)
FCI 70-2 –Quality control standard for control valve seat leakage

3.4. Compressed Gas Association Inc.(CGA).
G-4.4 –Industrial Practices for gaseous oxygen transmission and distribution piping systems.

4. ANTECEDENTES

4.1 Han habido varios casos donde ha ocurrido ignición en sistemas de acero al carbón ó acero inoxidable operando en ó cerca de la velocidad sónica. La fricción y el choque de partículas a alta velocidad, son considerados como el origen de la ignición.

4.2 No se conocen casos de ignición que haya ocurrido en tuberías de acero al carbón, ni acero inoxidable, siempre y cuando estén libres de contaminación por hidrocarburos y en aquellas en que las velocidades experimentadas son las que resultan de tuberías dimensionadas para dar pérdidas de la presión del sistema normales y económicas. Han habido casos de ignición que han resultado por motivos exteriores, como rayos ó cortos circuitos eléctricos.

4.3 No se conocen casos de ignición en sistemas de aleación de cobre ni de níquel, que no hayan sido asociados con influencias externas, ó por la combustión producida por el metal mismo.

4.4 Hay una gran probabilidad de ignición en lugares donde existen altas velocidades. Una velocidad alta a intervalos infrecuentes también puede ser peligrosa porque el repentino incremento de velocidad puede arrastrar partículas que se acumularon en lugares donde la velocidad normalmente es baja.

4.5 En los últimos años, la compatibilidad de los metales con oxígeno ha estado relacionada cada vez más, no solamente con su capacidad de resistir la ignición, sino con su capacidad de resistir la propagación, si hay ignición. La compatibilidad del oxígeno esta relacionada predominantemente con la presión, temperatura y concentración de oxígeno. La capacidad de resistir la propagación esta determinada experimentalmente y es conocida como limite de flammabilidad, comúnmente denominado índice de oxígeno presurizado ó umbral de limite de presión. La capacidad de resistir la ignición es frecuentemente evaluada por una medición de la temperatura de autoignición, pero las temperaturas de autoignición pueden ser engañosas porque una pequeña cantidad de materia extraña chocando sobre una delgada sección puede causar la llegada a la temperatura de autoignición muy rápidamente en una pequeña y localizada área. En comparación, un metal que resiste la propagación, no producirá un fuego significativo. Los materiales que se funden a temperaturas mas bajas de su temperatura de autoignición pueden ser importantes para algunas aplicaciones, tal como los puntos de fricción en un turbo-compresor. Esta propiedad es menos significativa en las aplicaciones cubiertas por estas especificaciones.

4.6 La presión, pureza, temperatura y forma física tienen una importante influencia en la compatibilidad del oxígeno con los metales. Por lo general, la tendencia es que a mayor presión, más alta concentración, mayor temperatura y formas más delgadas, es menor la compatibilidad de un material dado.

4.7 La Compatibilidad y Aplicación de Metales

4.7.1 Aleaciones de Cobre y Níquel

4.7.1.1 Una cantidad de aleaciones de cobre y níquel, tales como el cobre, Monel, bronce al Estaño e Inconel, muestran características de compatibilidad con el oxígeno

excepcionalmente buenas. Su uso está permitido con todas las velocidades y presiones hasta 1000 psig.

4.7.1.2 El bronce de aluminio, el cuál generalmente contiene 5 al 3% de aluminio, esta clasificado como una aleación de aluminio. El contenido máximo permitido de aluminio para clasificar una aleación como una aleación de cobre es 2.5%.

4.7.2 Acero inoxidable

4.7.2.1 Pruebas recientes de fabricantes sobre material austenítico (Serie 300) y Martensítico (Serie 400) demostraron que estos aceros inoxidables no propagan la combustión a presiones moderadas de oxígeno: aún estando sujetos a un iniciador potente, siempre y cuando el espesor del material en contacto con el oxígeno sea igual ó mayor que ¼". En cuanto a esto, estos aceros se comportan más como aleaciones de cobre y níquel que como aceros al carbón. Como resultado de estas pruebas, el acero inoxidable puede a menudo ser usado en presiones y velocidades donde antes solamente se permitían aleaciones de cobre y níquel. Las Figuras A.1.1 y A.1.2 muestran la región dónde se permite el uso de acero inoxidable.

4.7.3 Acero al Carbón

4.7.3.1 El acero al carbón arderá en oxígeno a baja presión siempre y cuando haya suficiente energía disponible para iniciar la combustión. Las presiones y velocidades donde no se permiten el uso de acero al carbón están dadas en las Figuras A.1.1 y A.1.2. Esto según los lineamientos dados en CGA G-4.4.

4.7.3.2 Desde el punto de vista de la compatibilidad de oxígeno, el hierro fundido y el acero inoxidable de menos de ¼" de espesor, será tratado como acero al carbón.

4.7.4 Aleaciones de Aluminio

4.7.4.1 El Aluminio y las aleaciones de aluminio arderían en oxígeno de muy baja presión si el oxígeno tiene una alta concentración. Arderán muy rápidamente con una gran liberación de energía. El modo de ignición en incidentes reales ha sido difícil de determinar. El uso de aluminio para componentes internos o externos a una "caja fría", estarán sujetos a las limitaciones definidas por el diseñador, y en los criterios de velocidad utilizados para acero al carbón.

4.7.5 Bronce de Aluminio

4.7.5.1 Pruebas recientes han demostrado que, si se enciende, el bronce de aluminio (60 Cu/30 Sn/5-13 Al) arderá a presiones moderadas de oxígeno con una gran liberación de energía. El Bronce de aluminio ha demostrado una mejor “calidad” con respecto a la ignición inducida por impacto de partículas. El Bronce de aluminio ha sido usado en numerosas aplicaciones para oxígeno con buen éxito en el pasado. Aun cuando haya mejoras de las instalaciones existentes antes de la publicación de estas normas, el uso futuro de bronce de aluminio estará sujeto a las mismas condiciones que el aluminio. Esto significa que es de poco uso en servicios de oxígeno a condiciones ambientales.

5. CRITERIOS DE DISEÑO

5.1 General

El termino velocidad significa la velocidad promedio en la tubería a las condiciones operativas de diseño:

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Caudal de flujo a Presión y Temperatura Actuales.}}{(\text{área de la sección transversal})}$$

5.1.2 Sin embargo, en una tubería donde pueden ocurrir flujos excepcionalmente grandes; por ejemplo, cuando las válvulas de venteo a la atmósfera abren, los materiales deben ser seleccionados basándose en las velocidades que ocurrirán en el momento de flujo máximo.

5.1.3 Estos estándares reconocen dos condiciones: una cuando el flujo es en suave y sin obstáculos, como en la Figura A.1.1 y el otro cuando ocurre con obstáculos y choque como en la Figura A.1.2

5.2 Limites de Velocidad – Flujo suave sin obstáculos

5.2.1 Es responsabilidad del ingeniero de diseño verificar que las materiales seleccionadas estén conforme a la Figura. A.1.1

5.2.2 Las tuberías de proceso son normalmente dimensionadas sobre la base de pérdidas económicas de presión, y las velocidades que resultan generalmente, permiten el uso de acero al carbón.

5.2.3 Las velocidades mas altas pueden ocurrir en los dispositivos de reducción de presión ó cambios en el área de flujo de la tubería. En la gran mayoría de los casos, esto también involucra situaciones de choque. (Véase la sección 5.3 para las reglas de velocidad/material) Sin embargo hay casos donde no ocurre choque, como en las secciones de reducción cónicas y corriente arriba de las válvulas de venteo. En estos casos, la selección del material será según la fig. A.1.1

5.3 Limites de Velocidad - lugares con flujo de choque

5.3.1 Los lugares donde ocurren los choques, serán considerados como de peligro adicional, porque las experiencias pasadas sugieren que el impacto de las partículas han sido la causa de la ignición.

5.3.2 En casos cuando ocurren choques, el material será seleccionado según Fig. A.1.2 y la presión corriente arriba.

5.3.3 Los lugares más comunes de choque, son donde la corriente de flujo cambia abruptamente dirección, ó donde la presencia de turbulencia resulta en el impacto de partículas con las paredes del sistema. Ejemplos comunes son:

- Lado de entrada en Tees.
- Lado de alimentación de líneas de derivación.
- Placas - Orificios para medición de flujos.
- Ingresos de termómetros.
- Filtros, y trampas.
- Tapas y hazes de los tubos de intercambiadores.
- Aletas de enfriamiento y generadores de turbulencia interiores.
- Difusores de múltiples agujeros y alrededor de su cuerpo.
- Codos de radio corto, (radios de curvatura $<1.5d$)
- Codos soldados a solape, (radios de curvatura $<1.5d$)

5.3.4 Los reductores y los codos de acero de radio largo ($R \geq 1.5d$) están diseñados con una curvatura amplia y no son considerados un lugar de choque.

5.3.5 Las velocidades altas y choque, siempre ocurren por las válvulas reductoras y/o reguladoras de presión de todo tipo, las válvulas de venteo y las válvulas de alivio. En la gran mayoría de los casos, la relación de presión a través de la válvula es mayor de 2; como consecuencia la velocidad a través de la válvula será sónica. (La velocidad de

sonido es 1200 pies/seg. a 200 grados F. y 1090 pies/seg. a 100 grados F.). Véase la sección 6.3.

5.3.6 El flujo corriente abajo de una válvula reguladora de presión es a alta velocidad, y en chorro turbulento, y esto será considerado como un lugar de alto riesgo. Al menos 10 diámetros de la tubería inmediatamente aguas abajo de la válvula de control de presión y/o flujo, la selección del material será ¼" de espesor de acero inoxidable como mínimo, ó un material más compatible requerido por la Figura A.1.2 y la presión de la línea aguas abajo. Más allá de los límites corriente abajo, el flujo se considerará suave.

5.3.7 Si la caída de presión ocurre a través de un difusor de agujeros múltiples, entonces el flujo saliente de la zona del difusor puede ser considerado como suave, sin chorros turbulentos de alta velocidad.

5.3.8 El flujo corriente abajo de un medidor de flujo de placa y orificio se considerará suave y sin chorro turbulento porque la relación de presión a través de la placa de orificio es baja.

5.3.9 La sección 9 da ejemplos de los lugares de alta velocidad que por lo general se encuentra, junto con su geometría y selección de material.

5.4 Placas de choque.

5.4.1 El uso de placas de choque no es aconsejable. Estas requieren especificaciones y diseño detallado individualmente, y es difícil asegurar que han sido bien preparados.

5.5 Tubería corriente abajo de válvulas de Venteo

5.5.1 Se requieren materiales resistentes a la corrosión porque la tubería está abierta a la atmósfera, y permite la condensación por las fluctuaciones diarias de temperatura. Las tuberías de acero inoxidable de cualquier espesor de pared igual o mayor al cédula 5S muestra un gran ahorro financiero y puede ser usadas en las aplicaciones antes mencionadas por las siguientes razones:

- La presión del oxígeno es muy baja
- No hay maquinarias costosas corriente abajo en peligro
- Los requerimientos de la dispersión de vapor y reducción de ruido significan que las tuberías corriente abajo estén lejos del personal. En el caso de venteos de purga para compresoras, y válvulas de alivio de compresor, estos están dentro de los límites.

5.5.2 En la aplicación antes mencionada, las reglas establecidas antes sobre el mínimo espesor de las paredes en estos criterios para la selección de material no se aplican, y se puede ignorar el uso de las Fig. A.1.1 y Fig. A.1.2.

5.5.3 Las tuberías de acero inoxidable, con un espesor de pared igual a ó mayor que el cédula 5S pueden ser usadas corriente abajo de la unidad de separación de aire (ASU) de baja presión (LP). las válvulas de venteo y las válvulas de alivio. También pueden ser usadas en cualquier aplicación que cumpla con todos los requisitos antes mencionados, por ejemplo la línea de despresurización.

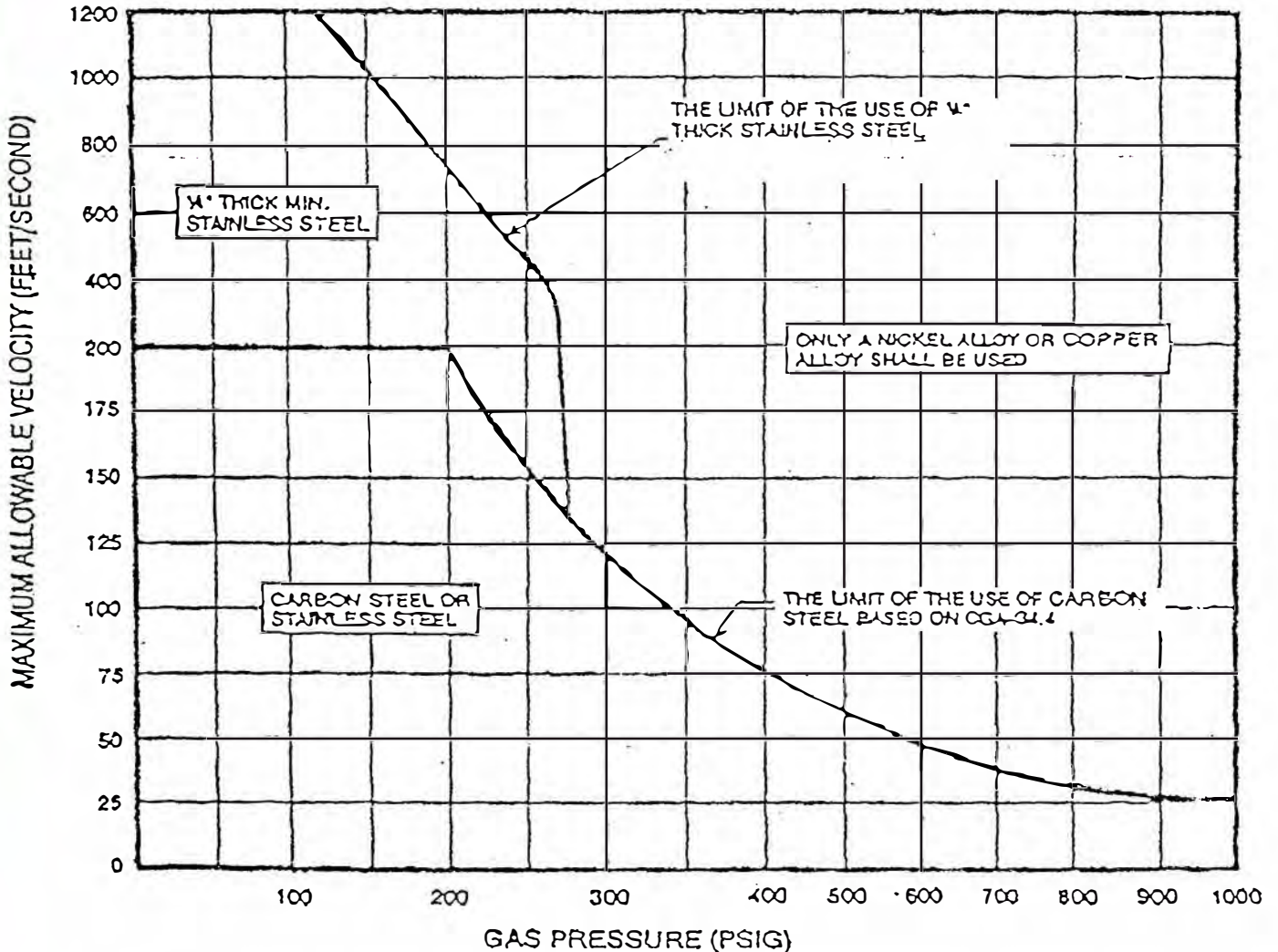
5.5.4 En el caso de una válvula de venteo de alta presión donde la válvula está desahogando a una sistema presurizado corriente arriba de un difusor de múltiples agujeros está excluido de la presión antes mencionada, salvo que la presión esté ligeramente sobre la presión atmosférica como en el caso de un venteo ASU LP.

Ver Figura A.1.1 y Figura A.1.2 a continuación.

Figura A.1.1

MATERIAL SELECTION FOR SMOOTH FLOW WITHOUT IMPINGEMENT

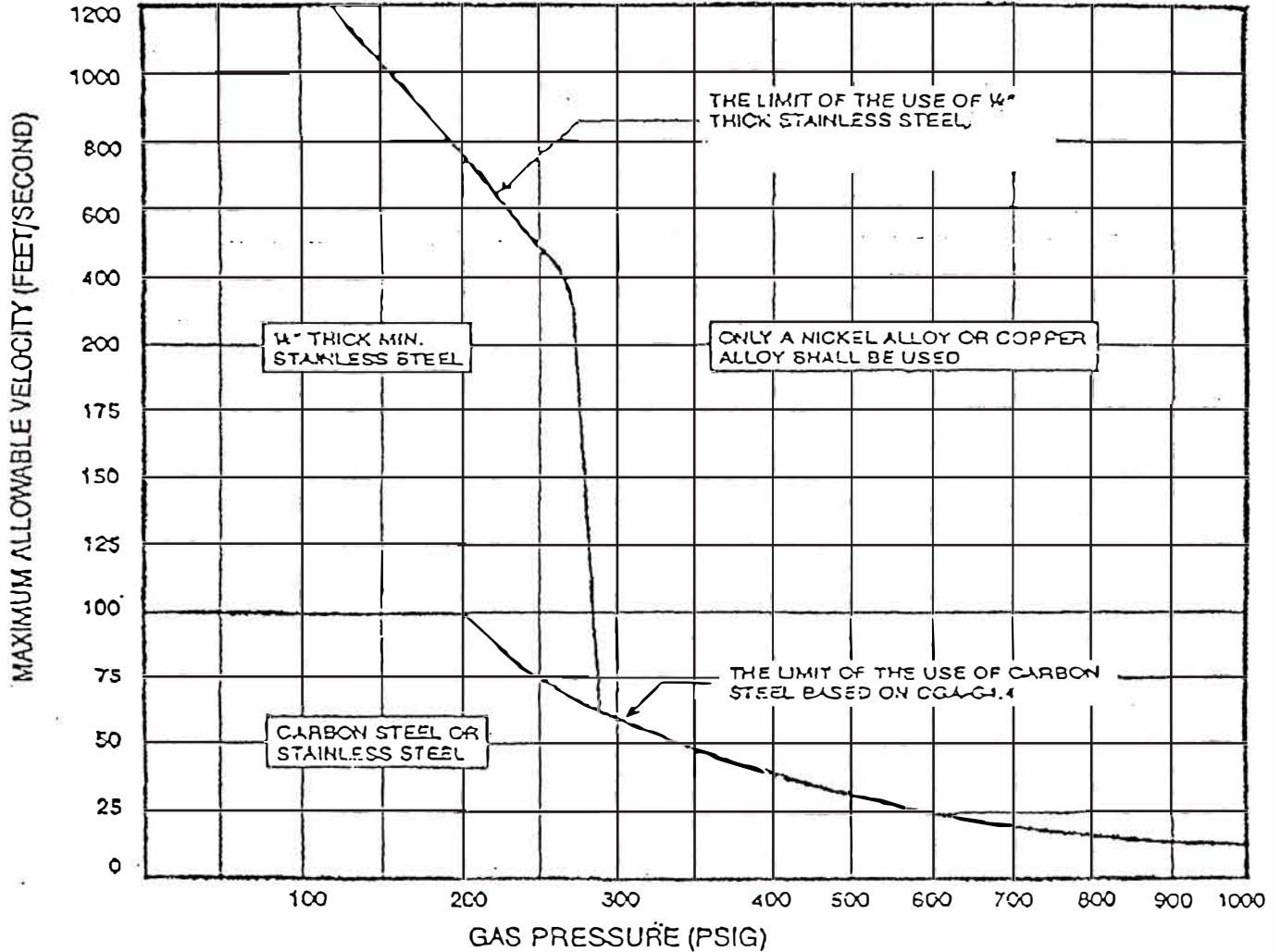
DESIGN GRAPH FOR MATERIAL SELECTION OF PIPE, FITTINGS, PIPING EQUIPMENT
AND VALVES IN OXYGEN SERVICE WHERE NO IMPINGEMENT TAKES PLACE



NOTE 1. MATERIAL SELECTION GRAPH IS VALID FOR DESIGN TEMPERATURES UP TO:
 (a) 200°F FOR GENERAL CARBON STEEL PIPEWORK
 (b) 300°F FOR GENERAL STAINLESS STEEL PIPEWORK BELOW THE CGA-34.1 CURVE
 (c) 200°F FOR 1/4" STAINLESS STEEL PIPEWORK ABOVE THE CGA-34.1 CURVE
 (d) 400°F FOR PIPEWORK CONTAINED WITHIN A SAFETY BARRIER WHICH COMPLIES WITH SAFETY STANDARDS

Figura A.1.2

MATERIAL SELECTION WITH IMPINGEMENT FLOW
DESIGN GRAPH FOR MATERIAL SELECTION OF PIPE, FITTINGS, PIPING EQUIPMENT
AND VALVES IN OXYGEN SERVICE WHERE IMPINGEMENT TAKES PLACE



NOTE 1. MATERIAL SELECTION GRAPH IS VALID FOR DESIGN TEMPERATURES UP TO:
(a) 200°F FOR GENERAL CARBON STEEL PIPEWORK
(b) 300°F FOR GENERAL STAINLESS STEEL PIPEWORK BELOW THE CGA-G4.1 CURVE
(c) 200°F FOR 1/4" STAINLESS STEEL PIPEWORK ABOVE THE CGA-G4.1 CURVE
(d) 400°F FOR PIPEWORK CONTAINED WITHIN A SAFETY BARRIER WHICH COMPLIES WITH SAFETY STANDARDS

Válvulas

6.1 Tipos de Válvulas

6.1.1 Válvulas Manuales de Corte

6.1.1.1 Una válvula manual de corte se define como una válvula manual estándar, la cual es operada ó completamente abierta ó completamente cerrada y no será abierta ni cerrada con una presión diferencial a través de ella. Estas nunca deben ser operadas en ningún modo de estrangulación intermedia o en algún modo de regulación.

6.1.1.2 Para clasificar con seguridad una válvula como manual de corte, debe haber una certeza razonable que la válvula no estará operada con una presión diferencial a través de ella. Esta certeza puede provenir del hecho de que, la válvula ha sido provista con un adecuado sistema de igualación de presión a través de ella (Ver Figuras Sección 9.1), junto con un procedimiento de operación apropiado; ó la válvula esta en tal posición en el sistema que junto con un procedimiento de operación apropiado es fácil igualar la presión que la atraviesa.

6.1.1.3 Una excepción a esta regla existe para las válvulas con una presión de operación aguas arriba de 15 psig o menos. Esto es debe a que la moderada velocidad resultante no causará daño a tan baja presión.

6.1.2 Válvulas manuales de Bola

6.1.2.1 Las válvulas de bola no son aconsejadas como válvulas manuales de corte en el servicio de oxígeno porque estas válvulas son de por sí de apertura rápida. Cuando no se logra igualar la presión, la apertura rápida puede resultar en mecanismos de ignición tales como una compresión adiabática, impacto de partículas y resonancia fugaz. Sin embargo las válvulas manuales de bola pueden ser usadas para servicio de oxígeno gaseoso siempre y cuando se sigan las reglas para el equilibrio de la presión y sé efectúe una tubería by-pass como la descrita en Sección 9.1.

6.1.3 Válvulas en Servicio de Aceleración

6.1.3.1 Esta terminología cubre todas válvulas manuales ó automáticas que regulan y/o controlan el flujo y la presión ó previenen flujo excesivo, y no pueden ser calificadas como válvulas manuales de corte.

6.2 Materiales de Válvulas

6.2.1 Válvulas Manuales de Corte – Materiales Compatibles

6.2.1.1 En el caso de las válvulas de corte de flujo pleno, tales como las válvulas tipo compuerta o mariposa, el flujo por la válvula completamente abierta se puede considerar suave. Los cuerpos de las válvulas de corte pueden ser de material de aleación de fierro ó aleación de cobre según las normas de la Fig. A.1.1 y las condiciones de flujo en la admisión de la válvula.

6.2.1.2 Las válvulas tipo Globo, tienen un flujo tan tortuoso a través del cuerpo de la válvula, que se considera el cuerpo un lugar de choque. El material de una válvula globo, es normalmente una aleación de cobre. Puede ser usado Acero inoxidable con un grosor mínimo de ¼” basándose en la Fig. A.1.2 y las condiciones de flujo en la admisión de la válvula. (No es necesario considerar la geometría interna de la válvula.) No se permite acero al carbón de cualquier grosor o acero inoxidable de menos de ¼” de grosor porque la velocidad interna de la válvula puede ser mayor de 100 pies /seg. como consecuencia de la geometría interna de la válvula, a pesar de que la velocidad en la admisión de la válvula sea menor de 100 pies /seg..

6.2.1.3 Los componentes internos de válvula tales como, compuertas, discos, placas, anillos, bolas y asientos, son considerados como lugares de choque la selección de los materiales se hará como en lugares con flujo de choque según Fig. A.1.2. Aunque el acero al carbón este permitido de acuerdo a la Fig. A.1.2, se requiere materiales más compatibles: así el acero al carbón esta prohibido. Para presiones mayores de 275 psig. , el material de los componentes internos de las válvulas será de aleación de cobre ó de aleación de níquel.

6.2.1.4 Se puede usar bronce aluminio como material de los componentes internos de la válvula siempre que este en acuerdo con las presiones y concentraciones permitidas (Ver Sección 4.7.5).

6.2.1.5 Componentes internos polímeros como empaques y asientos blandos tienen que ser de un material aprobado para servicio de oxígeno de acuerdo al Manual de Compatibilidad de Oxígeno. El Teflón y el KE2-F son materiales que han sido utilizados exitosamente para esta aplicación.

6.2.2 Válvulas en Servicio de estrangulación – Materiales Compatibles

6.2.2.1 Las válvulas en servicio de estrangulación son lugares de choque lo cual requiere el uso de la Fig. A.1.2. El procedimiento que sigue se usa para la selección del material.

6.2.2.2 Para presiones a la admisión menores o iguales a 125 psig., el cuerpo y los componentes internos de la válvula pueden ser de acero inoxidable porque la Fig. A.1.2 indica que el acero inoxidable es adecuado aún para velocidades sónicas a presiones menores de 125 psig.. El acero al carbón de cualquier espesor y acero inoxidable de menos de 1/4" de espesor no están permitidos, porque de la geometría interna de la válvula la velocidad interna en ésta puede ser mayor de 100 pies/seg. aunque la velocidad en la admisión de la válvula sea menor de 100 pies/seg..

6.2.2.3 Para presiones a la admisión mayores de 125 psig. y menores ó iguales a 275 psig., no está permitido el uso de acero al carbón tanto para el cuerpo como para los componentes internos de la válvula, aún a velocidades de 0 pies/seg.. Se puede usar acero inoxidable siempre y cuando se cumpla con los siguientes requisitos:

- El espesor de todos los componentes será $\geq 1/4"$. Los componentes individuales de menos de 1/4" pueden ser reemplazados con aleación de cobre ó níquel para lograr cumplimiento.
- La velocidad a la admisión del oxígeno este dentro del espesor mínimo de 1/4" cubierta por el acero inoxidable según Fig. A.1.2.

Nota: la geometría interna de la válvula y las velocidades no necesitan ser consideradas.

6.2.2.4 Para presiones a la admisión mayores de 125 psig y menores ó iguales a 275 psig., se debe usar aleaciones de cobre ó níquel para el cuerpo y los componentes internos de la válvula si las condiciones no permiten el uso de acero inoxidable.

Nota: Puede ser más económico incrementar el tamaño del cuerpo de la válvula a un tamaño que satisfaga al párrafo 6.2.2.3. Se debe investigar esta opción y la decisión final debe ser basada en consideraciones económicas.

6.2.2.5 Para presiones a la admisión mayores de 275 psig, el cuerpo y los componentes internos de la válvula deben ser de los materiales más compatibles de la Fig. A.1.2 (aleaciones de cobre y níquel).

6.3 Efectos de velocidad sónica

6.3.1 La velocidad máxima en una válvula es la velocidad sónica independientemente de la relación de presión a través de la válvula. La velocidad sónica ocurre cuando la

relación de presión absoluta es mayor que 2:1. Por lo tanto, la selección del material para la válvula es la misma para una relación de presión de 2 o más. Sin embargo la energía a ser disipada se incrementa cuando la relación de presión también se incrementa. Esto conduce al concepto de reducir la presión en una cascada: por ejemplo, una válvula seguida por un difusor de múltiples agujeros para delimitar la energía disipada atravesando una válvula. Este no es un aspecto específicamente para servicio de oxígeno. Un margen mayor de seguridad es necesario porque las consecuencias de una falla en la válvula en servicio de oxígeno son mucho peores que en aire ó nitrógeno.

7. Válvulas Automáticas

7.1 Esta sección y la Tabla proveen una guía en la selección de una válvula de control y sus materiales para cualquier aplicación dada en un sistema de oxígeno. Una cantidad de servicios típicos de válvulas han sido seleccionados para constituir un rango de tipos de válvulas genéricos. La orientación se da sobre el tipo de válvula que se debe usar, sus características de flujo, velocidad del recorrido, clase de fuga y los materiales de construcción para el cuerpo y los componentes internos. A continuación se da una breve descripción seguida de cada tipo genérico que se lista en la Tabla 1.

7.1.1 **El Venteo de Presión Baja:** Normalmente la venteo de gas de oxígeno a la atmósfera. Una caída muy pequeña de presión a través la válvula con un flujo subsónico resultante.

7.1.2 **La Succión del Compresor:** Muy similar al 7.1.1 pero se requiere una velocidad del recorrido rápida: es usada como una válvula de corte de acción rápida y a veces también combinada con una función de control.

7.1.3 **La Estación reductora de presión:** Un servicio donde el oxígeno gaseoso esta siendo reducido de presión para satisfacer un requisito del proceso. La caída de presión a través de la válvula puede ser moderadamente alta, pero a causa de la presión alta en la admisión no debe de ser lo suficiente para hacer el flujo sónico.

7.1.4 **Venteo a presión alta:** La alta presión en la admisión y una alta caída de presión producen en conjunto flujo sónico y gran ruido.

7.1.5 **Re circulación del Compresor:** Es muy similar que 7.1.4 pero se debe seleccionar la válvula que funcione con varias condiciones de operación del compresor.

7.1.6 **Purga Controlada de Presión Media:** El escape rápido del gas es necesario, normalmente con una pequeña consideración por el ruido en la válvula.

7.1.7 Purga Controlada de Presión Alta: Tal como con 7.1.6 pero con mayor presión a la admisión.

7.1.8 Válvula de corte a la descarga del Compresor: Se requiere una baja caída de presión, velocidad regular de operación.

7.2 Donde hay un asterisco en la Tabla 1, la selección de material requiere cuidado y se debe consultar con Fig. A.1.2 de esta norma. Se debe evitar en todo caso el uso de válvulas de cuerpo de Monel por motivos económicos. Por ejemplo, en vez de usar Monel, puede ser más económico incrementar el tamaño de la válvula de control para reducir la velocidad en la admisión y cambiar a una zona diferente de la Fig. A.1.2 que permita el uso de acero inoxidable.

7.3 Tradicionalmente, las válvulas de alta caída de presión son válvulas globo de caja guiada multi - etapa para reducir el ruido. Estas cuestan mucho más debido a la complejidad de la válvula y los materiales de los componentes internos de la válvula. Una solución alternativa es usar un difusor corriente abajo de la válvula control para reducir la caída de presión a través de la válvula. Esto reduce complejidad y costos. La combinación difusor/válvula control debe ser seleccionada con cuidado y suministrada por el mismo vendedor.

8. Limpieza y Corrosión

8.1 Cuando se selecciona materiales, se debe considerar el costo y la forma práctica de lograr mantenerlos limpios, y libres de corrosión junto con el impacto de programas y costo de relimpieza.

8.2 Esta norma trata específicamente con oxígeno seco. Pero, hay zonas tales como las tuberías y accesorios aguas abajo de válvulas de venteo y de alivio que están expuestas continuamente al aire atmosférico y estas deben ser hechas de un material resistente a la corrosión.

8.3 Las tuberías también están donde las partículas atmosféricas pueden acumularse (especialmente si no son usadas frecuentemente) y el diseño de las tuberías debe minimizar este peligro.

8.4 Hay preocupaciones especiales de limpieza asociadas con la soldadura.

8.4.1 Los anillos de resguardo de la soldadura no son permitidos porque han habido casos donde se salieron, la interpretación de las radiografías es bastante difícil y la suciedad se puede acumular en las grietas.

8.4.2 Salvo que una inspección visual del interior sea posible, cada junta de soldadura debe ser radiografiada para verificar que ninguna pérdida potencial de material se presente.

8.5 El procedimiento de limpieza utilizado para los sistemas de tuberías para oxígeno debe alcanzar el estándar de limpieza requerido por las especificaciones de limpieza establecidas para este servicio. (dadas en Anexo B para este proyecto). Este criterio también se aplicará a los sistemas que alimentan sistemas de oxígeno. Como mínimo, incluye el arranque inicial aire/nitrógeno, sello aire/nitrógeno y purga anticorrosiva (si es aplicable).

9. SISTEMAS ESPECIALES (LUGARES DE ALTA VELOCIDAD)

9.1 Los ejemplos que siguen en las Figuras 1 a 5, cubren las aplicaciones donde normalmente ocurren altas velocidades. Las soluciones dadas son las que la experiencia ha encontrado que han funcionado antes. El texto de la norma da las reglas y antecedentes para que un ingeniero pueda ver que soluciones son aceptables. El ingeniero también puede evaluar otras soluciones para ver si en el futuro son más económicas y también encontrar soluciones para aplicaciones no estándares.

TABLA N° 1: Cuadro de Selección de Materiales de Válvulas Automáticas

Características	Venteo de Baja Presión	Succión Del Compresor	Reducción de Presión	Venteo de Presión Alta	Recirculación del Compresor	Purga Controlada		Corte de Descarga del Compresor
						Presión Media	Presión Alta	
Velocidad Sónica	no	no	no	si	si	si	si	si
Servicio de la válvula	Ajustable	Ajustable	Ajustable	Ajustable	Ajustable	Abierta/Cerrada	Abierta/Cerrada	Abierta/Cerrada
Tipo de Accesorio Interno	Mariposa	Mariposa	Globo	Caja/Globo	Caja/Globo	Caja/Bola	Caja/Bola	Caja/Bola
Características	-	-	m%	m% Linear	Linear	-	-	-
Velocidad de recorrido (seg)	-	< 2 Cerrada	-	< 2	< 2	< 2	< 2	Regular
Posición a la Falla	Cerrada	Cerrada	Abierta	Cerrada	Abierta	Cerrada	Abierta	Abierta
Clase de Fuga	CLV	CLV	CLV	CLV	CLV	CLV	CLV	CLV
Material del Cuerpo	Acero Inox	Acero Inox	Acero Inox	Acero Inox	Acero Inox	Acero Inox	Acero Inox	Acero Inox
Material del Accesorio Interno	Acero Inox	Acero Inox	Monel	Monel	Monel/Col Monoy Faced	Monel	Monel	Monel
Asiento Blando	Teflon/kel-F	Teflon/kel-F	no	Teflon/kel-F	Teflon/kel-F	Teflon/kel-F	Teflon/kel-F	Teflon/kel-F
Requerimiento Especial	-	Solenoide Doble	Limite de Ruido 90 DBA en la Válvula	KSI para Tamaño	KSI para Tamaño	Tamaño Basado en 10 seg de Evacuación	-	-

Notas:

- *= La combinación válvula difusor puede ser especificada en vez de los accesorios multicaja.
- **= La superficie endurecida puede ser requerida, si hay alta presión diferencial.
- ***= Consulte la figura A.1.2 y el párrafo 6.2.2 para la selección del material
- ****= Muy a menudo use asiento metal clase V
- CLV= Clase V relación de fuga

ESTANDAR DE INGENIERÍA

SISTEMA DE TUBERÍA PARA
SERVICIO DE OXÍGENO
GASEOSO A TEMPERATURA
AMBIENTE

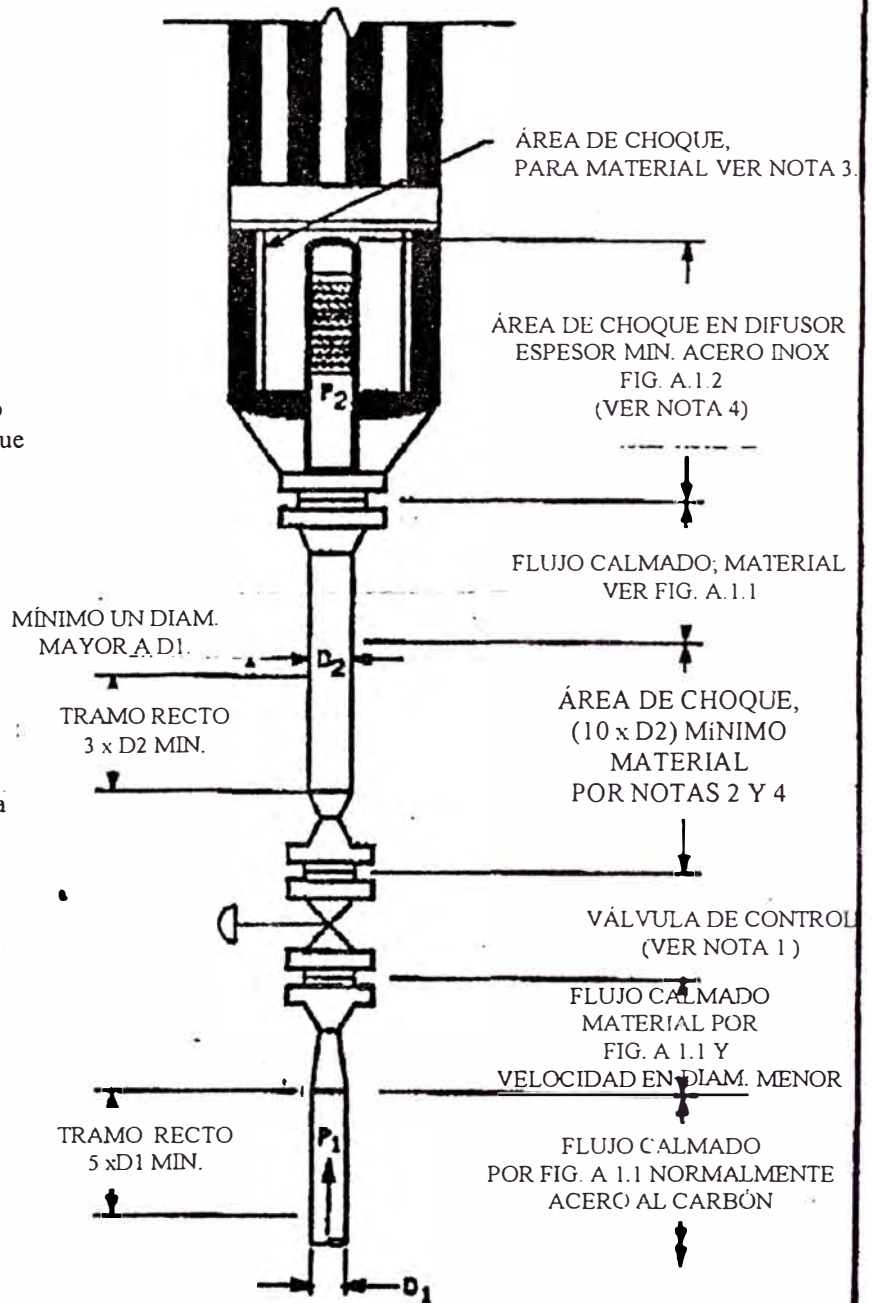
NÚMERO: 3141.01 (LS10.1)
FECHA : MAR 1996
PAG. : 1 DE 5

Rev.0

FIGURA 1 .-CONTROL DE PRESIÓN EN SISTEMA DE VENDEO CON SILENCIADOR

NOTAS:

- 1.-Los materiales de la válvula de control, serán seleccionados en base a los criterios de velocidad establecidos en párrafo 6.22 y figura A.1.2. El tipo de válvula utilizada y el material seleccionados como se establece en sección 7 y tabla 1.
- 2.-El material de la tubería para 10 diam. Aguas abajo de la válvula debe ser 1/4" pulg. De espesor en acero inoxidable o material mas compatible sugerido por fig. A.1.2 desde que se tiene un flujo turbulento de velocidad alta aguas abajo de la válvula la cual conlleva a una área de choque con alto riesgo. (Ver párrafo 5.3.6)
- 3.-El material del silenciador debe ser resistente a la corrosión debido a que esta expuesto al aire atmosférico. El material puede ser acero inoxidable de cualquier espesor de pared \geq al de cédula 5.S. Por ser un venteo Atmosférico (ver párrafo 5.5).
- 4.-Si la presión aguas abajo de la válvula de control es cercana a la atmosférica (menor de 17 psia) todo el material aguas abajo de la válvula de control puede ser de acero inoxidable de cualquier espesor de pared $>$ al de cédula 5S. (Ver párrafo 5.5)



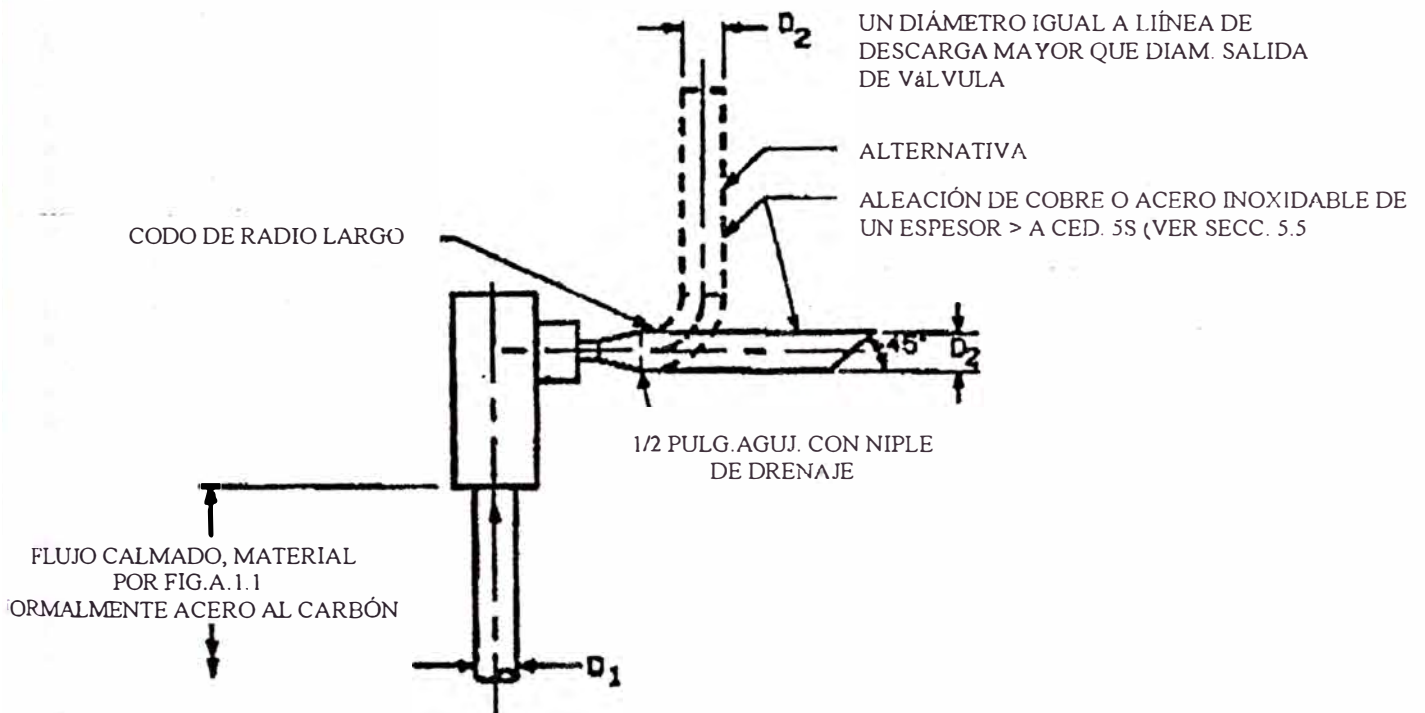
ESTANDAR DE INGENIERÍA

SISTEMA DE TUBERÍA PARA
SERVICIO DE OXÍGENO
GASEOSO A TEMPERATURA
AMBIENTE

NÚMERO: 3141.01 (LS10.1)
FECHA : MAR 1996
PAG. : 2 DE 5

Rev.0

FIGURA : 2 SISTEMA DE VÁLVULA DE ALIVIO



NOTAS:

La válvula de seguridad deberá ser preferentemente de bronce, aunque puede ser hecha de acero inoxidable. Esta práctica es justificada por la ubicación lejana de los equipos y su infrecuente operación. Los asientos blandos de válvulas en teflón son aceptables.

ESTANDAR DE INGENIERÍA

SISTEMA DE TUBERÍA PARA
SERVICIO DE OXÍGENO
GASEOSO A TEMPERATURA
AMBIENTE

NÚMERO: 3141.01 (LS10.1)
FECHA : MAR 1996
PAG. : 3 DE 5

Rev.0

FIGURA 3A. - SISTEMA DE REDUCCIÓN DE PRESIÓN (PARA $P_1 > 15$ psi O $P_2 < 80\%$ DE P_1 ,
BASADO EN EL MÁXIMO DIFERENCIAL DE PRESIÓN DE OPERACIÓN)

NOTAS:

La válvula manual de control en paralelo deberá ser seleccionada con el Cv igual al de la válvula de control. Esta válvula debe ser para servicio de estrangulación y el material debe ser seleccionado en base a criterios de velocidad según párrafo 6.2.2 y figuras A.1.2.

Los materiales de la válvula de control será seleccionada en base a criterios de velocidad mencionados en párrafos 6.2.2 y figura A.1.2. El tipo de válvula usada y el material son normalmente seleccionados según sección 7 y tabla 1 de estos criterios.

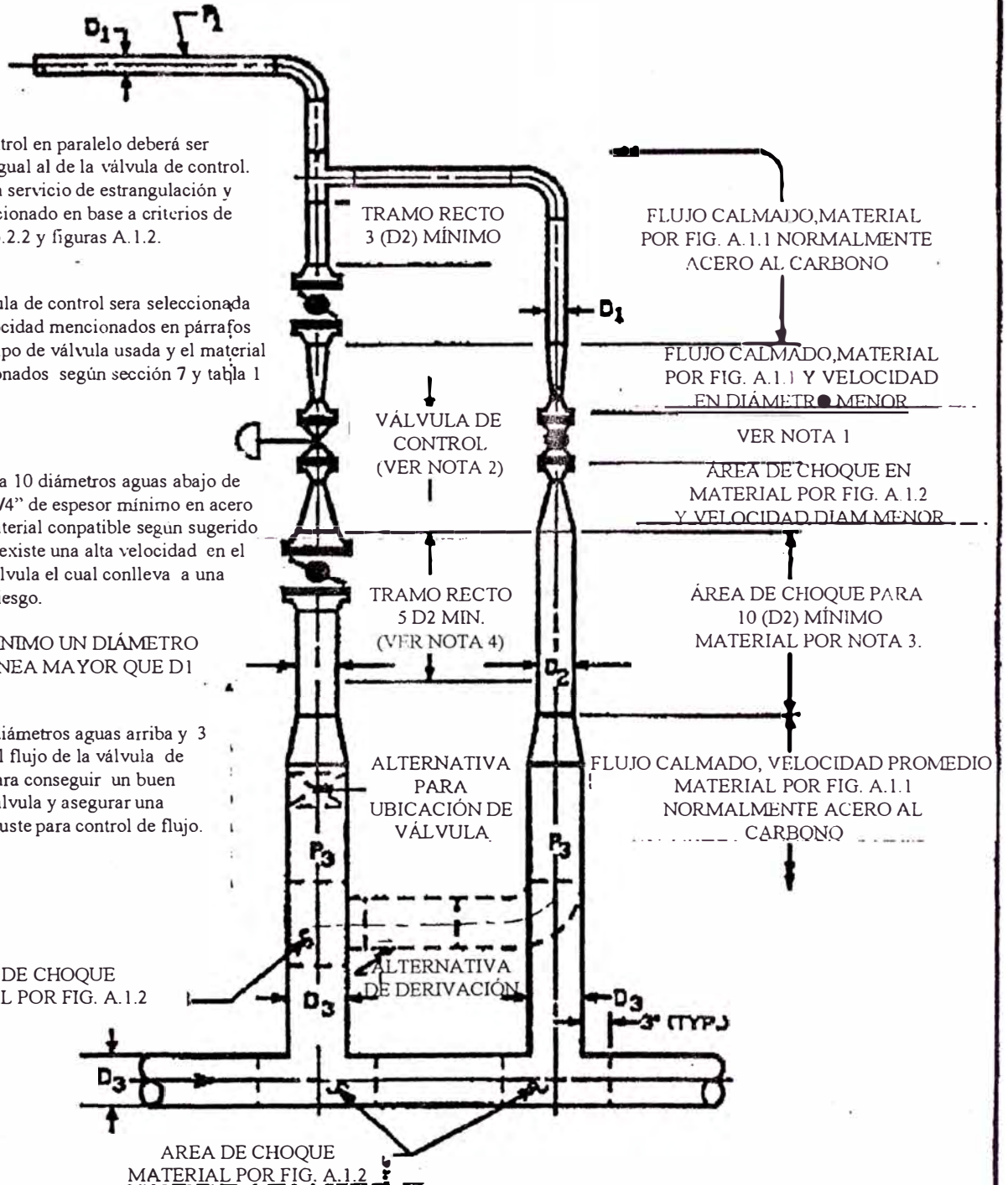
El material de tubería para 10 diámetros aguas abajo de la válvula deberá ser de 1/4" de espesor mínimo en acero inoxidable o un mejor material compatible según sugerido por fig. A.1.2 desde que existe una alta velocidad en el flujo aguas abajo de la válvula el cual conlleva a una área de choque con alto riesgo.

D_2 MÍNIMO UN DIÁMETRO DE LÍNEA MAYOR QUE D_1

El requerimiento para 5 diámetros aguas arriba y 3 diámetros aguas abajo del flujo de la válvula de control es especificada para conseguir un buen régimen de flujo en la válvula y asegurar una buena eficiencia en su ajuste para control de flujo.

ÁREA DE CHOQUE MATERIAL POR FIG. A.1.2

ÁREA DE CHOQUE MATERIAL POR FIG. A.1.2



ESTANDAR DE INGENIERÍA

SISTEMA DE TUBERÍA PARA
SERVICIO DE OXÍGENO
GASEOSO A TEMPERATURA
AMBIENTE

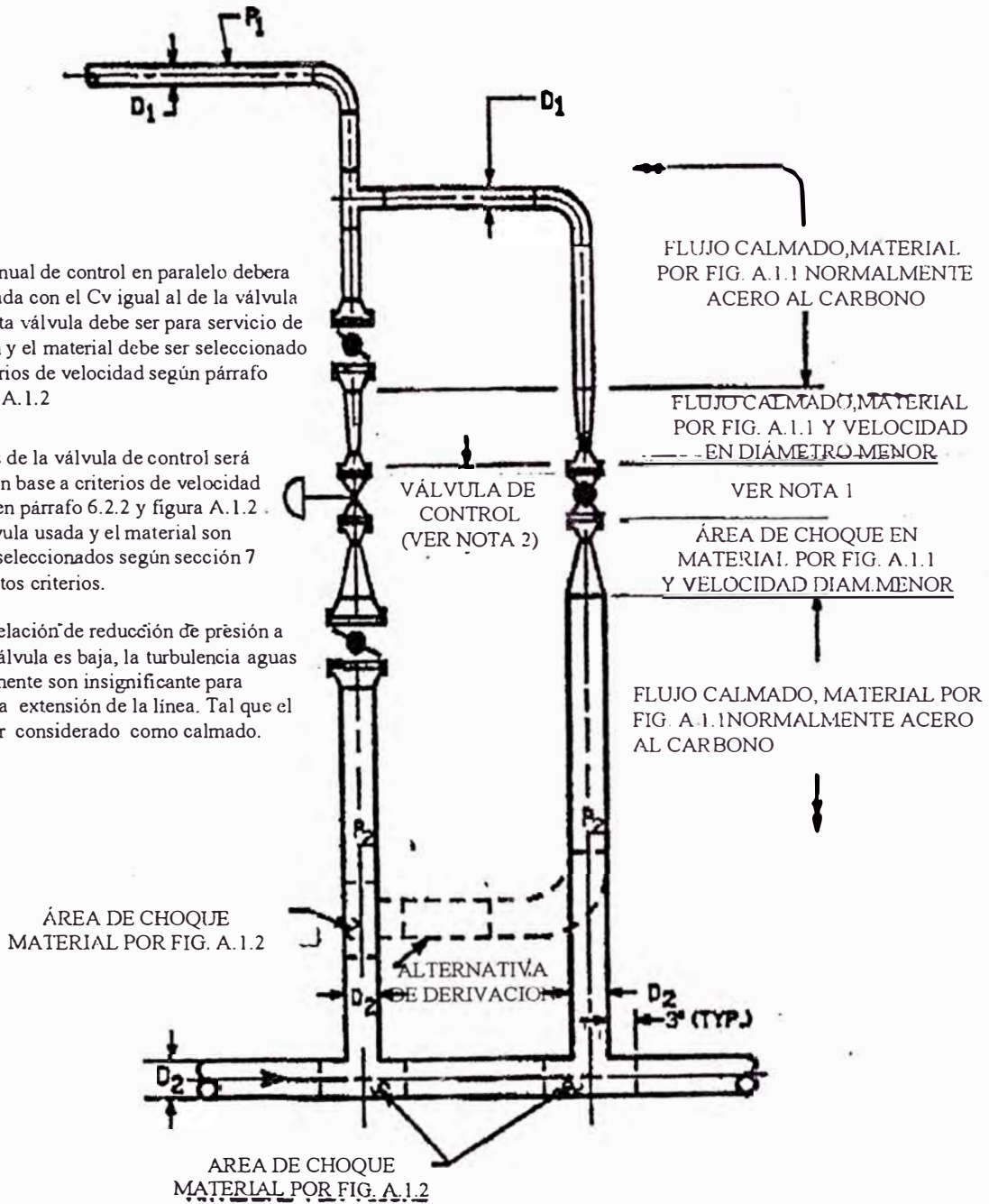
NÚMERO: 3141.01 (LS10.1)
FECHA : MAR 1996
PAG. : 4 DE 5

Rev.0

FÍGURA 3B .- SISTEMA DE REDUCCIÓN DE PRESIÓN (PARA $P_1 < 15$ psi O $P_2 > 80\%$ DE P_1 ,
BASADO EN EL MÁXIMO DIFERENCIAL DE PRESIÓN DE OPERACIÓN)

NOTAS:

1. La válvula manual de control en paralelo debera ser seleccionada con el Cv igual al de la válvula de control. Esta válvula debe ser para servicio de estrangulación y el material debe ser seleccionado en base a criterios de velocidad según párrafo 6.2.2 y figura A.1.2
2. Los materiales de la válvula de control será seleccionada en base a criterios de velocidad mencionados en párrafo 6.2.2 y figura A.1.2 . El tipo de válvula usada y el material son normalmente seleccionados según sección 7 y tabla 1 de estos criterios.
- 3.- Desde que la relación de reducción de presión a través de la válvula es baja, la turbulencia aguas abajo normalmente son insignificante para considerar una extensión de la línea. Tal que el flujo puede ser considerado como calmado.



ESTANDAR DE INGENIERÍA

SISTEMA DE TUBERÍA PARA SERVICIO DE OXÍGENO GASEOSO A TEMPERATURA AMBIENTE	NÚMERO: 3141.01 (LS10.1) FECHA : MAR 1996 PAG. : 5 DE 5	Rev.0
---	---	-------

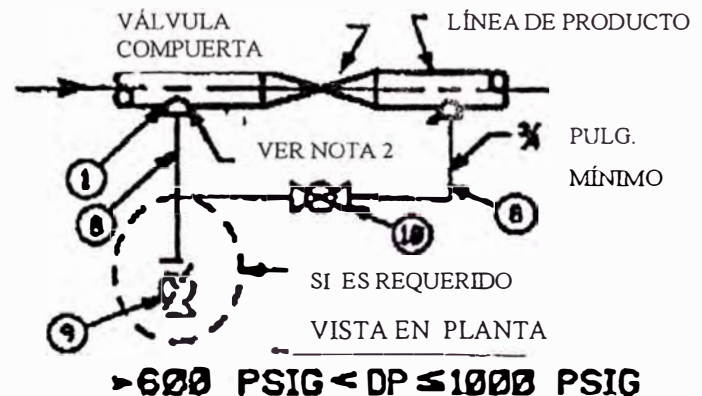
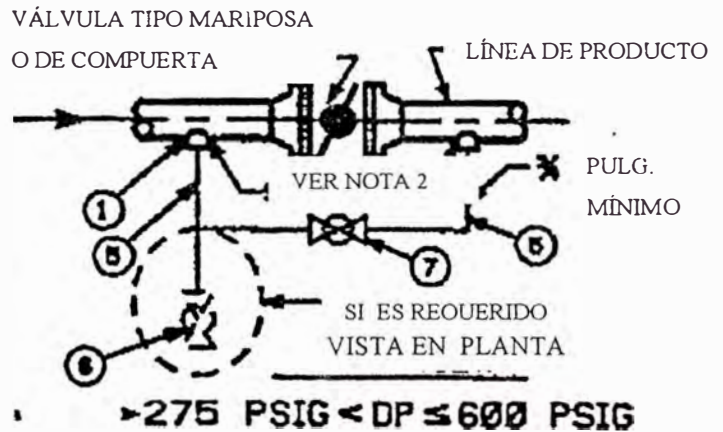
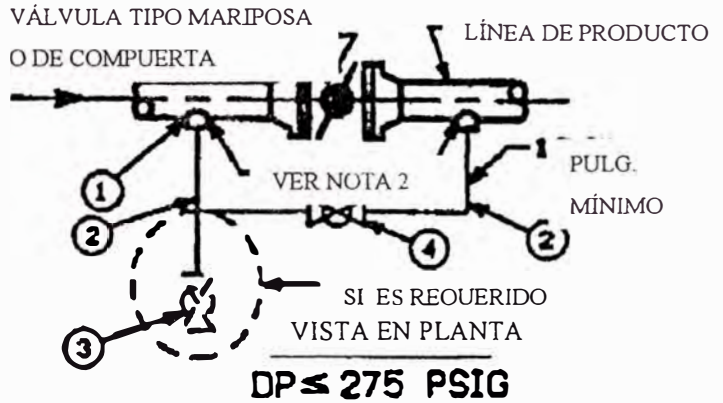
FIGURA 5 .- SISTEMA DE SIMPLE BLOC PARA DERIVACIÓN E IGAUALACIÓN DE PRESIONES EN LÍNEA

Descripción

- 1.- Spcklet 3000 lbs Acero Inox. Diam. Nom. Tuberia de linea x diam. Nom. De derivación.
- 2.- Tubería de Acero Inox. de 1/4 pulg. de espesor de pared.
- 3.- Válvula tipo globo, WM. "Powell" fig. 7K 0102XNX (S.E.).
- 4.- Válvula tipo globo, WM. "Powell" fig. 7K1202PNX (S.B.P.).
- 5.- Tubo de mone.
- 6.- Válvula tipo globo, Wm. "Powell" fig. 7K1202XNX (S.E.)
- 7.- Válvula tipo globo, Wm "Powell" fig. 7K1202PNX (S.B.P.).
- 8.- Tubo de Monel.
- 9.- Válvula tipo globo, Wm "Powell" fig. 7K1202XNX (S.E.).
- 10.- Válvula tipo globo, Wm. "Powell" fig. 7K1202PNX (S.B.).

NOTAS:

- 1.- Ver sección 9.2 por notas importantes para aplicar en este sistema debera tenerse cuidado especial.
- 2.- Debera tenerse cuidado especial para asegurar que el agujero en la pared de la tubería de acero al carbono de una línea principal del producto es ejecutada más grande que el diámetro interior del "socket", así se preveera el riesgo por velocidades altas de choque sobre el acero al carbón en el área de conexión.



ANEXO A – Parte 2

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA TUBERIAS Y
ACCESORIOS
SERVICIO OXIGENO GASEOSO**

ESPECIFICACION DE INGENIERIA

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE TUBERIAS. VALVULAS Y ACCESORIOS	NUMERO: 3141.01(CS01.5) FECHA : ABRIL 1996 PAGINA : 2 DE 6	Rev. 0
---	--	--------

5.- TUBERIA.

5.1 Se usara tubería ASTM A53 tipo S Grado B sin costura desde 2 ½" a 2-4.

6.- CURVAS Y DOBLADO DE TUBERIAS.

6.1 Curvas de tubería de 1.5 diámetro son preferibles en lugar de accesorios estándar. Los accesorios estándares pueden ser usados cuando y donde son indicados en los planos.

6.2 La tubería que se utilizará para formar curvas, será la especificada en este documento, y para ¼" hasta 4", será en cedula 40, ERW, ASTM 587, con extremos planos.

6.3 Usar tubería de acabado interior muy fino para formar las curvas en frio; en tuberías de ½" a 4" diam. : con radios de 1.5 a 3 diámetros nominales.

7.- CODOS REDUCTORES SOLDABLES A TOPE.

7.1 Los codos reductores soldables a tope de radio largo deberían utilizarse al minimo. Ellos podría ser utilizados solo donde existe espacios muy restringidos donde no se pueda usar un codo y un reductor estándar en conjunto.

8.- REDUCCIONES.

8.1 Las reducciones de diámetro en línea, deben realizarse usando accesorios de reducción estándar; el uso de reducciones roscadas tipo bushing debe estar limitado a los accesorios de instrumentación sin flujo.

9.- CODOS DE EMBONE.

9.1 El uso de codos de embone debe ser limitado a accesorios de instrumentación y conexiones para indicadores de presión, temperatura, etc. .

10.-TEES Y DERIVACIONES SOLDABLES.

10.1 El uso de tees y derivaciones se hará respetando según sean indicados en estas especificaciones y dibujos aprobados.

10.2 Cuando un brazo de derivación de una línea será de acero inoxidable; el weldolet de conexión en la salida de la línea principal será también se acero inoxidable.

11.- AREA CON ALTA VELOCIDAD DE CHEQUEO.

11.1 Es responsabilidad del ingeniero diseñador definir los materiales de tubería basados en los criterios de diseño para servicio de oxígeno gaseoso dados en anexo Parte A, para los rangos de operación de esta especificación.

12.- BRIDAS.

12.1 Bridas de tipo "Slip-on" serán utilizados de preferencia mas que las del tipo cuello soldable a tope. Las bridas de cuello soldable deberían ser usadas cuando la tubería estará sujeta a pulsaciones de presión ó vibraciones como para el caso de equipos reciprocantes. Otras alternativas de uso de bridas podrán usarse cuando y donde lo especifiquen los dibujos de Ingeniería.

12.2 El uso de bridas de reducción tipo deslizante (Slip-on) deben ser preferentemente evitadas.

ESPECIFICACION DE INGENIERIA

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE TUBERIAS. VALVULAS Y ACCESORIOS	NUMERO: 3141.01(CS01.5) FECHA : ABRIL 1996 PAGINA : 3 DE 6	Rev. 0
---	--	--------

13.- EMPAQUETADURAS.

13.1 Para las recomendaciones de torque para el sellado de empaque, ver las especificaciones en catálogos del fabricante.

14.- ANILLOS DE RESPALDO PARA SOLDADURA.

14.1 No son permitidos para esta especificación.

ARTICULO	DESCRIPCION	ESPECIFICACION ó CODIGO	NOTA
TUBERIA			
¼" - 1 ½"	Peso estándar, acero al carbono, extremos planos.	ASTM A106 Grado B	
2"	Peso estándar, acero al carbono, extremos planos.	ASTM A53 Tipo S, Gr. B	
2 ½" - 24"	Peso estándar, acero al carbono, con costura soldado por arco eléctrico resistente (ERW), extremos planos.	ASTM A53 Tipo S, Gr. B ó API 5 L Grado B, ERW, ASTM A53 Tipo E Gr. B.	3,5
CURVAS DE TUBO DOBLADO, 1.5 DIAMETROS DE RADIO			
½" - 4"	Cédula 40, ERW, extremos soldados.	ASTM A 587	6
NIPLES			
½" - 2" (**)	Cedula 80S, acero inóx. Sin costura, TE x TF	ASTM A312 TP 304 ASME B36.19M	2,3
½" - 2" (**)	Cedula 80S, acero inóx. Sin costura, TBE	ASTM A312 TP 304 ASME B36.19M	2,3
CODOS			
½" - 2" (**)	Codos de 45° y 90°, 3000 lbs. Forjado, acero inoxidable, extremos roscados.	ASTM A182, Gr. F304 ASME B16.11	2,3
¼" - 2"	Codos de 45° y 90°, 3000 lbs. Forjado, extremos de embone soldables.	ASTMA105 ASME B16.11	
2 ½" - 24"	Codos de 45° y 90°, radios largo y corto, aceros colados de peso estándar, extremo soldables a tope.	ASTM A234 WPB ASME B16.9	
2 ½" - 24"	Codos reductores, radios largo y corto, acero colados, peso estándar, extremos soldables a tope.	ASTM A234 WPB. ASME B16.9	8
REDUCCIONES			
¾" - 2" (**)	Reducción tipo bushing, forjado, acero inoxidable, cabeza hexagonal, roscado.	ASTM A182 Gr. F304 ASME B16.11	2,3,8
3/8" - 2"	Reducción tipo inserto, 3000 lbs, extremo de embone soldable.	ASTM A105 MSS SP-79	
2 ½" - 24"	Reducción concéntrica y excéntrica acero colado, peso estándar, extremo soldable a tope.	ASTM A234 WPB ASME B16.9	8
OTROS ACCESORIOS			
½" - 2" (**)	Tapón macho forjado, cabeza hex. Extremo roscado.	ASTM A105, ASME B16.11	2,3
½" - 2"	Tapón hembra, 3000 lbs. Forjado, extremo roscado.	ASTM A105, ASME B16.11	2,3
¼" - 2"	Tapón hembra, 3000 lbs. Forjado extremo de embone soldable.	ASTM A105, ASME B16.11	
2 ½" - 24"	Tapón hembra, peso estándar, acero colado, extremo soldable a tope.	ASTM A234 WPB ASME B16.9	
CONEXIONES DE DERIVACION (Ver cuadros de selección en Tablas 1,2)			

ESPECIFICACION DE INGENIERIA

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE TUBERIAS. VALVULAS Y ACCESORIOS	NUMERO: 3141.01(CS01.5) FECHA : ABRIL 1996 PAGINA : 4 DE 6	Rev. 0
---	--	--------

TEES			
1/4" - 2"	Te. 3000 lbs. forjado. acero inoxidable. extremo de embone soldable.	ASTM A182 Gr. F304 ASME B16.11	
1/2" - 2" (**)	Te. 3000 lbs. forjado. acero inoxidable. extremo roscado.	ASTM A182 Gr. F304 ASME B16.11	2,3
1/4" - 2"	(Sockolet) Conexión de derivación con extremo de salida de embone soldable. acero inoxidable. 3000 lbs. forjado.	ASTM A182 Gr. F304 ASME B16.11.MSS SP-97	
1/2" - 2" (**)	(Thredolet) Conexión de derivación con extremo de salida roscada. acero inoxidable. 3000 lbs. forjado.	ASTM A182 Gr. F304 ASME B16.11.MSS SP-97	2,3
1/4" - 2"	(Elbolet) Conexión de derivación soldable para unión en codo. acero inoxidable. 3000 lbs. forjado. extremo con embone soldable.	ASTM A182 Gr. F304 ASME B16.11.	9
1/2" - 2" (**)	(Elbolet) Conexión de derivación para codo. acero inoxidable. 3000 lbs. forjado. extremo roscado.	ASTM A182 Gr. F304 ASME B16.11.	2,3,9
Principal x derivación	(Weldolet) Conexión de derivación con extremo de salida soldable a tope: forjado; Diámetro principal x Derivación: cédula para aplicar tubería de peso estándar.	ASTM A105 MSS SP-97	10
Principal x derivación (**)	(Weldolet) Conexión de derivación con extremo de salida soldable a tope: forjado; Diámetro principal x Derivación: acero inoxidable. cédula (espesor) para aplicar por tubería especificada.	ASTM A182 Gr. F304 ASME B16.11	3,10
3/8" - 2"	Te reductor: 3000 lbs forjado. extremo con embone soldable.	ASTM A182 Gr. F304 ASME B16.11	
2 1/2" - 24"	Te: medida nominal y reductoras: acero colado. peso estándar. extremos soldables a tope.	ASTM A234 WPB ASME B16.9	10,11
UNIONES SIMPLES			
1/4" - 2"	3000 lbs. forjado. extremo de embone soldable.	ASTM A105. ASME B16.11	
1/2" - 2" (**)	3000 lbs. forjado. acero inoxidable. extremo roscados.	ASTM A182 Gr. F304 ASME B16.11	2,3
UNIONES UNIVERSALES			
1/4" - 2"	3000 lbs. forjado. extremo de embone soldable.	ASTM A105.	
1/2" - 2" (**)	3000 lbs. forjado. extremo roscados.	ASTM A105	2,3
BRIDAS			
1/2" - 2"	Clase 150. cara resaltada forjado. conexión de embone soldable.	ASTM A105. ASME B16.5	12
2 1/2" - 24"	Clase 150. cara resaltada forjado. conexión tipo deslizante soldable (Slip-on). máximo diámetro y reductora.	ASTM A105. ASME B16.5	12
2 1/2" - 24" (**)	Clase 150. cara resaltada forjado. conexión de cuello soldable a tope (Weldneck) y diámetro para peso estándar.	ASTM A105. ASME B16.5	3,12
1/2" - 24"	Clase 150 forjado cara resaltada conexión tipo ciego (tapa).	ASTM A105. ASME B16.5	
EMPAQUETADURA			
1/2" - 24 (**)	Anillo autocentable 1/16" espesor ("Gorlock" blue- Gard Styles 3200 color blanco) para brida clase 150. cara resaltada.	ASME B16.21	13

ESPECIFICACION DE INGENIERIA

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE TUBERIAS. VALVULAS Y ACCESORIOS	NUMERO: 3141.01(CS01.5) FECHA : ABRIL 1996 PAGINA : 5 DE 6	Rev. 0
---	--	--------

PERNOS			
Todas las medidas	Perno. acero al carbono. roscado completo.	ASTM 307 Gr. B	13
Todas las medidas	Tuerca. cabeza hexagonal pesada. acero al carbón.	ASTM A563 Gr. A	13

VALVULAS

1.- Todas la válvulas manuales estarán normalmente especificadas por el Ingeniero diseñador responsable para el tipo de servicio de esta especificación y mostrados en los diagramas o dibujos de diseño.

DEFINICIONES DE ABREVIATURAS Y SIMBOLOS:

- < = menor que.
- " = pulgadas.
- ° = grados.
- # , lbs. = (libras).
- API = American Petroleum Institute.
- ASME = American Society of Mechanical Engineers.
- ASTM = American Society for Testing and Materials.
- bar g = presión de fluido manométrica en bar.
- mm = milímetros.
- MSS = Manufacturer's Standardization Society.
- NPT = National Pipe Thread.
- Psig = libra por pulgada cuadrada (manométrica).
- TE x TF = extremo roscado x extremo plano
- TBE = ambos extremos roscados

ESPECIFICACION DE INGENIERIA

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE TUBERIAS. VALVULAS Y ACCESORIOS	NUMERO: 3141.01(CS01.5) FECHA : ABRIL 1996 PAGINA : 6 DE 6	Rev. 0
---	--	--------

CARTA DE SELECCION DE CONEXIONES DE DERIVACION.

Las conexiones de derivación deben ser hechas usando la tubería especificada, y los accesorios (Tees, Sockolet, etc.) y refuerzos indicados en la tabla.

TABLA 1

	24	T																		
	20	R	T																	
	18	R	R	T																
	16	R	R	R	T															
	14	R	R	R	R	T														
	12	W	W	W	W	W	B													
	10	W	W	W	W	W	B	B												
	8	W	W	W	W	W	B	B	B											
	6	W	W	W	W	W	B	B	B	B										
	4	W	W	W	W	W	B	B	B	B	B									
	3	W	W	W	W	W	B	B	B	B	B	B								
	2 1/2	W	W	W	W	W	B	B	B	B	B	B	B							
	2	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	U						
	1 1/2	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	U	U					
	1	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	U	U	U				
	3/4	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	U	U	U	U			
	1/2	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	U	U	U	U	U		
	3/8	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	U	U	U	U	U		
	1/4	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	U	U	U	U	U		
		24	20	18	16	14	12	10	8	6	4	3	2 1/2	2	1 1/2	1	3/4	1/2	3/8	1/4

CABEZAL PRICIPAL (pulgadas)

B = Conexión de derivación (usando la tubería especificada - sin refuerzo).
 R = Conexión de derivación (usando la tubería especificada - con refuerzo indicado en tabla 2).
 S = Conexión de derivación (Sockolet) con extrano soldable a tope.
 U = Te (embone soldable).
 W = Conexión de derivación (Weldolet) soldable.
 T = Te a tope.

- 1.- Los requerimientos de refuerzo contenidos en esta carta están basados en la clase de presión de esta clase de especificación.
- 2.- Todas las placas de refuerzo mostradas tiene un factor de intensificación de esfuerzos < 6.

ESPECIFICACION DE INGENIERIA

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE TUBERIAS. VALVULAS Y ACCESORIOS	NUMERO: 3141.01(CS01.5) FECHA : ABRIL 1996 PAGINA : 7 DE 6	Rev. 0
---	--	--------

CARTA DE SELECCION DE REFUERZOS

TABLA 2

	20	49			
DIAMETRO	18	48	37		
DE DERIVACION	16	47	36	26	
(pulgadas)	14	46	35	25	16
		24	20	18	16
		CABEZAL PRICIPAL (pulgadas)			

1.- Los refuerzos deben ser chequeados por análisis de esfuerzos para flexibilidad aceptable.

ANEXO B

GUIA DE ACEPTACIÓN DE LIMPIEZA E INSPECCION PARA SERVICIO EN OXIGENO

REQUISITOS DE INSPECCION Y APROBACION DE LIMPIEZA Y MANIPULEO PARA SERVICIO EN OXIGENO

1. PROPOSITO

1.1 Especificar los criterios para la inspección, aprobación de limpieza y preparación para el transporte y fabricación de sistemas con tuberías y equipos, clasificados como limpieza para uso de oxígeno clase AA (oxygen clean, Clase AA): es decir apropiados para su uso en servicio de conducción de oxígeno gaseoso puro.

2. ALCANCES

2.1 Esta especificación es para de equipos, tuberías, componentes y sistemas diseñados u operados para el transporte de oxígeno gaseoso de alta pureza.

2.2 Esta especificación debe ser usada junto con un documento de contrato de limpieza, el cual demuestre el nivel de limpieza establecido para las tuberías y equipos empleados para el propósito indicado en ítem 1.

3. DOCUMENTOS RELACIONADOS

3.1 Organización Internacional para la Estandarización (ISO)

8501-1 Preparation of steel substrates before application of paints and related products-visual assessment of surface cleaning (también SISS SS 05 59 00 y ASTM D200, en el mismo título)

3.2 Comité industrial de gases (IGC EUROPE)

33/86E Cleaning for oxygen service.

3.3 Asociación del gas comprimido (CGA)

G4.1 Cleaning equipment for oxygen service.

4. GENERAL

4.1 La superficie será considerada limpia para uso en oxígeno cuando el sistema ha pasado por un proceso aceptable y establecido para este propósito, y haya estado en un depósito con

cierre hermético desde que la limpieza fue realizada y cumple con el criterio especificado en las secciones 5,6,7 y 8.

4.2 Para ser considerado aceptable el método de limpieza tiene que producir superficies capaces de alcanzar el criterio de inspección especificado en los números 5, 6, 7 y 8; pero esos criterios de inspección solos no son los adecuadamente sensitivos para dar validez a nuevos métodos de limpieza. Si una superficie no ha sido limpiada con un procedimiento independientemente validado, entonces no es aceptable, aun si ello cumple con los requisitos de 5 a 8 abajo. Limpieza con chorros de arena o limpieza química para materiales ferrosos y lavados con solvente, al vapor ó limpiezas químicas para otros metales según las especificaciones dadas también en este proyecto, son los métodos de limpieza preferidos.

4.3 Cualquier agente de limpieza debería ser de un nivel comercial y de un tipo aprobado por el ingeniero inspector de Ingeniería, y debe ser compatible con los materiales de construcción del equipo que va a ser limpiado.

4.4 Pruebas a presión de los ensambles si estarán realizadas después de la limpieza, se debe utilizar agua potable filtrada (como la que se necesita para mantener la limpieza) ó aire seco libre de aceites ó nitrógeno a la temperatura ambiental. El nivel de la sequedad de los medios para la prueba a presión debe ser suficiente para mantener la limpieza establecida. Los equipos que pasan por una prueba de agua, deben ser secados totalmente después de la prueba. Inspección de limpieza y requisitos de aprobación serán aplicados al completar la prueba a presión al menos que el representante de inspección no lo exija. Eso puede suceder cuando la limpieza, el ensamble, la inspección y la prueba a presión neumática están controlados atentamente, y la inspección después de la prueba se encuentra innecesaria.

5. METODOS DE INSPECCION

5.1 INSPECCION PARA DAR VALIDEZ A LA LIMPIEZA

5.1.1 La inspección debe confirmar que las tuberías ó equipos han pasado por un procedimiento el cual asegura que los componentes son aceptables para su uso en servicio de oxígeno.

5.2 INSPECCION VISUAL

5.2.1 La inspección debería ser visual bajo una fuerte luz blanca y, además

5.2.2 La inspección debería ser visual bajo una luz ultra violeta y, además

5.2.3 La inspección debería ser visual frotando con un trapo y luego inspeccionarlo bajo una fuerte luz blanca y una luz ultravioleta (luz negra).

5.3 INSPECCION LIMPIANDO CON UN TRAPO

5.3.1 La inspección debe ser realizada frotando con un trapo de aproximadamente 1 pie cuadrado (0.1 m²) encima, utilizando un trapo blanco libre de pelusas, o un filtrante de café libre de pelusas o equivalente. Una inspección subsiguiente del trapo o filtrante bajo una fuerte luz blanca y luz ultravioleta debe confirmar que las superficies están conforme la sección 6.

5.4 INSPECCION INDIRECTA

5.4.1 Cuando no es posible hacer una inspección o una prueba de trapo, una cantidad de solvente cloro no usual debe ser circulado sobre las superficies. La cantidad de agente de limpieza debe ser aproximadamente un litro por 10 pies cuadrados (1 m²).

5.4.2 Una muestra de 100 ml debe ser colectada en un recipiente de vidrio limpio y examinado para estar conforme con la sección 6.

5.4.3 Una muestra de 20ml debe ser evaporada hasta secar sobre un deposito de vidrio limpio y el residuo examinado para conformidad con la sección 6.

6. CRITERIOS PARA APROBACION

6.1 Inspección de los componentes debe indicar...

6.1.1 Ausencia de humedad.

6.1.2 Ausencia de agente de limpieza o residuo de soldadura o fundente de soldadura.

6.1.3 No se permite corrosión, sarro, partículas de materiales, gotitas de soldadura, astillas metálicas ni materia extraña como arena o desechos del lugar etc.. En general, se entiende que "si se puede ver fácilmente la partícula, la superficie no está lo suficientemente limpia".

6.1.4 Nada de pinturas, crayones o lacas (al menos que sea necesario tener las superficies pintadas por las especificaciones del trabajo).

6.1.5 Nada de hidrocarburos ni materia orgánica tales como aceite, grasa, pegamentos y selladores no aprobados etc. Lubricantes hidrocarbonados compatibles con el oxígeno son aceptables siempre y cuando son aprobados por el Inspector de ingeniería.

6.1.6 La inspección visual de las superficies bajo luz ultravioleta (longitud de onda 3660 Angstrom, unidades a. u.) no debe mostrar evidencias de fluorescencia de hidrocarburo, ni cantidades significativas de fibras textiles (más de 75 partículas por pie cuadrado (0.1 m²)). Areas de baja intensidad de fluorescencia deben ser reexaminados visualmente y con una prueba de trapo para determinar aceptabilidad. Ciertas materias como algunos óxidos metales,

pelusas, Oakite444 etc., fosforecen hasta cierto grado limitado, pero no son perjudiciales para una limpieza Clase AA. Se necesitan examinaciones repetidas y pasar un trapo varias veces para determinar si la materia en cuestión es inocua y se puede quedar o es dañina y se debe quitar.

6.1.7 Algunas fibras pequeñas tal vez resistirán una limpieza repetida y continuarán a fosforecer bajo la luz ultra violeta. En tal caso se debe informar al Inspector de Ingeniería.

6.1.8 Nada de decoloración ni manchas en el trapo salvo los causados por oxidación del metal (rubor de oxidación, óxido de aluminio gris o negro, óxidos de cobre, etc.). Las superficies de hierro fundido también pueden decolorar el trapo debido al elemento de carbón en hierro fundido.

6.1.9 Ninguna evidencia de residuo grasoso en el trapo.

6.1.10 Bajo ninguna circunstancia se debe considerar una superficie limpia si aparecen partículas visibles de cualquier tamaño en el trapo.

6.1.11 Residuos que fueron recogidos en papel filtrante de una prueba de las superficies inaccesibles (ver 5.3 y 5.4) deben ser examinados bajo una fuerte luz blanca y deben indicar ninguna acumulación de partículas visibles. La superficie del trapo en contacto con el solvente no debe ser decolorado ni manchado ni debe ser fosforescente.

6.1.12 En el caso que un análisis de laboratorio esté disponible, un nivel de 20 miligramos por pie cuadrado (200 mg/m²) es considerado como un máximo aceptable para películas de aceite.

6.2 ESTÁNDAR ILUSTRADOS

6.3 El interior de acero carbón recientemente limpiado o tubería aleada o equipo debe alcanzar el estándar ilustrado de ISO 8501-1 B Sa 2.

6.3.1 No debe haber oxidación en exceso de lo que se especifica en normas, antes de la instalación del componente.

7. PROTECCION Y PRESERVACION DESPUES DE LA LIMPIEZA

7.1 Inmediatamente después de completar satisfactoriamente la limpieza, se debe efectuar la siguiente acción (al menos que la especificación del trabajo indique que no):

7.1.1 Todas las aperturas de los equipos y componentes deben tener sellos contra el ambiente, tales como tapas plásticas, tapas metálicas o bridas ciegas metálicas de calibre 10 con juntas de goma (aproximadamente 1/8 pulgada o 3 mm de espesor). Piezas pequeñas pueden ser cerradas en bolsas fuertes de polietileno (espesor mínimo 4mils(0.1mm)).

7.1.2 Equipo y tuberías que tienen tendencia a la oxidación cuando son expuestos a la atmósfera deberían, si es posible, ser purgados de aire atmosférico y llenados de nitrógeno seco, libre de aceite con una presión ligeramente positiva. 1 psig (0.007 bar g). Si no hay disponible nitrógeno seco y libre de aceite, se puede utilizar aire seco libre de aceite, siempre y cuando el punto de rocío pueda ser garantizado de ser menos de menos 40 grados F. (-40 grados C.). El equipo debe ser claramente identificado como equipo presurizado y el medio de presurización debe ser indicado.

7.1.3 Equipos y tuberías que tienen tendencia a la oxidación cuando están expuestos a la atmósfera, también pueden ser mojados en una solución ligeramente básica (hidróxido sódico) ó fosforizados con una solución suave de ácido fosfórico ó su equivalente.

7.1.4 Equipos y tuberías que tienden a oxidarse, que no pueden ser presurizados deben tener paquetes de gel de sílice, alumina activada ó un agente similar que absorba la humedad, asegurados adentro en las tapas de las tuberías. Los absorbentes deben contener un indicador de color. Los paquetes deben ser conectados en grupos para que puedan ser retirados todos juntos. El equipo debe llevar una etiqueta que claramente identifique el equipo conteniendo absorbentes de humedad, la cantidad de paquetes y sus ubicaciones deben ser indicados. Como ha experiencia ha demostrado, paquetes absorbentes no son necesarios para válvulas manuales ó controles empaquetados apropiadamente.

8. ETIQUETAS

8.1 Además de las etiquetas requeridas en la sección 7 arriba, los

8.2 equipos y componentes limpiados de acuerdo con esta especificación deben llevar una etiqueta como la siguiente:

LIMPIEZA DE OXIGENO CLASE AA	
Vendedor _____	Fecha _____
Por _____	
MANTENGA CERRADO HASTA NECESITAR SU USO	

9. RESUMEN

- 9.1 Un procedimiento resumen abreviado de la limpieza Clase AA se encuentra en pagina siguiente.

TABLA B.1
Resumen abreviado de limpieza en uso de oxígeno Clase AA

	(AA) Limpieza para uso Oxígeno	OBSERVACIONES
Método de Inspección		
Luz Blanca fuerte	R	
UV (Luz Negra)	R	
Prueba de trapo	R	
Purgar con solvente	R*	
Criterio para aprobación		
Sin Humedad	R	
Sin agente de limpieza/ Residuo de fundentes	R	
Sin corrosión suelta, Sarro materia extraña, astillas metálicas etc.	R	
Sin Corrosión pegada, Sarro, materia extraña, etc.	R	
Sin aceite, grasa, hidrocarbones, pintura	R	
Sin fosforecencia bajo Luz UV	R	
ISO 8501-1/B Sa2	R	Esta línea se aplica solo en el caso de materiales ferrosos
Corrosión permitida por Inspector de ingeniería	R	Esta línea se aplica solo en el caso de materiales ferrosos
Protección		
Cerraduras, Tapas, Protección Embolsando	R	
Purga, Sílica Gel ó Equivalente	R	Esta línea se aplica solo en el caso de materiales ferrosos
Inhibidor	R#	Esta línea se aplica solo en el caso de materiales ferrosos
Etiquetas		
Etiquetas de Protección y Preservación	R	
Nivel de Limpieza – Limpieza de Oxígeno (Clase AA)	R	

Clave

- R = Requerido (Necesario)
- * = Cuando no es accesible ó visible
- # = Según el caso

Nota: Ver texto para explicación completa de los requisitos para la limpieza.

ANEXO C

GUIA PARA PRUEBA DE PRESION

1.0 PROPÓSITO

- 1.1 Establece un método estándar apropiado para la preparación de los procedimientos de prueba de presión de las tuberías para servicio de oxígeno gaseoso seco con una concentración mayor a 40% y una presión de hasta 1000 psig.

2.0 ALCANCE

- 2.1 Este método puede ser aplicado a todos los tipos de prueba de presión (taller, campo y líneas de tubería).

3.0 DOCUMENTOS RELACIONADOS

- 3.1 American Society of Mechanical Engineering (ASME) Codes.

B31.1 – Power Piping - Ch VI Inspection, Examination, and Testing.

B31.3 – Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping - Ch. VI Inspection, Examination, and Testing.

B31.8 – Gas Transmission and Distribution Piping Systems.

- 3.4 U.S. Department of Transportation (DOT), Code of Federal Regulations (CFR)
Title 49 - Transportation

Subchapter D – Pipeline Safety

Part 192 – Transportation of Natural and Other by Pipeline: Minimum Federal Safety Standards

- 3.5 NFPA 24 Private Fire Service Mains and Their Appurtenances

4.0 ANTECEDENTES

- 4.1 Las pruebas de presión de todos los sistemas nuevos de tuberías a presión son exigidas por la ASME y otras normas aplicables. Todos los sistemas de tubería construidos, operados y de propiedad de para servicio de oxígeno gaseoso de propósito en numeral 1.1 deben de reunir todas las normas aplicables.

Los diseñadores de las pruebas son responsables de la ingeniería, aprobación y entrega de los procedimientos de la Prueba de Presión, los procedimientos (QC200A o QC200B) serán proporcionados para todas las pruebas excepto a instancias de una estricta prueba de servicio de áreas específicas de la tubería o carretes. El diseñador de la prueba debe dar la aprobación inclusive en el caso de estas pruebas de servicio. El aprobador de la prueba es responsable de asegurar que las normas usadas para el diseño del sistema de tuberías son seguidas por el procedimiento de la prueba de presión.

Las pruebas de presión deben de reunir todas las normas apropiadas, sin embargo el propietario se reserva el derecho a exceder estos requerimientos a fin de asegurar la seguridad en la planta. Todos los carretes de tuberías de servicio de fluido de categoría D (Sec.5.3.1.3 para la definición) deben de ser probadas a presión en su fabricación facilitada antes del embarque. Las fugas son menos costosas para arreglar en la fábrica y el propietario tiene el derecho de pedir a su proveedor que verifique la calidad de sus productos antes de aceptar dicho producto. Los sistemas de tuberías que esta bajo condiciones de vacío deberán de ser probadas a presión.

4.2 Los procedimientos formales de la prueba de presión pueden tener una de estas tres formas: QC200A Diagramas de circuitos. QC200B diagramas de flujo coloreada a mano y QC200B Diagrama de flujo coloreado en CAD. El siguiente es un resumen típico para la generación del procedimiento de una prueba a presión.

1. Entrega de la Diagrama de flujo revisión 2 (o Diagrama de flujo de calidad equivalente para el área específica). El Diagrama de flujo revisión 2 representa como fue diseñado el sistema de tuberías. Para pruebas de módulos y campo, todos los Diagramas de flujo deben representar como se han diseñado los sistemas. Una prueba no procederá si hay discrepancia en el diagrama de flujo concerniente al área afectada de la prueba de presión.
2. Verificación de las presiones del circuito diseñadas y las válvulas de seguridad.
3. Establecimiento del tipo de prueba de presión y presiones del circuito.

4. Verificación de las capacidades de presión para todos los recipientes y componentes presurizados.
5. Preparación de los Diagrama de flujo coloreada a mano para CAD producción/ preparación de los formatos QC200A.
6. Diagramas de flujo codificada a color CAD paso preliminar de producción. Revisión de la prueba de presión.
7. Revisión de la Prueba de Presión.
8. Diagrama de flujo codificada a color CAD paso de corrección
9. Aprobación.
10. Entrega.

Si las hojas de circuito QC200A están siendo utilizadas en vez de un procedimiento codificado de color, entonces los pasos 6 y 8 serán omitidos. Si un procedimiento coloreado a mano es utilizado, entonces el paso 6 se omite y el paso 8 es un paso de corrección hecho por el diseñador de la prueba como Diagramas de flujo isométricos coloreados a mano.

- 4.3 En el caso de los procedimientos QC200A, el procedimiento deberá de ser dado a conocer al departamento de impresión o entregado electrónicamente. En el caso del procedimiento QC200B codificado a color a mano, el procedimiento debe de ser entregado al departamento de impresión. En el caso del procedimiento QC200B codificados a color CAD, la responsabilidad del grupo CAD mantendrá la prueba empezada originalmente e incorporará las iniciales de aprobación dentro de la copia electrónica. Las copias también deberán de ser conservadas por el diseñador de la prueba.
- 4.4 El grupo de construcción responsable debe de conservar la copia dura de todo lo firmado en campo y los procedimientos completos.

5.0 Desarrollo de la Diagrama de flujo de la Prueba de presión.

El diseñador de la prueba de presión debe especificar el alcance de la prueba. El alcance puede abarcar desde una conexión específica de un proyecto a todo una prueba de campo perteneciente a una planta entera. El alcance será declarado en el título del procedimiento.

- Un formato preliminar de resumen será preparado y reenviado a Ingeniería de Construcción en conjunto con la entrega del paquete mecánico del diseño de tubería.

5.1 Entrega de la Revisión 2 de la Diagrama de Flujo.

- Calculo del plazo final para la prueba.

Las prueba de presión de sistemas son exigidas por normas y un sistema no puede ser llevado al servicio antes de que la de prueba sea completada. Por esta razón es responsabilidad del diseñador de la prueba exigir tanto la fecha de entrega de la revisión 2 como el cronograma de la prueba de presión propuesto por la Oficina de Ingeniería de proyecto. El tiempo razonable para la entrega de los procedimientos es de 10 días hábiles para “Caja fría” y prueba de módulos y 20 días hábiles para pruebas de campo. Estos son valores mínimos y los cronogramas del procedimiento deben de ser incrementados si el diseñador esta al tanto del significado de los cambios en Rev. 1 / Rev. 2.

5.1.1 La Rev. 2 de la Diagrama de Flujo representa como el sistema de tuberías fue diseñado. La Rev. 2 de la Diagrama de Flujo será utilizada para todas las pruebas de presión excepto como se describe abajo. Una prueba no procederá si hay una discrepancia en la hoja de seguimiento concerniente a las áreas afectadas de la prueba de presión.

5.1.2 Cuando se utilice la Diagrama de flujo QC200A, una Rev 2 de la Diagrama de Flujo no se requiere si los dibujos de diseño aprobados los cuales han sido entregados para construcción: son usados como una base de verificación.

5.2 Verificación las Válvulas de Alivio de Seguridad...

5.2.1 Procure fijar las presiones en todo flujo y las Válvulas de alivio térmico del diseñador de la válvula de seguridad. especificaciones en copia dura o archivos controlados electrónicamente.

5.2.2 Verifique que todas las presiones sean mencionadas correctamente en el Diagrama de Flujo.

5.2.3 Cuando los dispositivos de alivio primario y secundario son utilizados, la presión de diseño del circuito es la de la presión ajustada de los dispositivos de seguridad primarios.

5.3 Establecer el tipo de prueba de presión y presiones del circuito.

- Determinar el tipo de prueba apropiado dadas las condiciones de diseño y alternativas de pruebas donde es aplicable determinar toda la prueba y presiones de revisión para cada circuito. En todo los casos, sin embargo la Prueba de Presión igualará al menos al ajuste de la válvula de alivio térmica.

5.3.1 Tipo de prueba de presión

5.3.1.1 Neumática (aire o nitrógeno).

- El medio de prueba debe ser seco (40°F de punto de rocío) y libre de aceite.
- Las pruebas neumáticas garantizan un sistema limpio sin residuos de agua los cuales se congelarian en un sistema Criogenico.
- Una prueba neumática involucra una gran cantidad de energía almacenada y por razones de seguridad en cualquier momento que una prueba de presión exceda los 1000 psi. Se debe considerar una prueba hidráulica.
- Una prueba de presión neumática involucra dos presiones diferentes una presión de prueba plena y una presión de prueba de revisión. la resistencia del sistema es probada con la presión de prueba plena. El sistema es presurizado y mantenido en la presión de prueba plena por 10 minutos para las pruebas en concordancia con ASME B31.3. La presión es entonces reducida a la presión de prueba de revisión, (presión de diseño del sistema) y todas las uniones son revisadas con jabón.

5.3.1.2 Prueba Hidrostática (agua)

- Las pruebas hidrostáticas son típicamente utilizadas en vapor, agua y sistemas con glycol. Los sistema de agua puede ser probados en servicio por los requerimientos de normas y/o códigos.

- Las pruebas hidrostáticas serán consideradas en todas las situaciones donde el agua no pueda causar ningún problema potencial como agua congelada o producto de contaminación.
- Una prueba hidrostática es más segura que una prueba neumática debido a la virtual incompresibilidad del agua.
- Las pruebas hidrostáticas involucran la prueba de presión solamente.

5.3.1.3 Pruebas de Servicio (a las condiciones de operación).

- Todos los circuitos dentro del alcance del procedimiento que no son probados por otros significa que son probados en servicio.
- Una prueba de servicio solo puede ser realizada en un fluido de categoría D como se define abajo.

Definición:

Servicio de fluido categoría D. – Un servicio de fluido en el cual todo lo siguiente es solicitado.

1. El fluido manejado no es inflamable, no es tóxico y no es dañino al tejido humano (ver mas abajo).
2. La presión medido de diseño no excede a 150 PSI (1030 kPa).
3. La temperatura de Diseño es de –20F (-29C) hasta 366F (186C)

Dañino al tejido Humano .- Para el propósito de ASME 831.3 Esta frase describe un servicio de fluido en la cual la exposición al fluido, causado por la fuga bajo condiciones de operación esperadas, puede dañar la piel, ojos o exponer membranas mucosas de modo que un daño irreversible pueda resultar, a menos que las medidas preventivas necesarias sean tomadas.

5.3.1.4 Pruebas de tubería.

- Las tuberías pueden ser sujetas a normas y regulaciones adicionales, verifique y revise todas las normas aplicables antes de la prueba de ingeniería.
- Los requerimientos para la prueba de presión para tuberías, varían dependiendo del medio de prueba, localización, clasificación, presión de operación versus el esfuerzo de fluencia de la tubería y los estándares aplicables para la cual fue diseñada la tubería.

5.3.2 Presiones.

5.3.2.1 La presión de revisión es igual a la presión de diseño del sistema.

5.3.2.2. Presión de Prueba completa

La tabla siguiente contiene algunas normas exigidas y usadas comúnmente

Norma aplicable	Equipo/Sistema de Tuberías	Prueba de Presión Hidrostática	Prueba de Presión Neumática
ASME B31.1.1 ¹	Tubería Externa de Caldero	1.5 x Presión de Diseño (Párrafo PG 99 de la Sección I de la norma ASME para recipientes a Presión y Calderos.	
	Sin Caldero Externo	1.5 x Presión de diseño	1.2 min / 1.5 max x Presión de Diseño
ASME B31.1.3 ²	Equipo/Tubería de Proceso en campo	1.5 x Presión de diseño x ST/S	1.10 x Presión de Diseño
	Caja Fria		1.10 x Presión de Diseño
	Sistema de Agua Contra Incendio	200 psig	

U.S. Department of Transportation (DOT)

Tubería

- Clase 3 o 4 localización⁴ Tubería instalada anterior al 12/11/70 1.4xPresión de diseño
- Clase 3 o 4 localización⁴ Servicio sujeto a conversión³ 1.5xPresión de diseño

Notas:

1. ASME B31.1 - Power Piping Code Chapter VI Section # 137 - "Leak test"
2. ASME B31.3 - Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping Code Chapter VI Section # 345 - "Testing" donde:
ST = Esfuerzo Permisible a la Temperatura de Prueba.
S = Esfuerzo Permisible a la Temperatura de Diseño.
Refiérase al Anexo "A" de B31.3 para los valores de ST y S.
3. Tubería de Acero que previamente fue Utilizada en servicio no sujeto a la parte 192.
4. Incluye todos los compresores, reguladores y estaciones de medición en localizaciones Clase 1 y 2.

5.4 Verificación de las capacidades de Presión, para todos los recipientes y componentes presurizados.

5.4.1 Lista de diseño de presiones y presiones de Prueba seguidas para cada equipo en la Diagrama de Flujo.

- Items que contienen presión incluyen acoplamientos "Dresser" mangueras enrollables y juntas de expansión.
- Las presiones son obtenidas de los alcances del proveedor aprobados, el certificado de las pruebas de Presión y/o confirmación escrita del diseñador del equipo.

5.4.2 La prueba de presión establecida no excederá la presión a la cual los recipientes y otros elementos fueron previamente probados.

5.4.3 Todos los componentes de presión serán verificados para establecer la presión de prueba.

5.5 Preparación de la Diagrama de flujo coloreada a mano.

- Si el Diagrama de flujo coloreada a mano esta por ser terminada para su entrega: debe de tomarse un cuidado especial para asegurar la legibilidad y claridad de todas las observaciones de prueba la de Presión.

5.5.1 Los circuitos están para ser claramente marcados y diferenciados en el Diagrama de flujo

5.5.1.1 Las presiones de Prueba diferentes son codificadas con colores diferentes y simbolos en el Diagrama de flujo.

- Cada presión debe de tener su color distintivo donde sea posible. Circuitos diferentes con las mismas presiones deben de tener el mismo color pero deben de tener diferente color de sombreado o vistoso. Las pruebas de servicio son excepciones a esta regla. Todas las pruebas de servicio son representadas por puntos rojos y líneas negras delgadas.

5.5.1.2 Todos los circuitos a ser etiquetados en el Diagrama de flujo son con puntos cruzados si no hay puntos cruzados, establecer etiquetas claramente de modo que todo circuito sea fácilmente identificable.

5.5.1.3 Las transiciones de circuitos deben de ser mostradas como interrupciones de circuito con ambos números de circuitos en la interrupción.

5.5.2 Procedimiento para codificar con colores en Diagramas de flujo.

5.5.2.1 Empezar coloreando circuitos en el dispositivo de alivio y colorear todas las líneas protegidas por ese dispositivo.

- En cada válvula de bloque examinar posible cierre en caso de una sección del circuito. Cada segmento debe de ser adjuntado al circuito al cual tiene el mayor ajuste de alivio de presión que el segmento pudo ver dando todos los casos.
- Circuitos de parada y bomba de conexión. Ambos lados ingreso y salida de un compresor serán cortados para asegurar que este no se dañe durante la prueba. los compresores no son normalmente completamente probados. sin embargo. si no hay otra alternativa practica. Los

compresores serán probados. En este caso el diseñador del compresor debe de ser consultado para el procedimiento apropiado.

5.5.2.2 Compare la capacidad del equipo y las especificaciones de tubería para propósitos de presión de prueba. La presión de Prueba Propuesta no excederá las presiones de prueba del equipo

- Si se dispone de los isométricos de las tuberías inspeccionar isométricos para precisión de las gafas, interruptor y trazado de tubería.

5.5.2.3 Unión de circuitos de Prueba.

- Los circuitos adyacentes pueden ser probados juntos con la mas alta presión de prueba si y solo si todos los recipientes a presión, elementos presurizados, y las especificaciones de tubería han sido probados/ aprobados para la mas alta presión (Asegúrese que se mantiene 5.5.2.2.)
- Los circuitos de alivio térmico típicos pueden ser combinados con un circuito adyacente. Si este es el caso el ajuste de alivio térmico no es mayor que el 110% del circuito adyacente, entonces estos dos circuitos pueden ser combinados y probados juntos a la presión de prueba basada en el ajuste de seguridad de flujo plano para el circuito (ver 5.2.1.).

5.5.2.4 Protección de Circuitos adyacentes.

- Los circuitos de alta presión representan una amenaza para los circuitos de baja presión durante la prueba si las válvulas de seguridad no están presentes. Si un circuito de alta presión esta adyacente a uno de presión mas baja en una válvula o tasa ciega, entonces el circuito de menor presión debe de ser listado en la protección de circuitos adyacentes para el circuito de mayor presión. La protección del circuito no es necesaria si los circuitos están positivamente aislados uno del otro por tapas o bridas ciegas.

5.5.2.5 Prepare una lista de circuitos con la siguiente información:

- Numero de circuito, color de circuito (como coloreado a mano) Presión de Revisión, Presión de Prueba Plena, Ajuste de la válvula de seguridad de prueba, tipo de Prueba, paginas de Diagrama de flujo de los circuitos, protección de circuitos adyacentes y notas adicionales.
- En circuitos que contenga grandes volúmenes de gas use la nota de: "Volumen de gas Grande". Ingeniería de Construcción debe de aislar en circuitos más pequeños.

5.5.3 Tapas, Tapas de Pruebas y requerimientos de brida ciega.

5.5.3.1 Examine todas las especificaciones de dispositivos de alivio para conexiones finales.

- Como regla general, las válvulas de alivio son normalmente roscadas por debajo de 2 pulgadas y bridadas en mayores de dos pulgadas. Sin embargo, todas las especificaciones deben de ser revisadas.
- Los discos de ruptura son normalmente bridados pero también deben de ser verificados.

5.5.3.2 Examine los isométricos de tuberías para conexiones finales de tuberías en interrupciones de circuitos.

- La tubería por debajo de dos pulgadas es normalmente roscada o soldada a traslape, verifique si una especificación de tubería especial es utilizada.
- Todas las conexiones de extremos de 2 pulgadas o mayores serán verificadas.
- Si las tapas de prueba o bridas ciegas se especifican como conexiones de extremos, asegúrese que las conexiones están clasificadas para presión de prueba plena del circuito. Si las capacidades son insuficientes entonces la tubería será reportada. Los componentes debajo de la clasificación serán previamente reemplazados para la prueba.

5.5.3.3 Dibuje símbolos de tapas en todas las interrupciones de circuitos roscadas, todas las conexiones soldadas de 1.5 pulgadas o menos y cualquier conexión final que requiera una tapa de aislamiento.

- Si la tapa es una tapa VICTAULIC entonces una caja será agregada a el Diagrama de flujo dando el tamaño de la tapa VICTAULIC y el numero de parte (Generalmente #60).

5.5.3.4 Asignar tapas numeradas y ciegas.

- Dibuje símbolos de tapas en todas las conexiones soldadas de 2 pulgadas o mayores, a menos que los isométricos especifiquen para una conexión final diferente. Emplace las tapas en cualquier lugar que requiera aislamiento para llevar a cabo la prueba
- Coloque bridas ciegas en las conexiones de la válvula de alivio bridadas . Coloque bridas ciegas y equipo de conexión si el modulo o el equipo no esta presente durante la prueba.
- Cada tapa ciega será numerada individualmente. Cerca de cada tapa ciega numerada liste: tapa de prueba, o brida ciega, tamaño y clase/espesor.
- Liste información de la tapa ciega en un resumen de tapas ciegas, numero de circuito de tapa /ciega, localización de la tapa o ciega (etiqueta del dispositivo de alivio o línea) clase/espesor.

5.5.4 Consideraciones adicionales a el Diagrama de flujo.

- Escala de nivel (LG), transmisor de nivel (LT) manifolds que pueden ser probados.
- Las líneas de instrumentación pueden ser aisladas de la prueba por válvulas o tapas.
- Las Válvulas de Control de Presión (PCV) no pueden ser completamente probadas. Si no es significativa la tubería entre la PCV y la válvula de bloque mas cercana entonces el circuito puede terminarse en la válvula de bloque. Si ambos lados de una PCV van a ser probados, entonces la PCV será retirada. Si esto es practico y en ambos lados se van a probar a la misma presión, entonces la instalación de un carrete será requerida. Si ambos lados van a ser de diferentes circuitos, entonces ambos lados deben de ser tapados. El ingeniero de Prueba de Presión especificará que una caja de información conteniendo el numero de la etiqueta de la PCV será agregado a el Diagrama de flujo el cual especificara el retiro y colocación de carretes o tapas.

- Las tapas ciegas no serán usadas para aislar circuitos. El Ingeniero de Prueba de Presión especificará que una caja de información será agregada a el Diagrama de flujo para cada tapa ciega localizada en el circuito. Esta caja especificará que la tapa ciega estará en la posición abierta previa al inicio de la prueba del circuito. Esta caja también declarará si la brida ciega estará en la posición abierta o cerrada después de la prueba.
- Todas las válvulas de revisión en los circuitos de prueba debe de ser encerradas en un circulo para permitir una fácil identificación en el campo.

5.5.5 Procedimiento alternativo. Preparación de QC200A.

- El QC200A es un procedimiento opcional del código de color para un Diagrama de flujo este método puede ser usado solamente si no hay circuitos interconectados en la tubería que está siendo probada a presión y los circuitos pueden ser fácilmente distinguidos por una descripción escrita.
- La información "asi diseñado" será verificado por un Diagrama de flujo Rev. 2. o una Rev. 0 aprobada de diseño de dibujos.
- Determinar la presión de diseño para circuito más grande, y determine la presión de revisión y la presión de prueba plena (5.4.2.1).
- Asegúrese que todas las especificaciones de tuberías, válvulas, componentes de línea y recipientes estén debidamente clasificados por una presión plena de prueba del circuito.

5.5.5.1 Declarar el número del circuito(1), nombre del circuito, (nombre del módulo) y fecha de la prueba de ingeniería en la parte superior del formato.

5.5.5.2 Inserte presiones plenas y de revisión, y tiempos de mantención (la prueba completa debe de ser mantenida al menos 10 minutos) en sección 2.

- 5.5.5.3 Insertar el tipo de Prueba (5.3.1), el medio de prueba, capacidad apropiada del distribuidor y la válvula de seguridad de la prueba apropiada en sus correspondientes salidas.
- 5.5.5.4 Reporte toda ubicación de tapas así como el tamaño nominal y su espesor.
- 5.5.5.5 Establecer las capacidades de todos los equipos.
- 5.5.5.6 Adjuntar cualquier nota esencial concierne a la prueba.
- 5.5.5.7 Ponga de manifiesto dibujos específicos y el número de revisión del dibujo el cual fue utilizado para constituir la información del diseño.
- 5.5.5.8 En el título de la caja asegúrese que lo siguiente este correctamente detallado:
 - Número de revisión, Fecha de Entrega, nombre del preparador, nombre del proyecto, nombre de la prueba y número de documento.

5.6 Código de color CAD del Diagrama de flujo.

- El código de color de los Diagramas de flujo será realizado por un dibujante calificado CAD. Todas las pruebas serán archivadas por el departamento CAD responsable por la codificación de color del Diagrama de flujo (4.3.)

5.7 Revisión del procedimiento de la prueba de Presión.

- La prueba de Presión será revisada por el diseñador de la Prueba de presión para asegurar que todo comentario coloreado en la diagrama de flujo haya sido agregado.

5.7.1 El aprobador de la Prueba.

- El aprobador de la Prueba esta para revisar el procedimiento del diseñador de la prueba de presión. La precisión de las capacidades del equipo, fines de conexiones empalmes tapas /ciegas los dispositivos de alivio de seguridad son asegurados por el diseñador.

5.7.1.1 El aprobador asegurara todos los circuitos teniendo:

- Revisión completa y presiones de prueba plena.
- Ajustes de seguridad convenientes para válvulas de alivio de prueba.
- Todas las tãpas y bridas ciegas adecuadamente emplazados y marcados.
- Diagrama de flujo convenientemente con puntos cruzados de circuitos.
- Protección adecuada del circuito.
- Todas las capacidades y presiones de prueba iguales o mayores que las presiones de prueba completa y de revisión.
- Toda obstrucción posible de circuitos (PCVs , paletas ciegas , válvulas de revisión. etc.) son adecuadamente marcados y etiquetados.

5.8 Consentimiento de Construcción.

El procedimiento firmado será revisado por el constructor del proyecto para comentarios y aprobación escrita. todo comentario de construcción será dirigida previamente a la entrega de la prueba de Presión.

5.9 Ajuste de la válvula de seguridad de Prueba.

El ajuste de la válvula de seguridad será determinado por lo menos de 110% de la presión de prueba completa o presión de prueba completa más 50 PSI

5.9.1 Ensayos no destructivos. (Radiografía y Líquidos Penetrantes).

- Si todas las conexiones son verificadas por los métodos de ensayos no destructivos. entonces la prueba de presión en la presión de revisión completa puede no ser requerida.
- Use el método de ensayo no destructivo cuando la prueba de presión sea poco practica. tales como conexiones de empalme en campo soldados o soldaduras de tanques al primer bloque de válvula.

5.9.1.1 Radiografía : Es el proceso de usar Rayos X para establecer la integridad de la soldadura.

- Las soldaduras a tope son las conexiones que solamente pueden ser radiografiadas.

5.9.1.2. Líquidos Penetrantes : Es el proceso de usar un tinte para penetrar la soldadura y detectar alguna superficie defectuosa.

- Las soldaduras a traslape son las únicas conexiones que pueden ser ensayadas con tintes.
- Ni el tubo de cobre o el brazo de conexiones puede ser ensayado con tintes o radiografiado, estas conexiones deben de ser probadas a presión (5.4.1.)
- La brida y conexiones roscadas necesitan ser solamente probadas en servicio (5.4.1.3.) si la tubería de conexión y alguna brida soldada han sido probada previamente por requerimiento de norma.

DOCUMENTO DEL PROCEDIMIENTO DE PRUEBA DE PRESIÓN QC-200 "A"

1.) Numero de Circuito: _____ Fecha: _____
Nombre del circuito: _____

2.) Prueba de Presión

Revisión (PSIG) : _____ Tiempo mantenido:(requerida para uniones con jabon)
Completa (PSIG): _____ Tiempo mantenido: _____

3.) Tipo de prueba. : _____
Medio de Prueba. : _____
Capacidad del Manifold de Prueba. : _____
Válvula de Seguridad de Prueba. : _____
Tamaño del Orificio de Prueba. : _____

4.) Localización de Tapas VER GRÁFICO DE TAPAS

5.) Capacidades de Equipos _____

6.) Nota (s): _____

7.a.) N° Dibujo de Diseño : _____ 7.b)Revisión : _____

1.0 Alcance

1.1 Este procedimiento describe los requerimientos del Propietario para sistemas de tuberías en proceso de prueba de presión.

2.0 Excepciones

2.1 Las excepciones a esta especificación no serán tomadas por el contratista a menos que ellas sean aprobadas por escrito por el representante local en campo de El Propietario.

3.0 Documentos Aplicables

3.1 La prueba de presión no empezará hasta que este documento y la especificación 600.219 listada abajo haya sido recibida y revisada en detalle por el contratista con el representante en campo de El Propietario.

3.2 Especificación de construcción: (aplicable)
600.219A 600.219PL

4.0 Verificaciones

La instalación física será exclusivamente revisada por el supervisor de la prueba de presión para asegurarla de acuerdo con el procedimiento de prueba. Cualquier discrepancia será anotada y rectificada con la Ingeniería de Diseño previa a la prueba del circuito comprometido.

La verificación de la instalación previa a la prueba que el sistema ha sido instalado de acuerdo a los dibujos y especificaciones y esta listo para ser probado a presión.

Testigo _____
(Contratista)

Verificación de la Prueba de presión y despresurización en concordancia con esta especificación la diagrama de flujo de la prueba a presión codificada a color.

Testigo _____
(Contratista)

Testigo _____
(El propietario)

Apéndice 1 : NOTAS EN PRUEBAS ESPECIFICAS

a) Prueba en fabrica de caja fría

Las cajas frías comúnmente solo tienen 2 presiones de diseño. Estas son normalmente establecidas por la columna de alta presión (HP) y la columna de baja presión (LP). Si solamente 2 circuitos están presentes, entonces la columna HP debería de ser coloreada de rojo y la columna LP debería de ser coloreada de azul oscuro. Todos los circuitos deben ser neumáticamente probados.

B) Prueba de Campo de Caja Fria

Las cajas frías unidas en campo serán probadas a presión para asegurar su integridad mecánica. Esta prueba será realizada previamente al empaque de aislamiento de la caja fría. Todo circuito debe ser neumáticamente probado.

C) Prueba de Equipo Modular

Los Módulos serán probados en el taller del fabricante previamente a su embarque. Toda liquido refrigerante, glycol o aire de instrumentación será probado. El equipo Modular frecuentemente tiene solo una circuito de presión o puede ser combinado seguramente dentro de un circuito de presión y por lo tanto puede ser escrito como un procedimiento QC200A

D) Prueba de Campo

Casi Todos los proyectos requeriran una prueba de campo. Si hay una tubería conectada en campo entonces debe considerarse una prueba en campo. Las plantas convencionales con sus proyectos de módulos pueden necesitar solamente correr una prueba de servicio para uniones finales, pero el diseñador de la prueba debe establecer que esta prueba de servicio reunirá todas las normas de Tubería requeridas.

E) Prueba Bajo tierra

La prueba bajo tierra puede ser normalmente acompañada con el uso del documento QC200A .

F) Prueba de Servicio

Las pruebas de servicio son realizadas con el fluido operativo en la presión de operación. Las pruebas de servicio pueden realizarse solamente en servicios de categoría D. Si incluso un circuito no reúne el criterio de la categoría D entonces debe de ser preparada una prueba de presión de campo.

Número de Circuito:

Fecha de Prueba:

	Inicio	Acción	Tarea
1.		Contratista Propietario	Confirme la presión de diseño y la presión de prueba plena del circuito que esta siendo probado: Presión de Diseño: PSIG Presión de Prueba Plena PSIG
2.		Contratista	Confirme la Presión de Diseño o presión de estallido de las mangueras conectadas en el cilindro de gas N2 al manifold de inyección de presión y al punto de inyección
3.		Propietario	Confirme la presión de diseño o presión de estallido de la tubería del manifold de inyección de presión, válvulas y calibres. <u>El manifold de prueba y las válvulas deben de tener una presión de diseño de al menos 3000 Psig y haber sido probados a presión.</u> Allí habrá 2 escalas calibradas apropiadamente, una válvula de alivio de seguridad, una válvula de cierre (shut-off), una válvula de regulación y una válvula de sangrado(bleed valve). Es aceptable tener una escala de presión en el manifold de inyección de presión y una en el circuito de Tubería que esta siendo probado.
4.		Propietario	Asegúrese que el manifold de inyección de presión este firmemente anclado al menos 25 pies desde la tubería del circuito de prueba
5.		Contratista Propietario	Asegúrese la correcta instalación de la válvula de seguridad de prueba de presión en el manifold de inyección de presión.
6.		Contratista Propietario	Verificar MAWP de todo el equipo y compruebe al azar las capacidades de presión, materiales en las válvulas e instrumentos en circuitos.
7.		Contratista	Asegúrese que todas las juntas de expansión estén provistas con una restricción temporal, si se requiere, para la carga adicional de presión a bajo prueba o debe de ser aislado de la prueba. Confirme con el fabricante si es necesario.
8.		Contratista	Asegúrese que todas las juntas, incluyendo soldaduras a tope, soldaduras a solape y uniones soldadas estén fuera de aislamiento y expuestas para examinar durante la prueba
9.		Contratista	Asegúrese de las precauciones que deben ser tomadas para la ventilación propia si la prueba es conducida con nitrógeno en una área cerrada (caja fría dentro de la edificación)
10.		Contratista	Asegúrese que todo el equipo giratorio este completamente aislado de presión (en caso de falla de la válvula) para instalar las apropiadas tapas de prueba. Asegúrese que las tapas de prueba estén adecuadamente instaladas, la dimensión soldada sea la correcta, y sean del material correcto. Un registro será guardado por todas las tapas de prueba las cuales incluyen : Numero de Tapa, ubicación, fecha de instalación, fecha de remoción.
11.		Contratista	Asegúrese que todo el circuito a ser probado haya sido examinado, usando la ultima revisión del P&ID.
12.		Contratista	Asegúrese que las válvulas requeridas abiertas o cerradas para la prueba de presión estén etiquetadas y/o trabadas.
13.		Contratista	Asegúrese que las precauciones hayan sido tomadas para proteger los

		Propietario	circuitos adyacentes los cuales no han sido comprobados o son de una menor presión de diseño. (Una PZV ha sido instalada o abierta a la atmósfera, válvulas de sangrado abiertas a la atmósfera y etiquetadas.)
14.		Contratista Propietario	Asegúrese de las señales de estado de precaución " peligro Prueba de Presión" sean mostradas en el circuito de prueba. Para todas las pruebas de circuito con presión de diseño que exceda 150 Psig solamente personal que dirige la prueba personal podrá estar dentro de 25 pies del Circuito. Para pruebas severas de alta presión o gran volumen la prueba deben ser realizada después de horas de trabajo para limitar la exposición de personal o el área debe ser desalojada.
15.		Contratista	Asegúrese que una persona permanezca en el manifold de prueba durante la integridad de la prueba de presión. Identificar claramente quien esta encargado de la prueba.
16.		Contratista	Si la presión de diseño del circuito es mayor que 25 psig, inyecte gradualmente presión y realice preliminarmente la revisión de ruptura con jabón a 25 psig.
17.		Contratista	Incremento gradualmente la presión (en incrementos de 25% del total de la presión de prueba total) para proveer tiempo suficiente a fin de permitir a la Tubería equilibrar esfuerzos. Incremente la presión a la presión plena de la prueba (Prueba de Resistencia) mantenga la presión por 10 minutos.
18.		Contratista	Durante la prueba completa ninguna persona estará dentro de unos 25 ft (pies) o dentro del área cerrada del circuito de prueba. <u>Esta es la parte mas peligrosa de la prueba!</u>
19.		Contratista Propietario	Reducir la presión a la presión de prueba de diseño (Prueba de revisión) y una revisión de fuga de jabón.
20.		Contratista	Si no hay fugas detectadas, bajar la presión del circuito y registre los resultados de la prueba.
21.		Contratista	Establecer un registro de todas las válvulas que fuguen continuamente. Indicar la razón de la fuga (si es posible) y la acción.
22.		Contratista	Si hay fugas detectadas, registrar las áreas de fuga, disminuir la presión, Efectuar las reparaciones y repetir la prueba.
23.		Contratista Propietario	Un registro de la prueba debe ser echa por cada prueba, incluyendo la fecha de la prueba, identificación de la tubería probada (número de línea), fluido de prueba, presión de diseño, presión total de la prueba, firmas de aprobación confirmando atestiguar la prueba por el Contratista y Propietario.
24.		Contratista	Después de una prueba exitosa una copia limpia del más reciente P&ID debe ser señalada mostrando el circuito de la Tubería el cual fue examinado, número de circuito, y fecha de la Prueba.

ANEXO D

CÁLCULOS

The reverberatory furnace is widely used in the smelting and refining of copper. In the past the main improvements have tended to be associated with detailed improvements of design, longer life refractories, better maintenance and similar operational factors. This paper describes works trials over a six month period in which the effects on operational efficiency of the introduction of an oxygen enriched air blast were investigated.

The role of oxygen in the improvement of metallurgical processes is well known. The technological feasibility of its use in reverberatory smelting has been mentioned by V. I. Smirnov, A. M. Davidson, N. P. Denisov and others (1-3). Enrichment of the blast with 25-29% oxygen was first tried in a reverberatory furnace at the Balkhash Mining Metallurgical Combine* in 1963-1964 by the All-Union Scientific Research Institute for Nonferrous Metals, The Central-Asian State Institute for Nonferrous Metals, and The All-Union Scientific Research Institute for Metal Science and Heat Treatment (4). It was found that the productivity of the reverberatory furnace increased by 2.7% and the fuel consumption decreased by 2.2% for each percentage unit increase in the oxygen content of the blast. The concentration of sulphur dioxide in the gases increased from 1.5 to 2.5%, and the dust removal was reduced by 40-45%. The wear on the lining of the Dinas tool was the same with the use of oxygen as with the use of an air blast. Considerable savings were achieved by introducing air-oxygen blast in the reverberatory furnaces at the Balkhash works. Oxygen was later used in reverberatory furnaces at the Copper-Cliff works. To protect the roof of the furnace the oxygen was delivered through special tuyeres under the burners. The oxygen concentration in the blast at the Copper-Cliff works was not greater than 30%. The investigations at the Balkhash and Copper-Cliff works were limited to a relatively small range of oxygen concentrations, and the question of increasing the SO₂ content in the gases to levels which would permit their use for sulphuric acid production remained unsolved.

Investigation into Delivery Method

For this reason in 1967 prolonged industrial trials in two stages were carried out at the Almayk copper smelting works on the use of air-oxygen blast in reverberatory smelting with a view to selecting the

*Balkhash is in Eastern Kazakhstan which is the second largest production centre for copper in the Soviet Union.

optimum method for delivery of the oxygen into the furnace and its concentration in the blast. In the first stage the reverberatory furnace was operated with an air blast, and in the second stage with oxygen concentrations of 25, 30, 35 and 40%. The supply of oxygen through special tuyeres under the gas-air flame and into the blast pipe for preliminary mixing with the air was tried. The reverberatory furnace operated with a charge of the following composition: 80% concentrate, 8% recycled material, 5% limestone and 7% quartz and with a thermal loading of 8000 m³/hr of gas (67.2 x 10⁶ kcal/hr). With enrichment of the blast with oxygen to 40% and a thermal loading of 8000 m³/hr the productivity of the reverberatory furnace exceeded the converter throughput capacity. This led to the need to reduce the gas consumption to 7000 m³/hr. With the relationship found earlier between the melting throughput and the thermal loading (5) it was possible to convert the experimental data to a thermal loading of 8000 m³/hr.

Before the trials the furnace was used with a lower-melting charge (without addition of the quartz flux); at the time of the trials a higher-melting charge was introduced. The temperature of the air supplied to the furnace was 25-35°C against the 100-130°C obtained with the use of heat exchangers. The specific throughput achieved in the first half of 1967 during investigations at the air conditions fell to

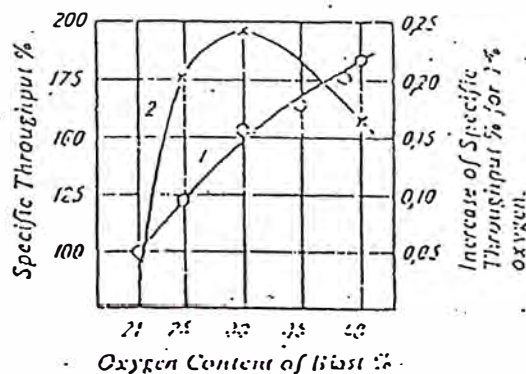


Fig. 1. Dependence of Specific Throughput on Oxygen Content of Blast and its Increase for 1% oxygen. 1 = m % 2 = for 1% oxygen.

Table 1.
 Technical and Economic Characteristics of Operation of Reverberatory Furnace with Air-Oxygen Blast

Characteristic	Air Blast	Oxygen content of blast, %						
		25		30		35		40 +
		A	B	A	B	A	B	B
Specific throughput, %	100	119.5	122	144.4	155.8	157	164	184.4
Specific fuel consumption, kg/t	264	220	215	185	169	168	160	144
Copper content of slag, %	0.49	0.43	0.47	0.46	0.41	0.44	0.45	0.46
SO ₂ content of gases, %	3.37	6.2	6.2	6.0	6.0	7.2	7.2	7.20
Dust content of gases, g/m ³	0.69	0.49	0.48	0.45	0.44	0.46	0.55	0.52
Dust removed into chimney, %	0.95	0.48	0.47	0.35	0.32	0.37	0.35	0.41
Arbitrary copper distribution coefficient	0.023	0.025	0.0262	0.0256	0.023	0.022	0.0246	0.019

+During operation of the furnace under these conditions the thermal loading was maintained at 59×10^6 kcal/hr. A = delivery of oxygen into tuyeres; B = into blast pipe.

3.62 ton/m², day. In the course of the trials the effects of the method of delivering the oxygen into the furnace and its concentration in the blast on the technical and economic characteristics of the process were determined (Table 1). The higher specific throughput and the lower specific fuel consumption obtained when the oxygen is delivered through the blast pipe are explained by better organization of the combustion process (mixing of gas and oxygen), and this is confirmed by the variation in temperature and gas phase composition along the longitudinal axis of the furnace.

When the oxygen concentration of the blast is increased from 21 to 40% the productivity of the furnace increases by 84.4%. It increases by 0.160 ton/m², day for each percentage unit by which the oxygen concentration is increased (Fig. 1). During operation of the reverberatory furnace with an air blast the copper content of the waste slag was 0.49%. The arbitrary copper distribution coefficient under these conditions was 0.023.

Enrichment of the blast with oxygen leads to some decrease in the copper content of the slag (Table 1). However, the arbitrary coefficients for dis-

tribution of copper between the slag and the matte are constant for various oxygen concentrations in the blast. Consequently the losses of copper remain at the same level. The use of air-oxygen blast makes it possible to operate with a higher-melting charge and to produce more siliceous slags, which enables a reduction in the losses of copper through the waste slags by selection of their optimum composition.

The recovery of copper into the matte was not calculated individually for each procedure, but combined material balance (Table 2) for the whole period of the trials (July-November 1967) was composed from the monthly balances including the weight of crude copper and anodes imported. The amount of dust released into the chimney (irrecoverable losses) is reduced considerably in the operation of the reverberatory furnace with air-oxygen blast; compared with the air blast the recovery of copper into the matte increases by 0.37-0.63%. The reduction in the fu-

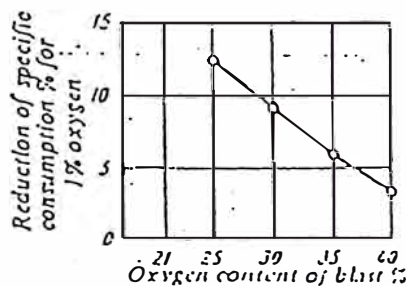


Fig. 2. Reduction in specific consumption % for 1% increase in oxygen.

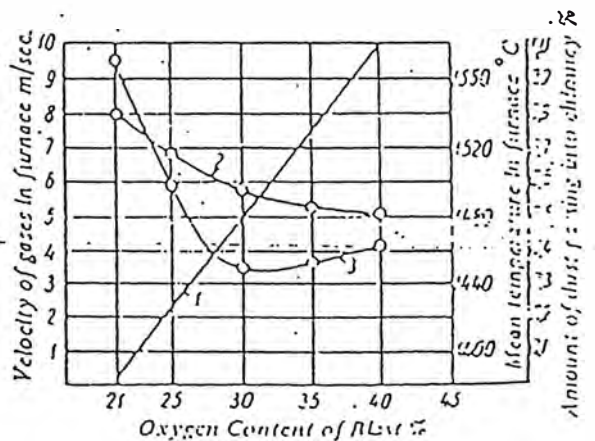


Fig. 3. Dependence of average furnace temperature (1) gas velocity (2) and amount of dust passing away (3) on oxygen content of blast.

Items of Balance	Yield, %	Composition of charge, %	Amount of dry Material, ton	Content %	Cu		S		Distribution, %
					Amount ton	Distribution, %	Content %	Amount ton	
Loaded									
Concentrate	47.64	80.18	88379.8	16.70	14759.42	86.64	36.20	31993.48	94.15
Quartz	4.14	6.95	7661.6	0.72	55.16	0.324	1.86	142.50	0.420
Slime	2.94	4.95	5458.9	—	—	—	—	—	—
Recycled materials	4.71	7.92	8737.7	7.87	687.50	4.036	7.50	655.32	1.94
Inverter slag	40.54	—	75158.5	2.04	1533.23	9.00	1.59	1187.1	3.48
Total	100.00	—	185396.5	9.18	17035.31	100.00	18.93	33978.31	100.00
Obtained									
Slime	45.40	—	84088.40	19.68	16553.63	97.31	22.24	18701.26	55.00
Slag Waste	46.50	—	86305.00	0.43	371.11	2.18	1.07	923.46	2.70
Losses	7.70	—	14285.10	—	—	—	—	14285.10	42.0
Dust, losses	0.40	—	718.00	15.40	110.57	0.65	9.54	68.49	0.20
Total	100.00	—	185396.5	9.18	17035.31	100.00	18.33	33978.31	100.00

assumption for each per cent increase in oxygen concentration (Fig. 2) amounts to 2.75% for oxygen concentrations between 21 and 40%, and 4% for oxygen concentrations between 21 and 30%.

Dust Content of Flue Gases.

The dust content of the gases was determined at the exit to the chimney (irrecoverable losses) including the amount of dust deposited in the flues. The volume of gases evolved was measured at various points in the flue system. The amount at the entrance to the chimney was practically constant since the draft in the furnace and the cooling of the gases were controlled by inflows arranged in the flues. The maximum dust content of the gases leaving the furnace was set in the conditions established for the supply. During this period the average amounted to 0.69 g/m³, and the amount of dust carried into the chimney was 0.95% of the weight of charge melted.

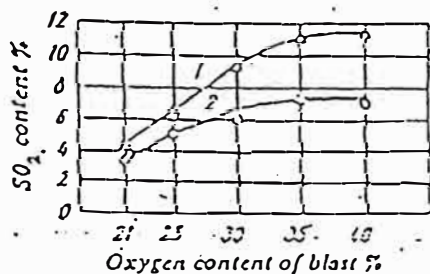


Fig. 4. Sulphur dioxide content of flue gases from furnace as a function of the oxygen concentration in the blast (1) calculated (2) experimental.

As the oxygen content of the blast increased the dust content of the flue gases and the amount of dust leaving the furnace decreased. Their minimum values at an oxygen content of 30% in the blast amounted to 0.44 g/m³ and 0.32% respectively. When the air is enriched with oxygen to the extent of 30% the amount of dust leaving is reduced by 0.63% (absolute) or 66.3% (relative). Further increase in the oxygen content of the blast (above 30%) leads to a small increase in the dust content of the flue gases (Table 1). This is clearly explained by the rapid growth of the average temperature in the furnace and the more continuous loading of the charge. With an oxygen content of 21-30% in the blast the velocity of the gases in the furnace decreases sharply (Fig. 3), but when the oxygen content is increased to 35-40% the rate of decrease slows down. The high temperature and increased loading rate lead to increased flaring of the charge, and this causes an increase in the amount of dust.

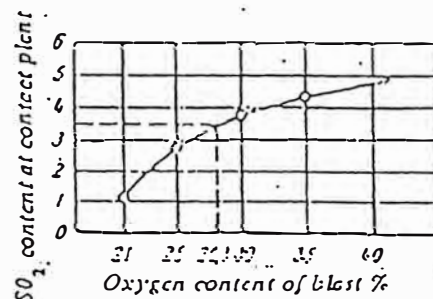


Fig. 5. Calculated SO₂ content at the contact plant as a function of the oxygen content of the blast.

Effect on Sulphur Dioxide Content

The concentration of sulphur dioxide in the flue gases gives the most important indication of the prospects for the use of oxygen in reverberatory smelting. The SO_2 concentration was therefore determined for all the operational systems tried. The samples for analysis were taken from the outlet of the furnace. Enrichment of air with oxygen up to 25% leads to a sharp increase in the SO_2 content of the flue gases (Fig. 4), when the calculated content practically coincides with the experimental data. The sulphur dioxide content is somewhat lower with an oxygen concentration of 30%, which is explained by the fact that the vacuum in the furnace had not been fully stabilized and had its highest value for the whole period of the trials (1.3 mm water).

As the oxygen content of the blast increases the calculated and experimental points, on the curve diverge (Fig. 4). This is explained by the fact that as the total volume of flue gases decreases there is a noticeable increase, with the relatively constant vacuum in the furnace, in the effect of the proportion of air sucked through the charge bins, the slag hole, etc. The oxygen content of the flue gases amounted to 3.8-5%, and the carbon monoxide content to not more than 0.1%.

The flue gases obtained with oxygen concentrations in the blast of 23.3% and higher were used for the production of sulphuric acid by the contact process (Fig. 5); here the equilibrium contact levels, according to calculations for a gas containing 3.5% SO_2 and 11% O_2 at temperatures between 425 and 500°C, are equal to 98.3, 97.2, 96.0 and 93.3%. They are close to the same values for a gas of composition: 7% SO_2 and 11% O_2 . To produce sulphuric acid from the flue gases at the Almyk copper works it was necessary to reconstruct the heat exchangers, to stabilize their operation, to set up cyclones after the heat exchangers, and to construct a gas pipe to the sulphuric acid plant.

Rate of Wear of Furnace Roof

During the trials on the reverberatory furnace special attention was paid to observing the condition and the rate of wear of the furnace roof. The first operation period of the roof amounted to 26 months. In February 1966 during overhaul of the furnace the roof was made from chrome-magnesite brick of 160 mm. It was of a suspended construction. After operating for one year the wear on the roof in the region of the highest temperatures amounted to 62 mm. The maximum burning rate of the roof during operation of the furnace with an air blast with thermal loadings of 50-70 million kcal/hr amounted to 0.17 mm per day. From 3rd March to 21st July 1967 the wear on the roof of the furnace operating with a

cold blast (without preheating the air in the exchangers) amounted to 16-17 mm, or 0.12 mm per day.

During the first month of the trials the furnace operated with air enriched with oxygen to the extent of 25% and delivered through tuyeres and into the blast pipe. The wear on the roof during this period amounted to 5 mm (0.17 mm per day). With an insignificant variation of thickness it was not possible to determine the effect of the oxygen delivery rate on the rate of wear of the roof. The highest burning rate in the roof was observed during frequent changes in the technological conditions. Thus, in the period from 21st August to 21st September the furnace was operating with oxygen delivered through tuyeres at 35% for seven days and at 30% for five days and through the blast pipe at 30% for two days. The rest of the time it was operating with an air blast with fuel consumption of 6,000, 8,000, 9 and 10,000 m^3/hr . The erosion of the roof amounted to 7 mm for the whole period, or 0.23 mm per day. During smelting with a blast containing a concentration of oxygen (35 and 40%) supplied through tuyeres, and also into the blast pipe, the rate of wear on the roof amounted to 0.18 mm per day. On the average over the whole period of trials the wear on the furnace roof amounted to 0.23 mm per day. Considering the degree of accuracy of the measurements, the amount of wear with an air-oxygen blast differs only slightly from that obtained with the air blast.

References:

1. V. I. Smirnov, Use of Oxygen in Reverberatory Smelting of Copper Concentrates in Russian, *Izv. TsSU Ts.M.*, 1961, No. 19
2. A. M. Davidson, Feasibility of Use of Air Enriched with Oxygen for Reverberatory Smelting in Russia, *Izv. Vuzov, Tsvetnaya Metallurgiya*, 1960, No. 2
3. N. P. Dier and V. V. Paduchev, *Tr. Inst. Metallurgii UFA*, No. 1, Izd. Akad. Nauk SSSR, 1957.
4. Yu. P. Kupryakov et al., *Tsvetnye Metally*, 1961, 9, 27.
5. Yu. P. Kupryakov et al., *Tsvetnye Metally*, 1961, 9, 43-47.

*Note: A paper entitled "Examination of the Use of Electrolysis Baths for Copper" by B. Y. Kisser et al. in *Tsvetnye Metally* 1969, (1), 27-31, in which the reports works trials in which bottom feeding of electrolytic cells is compared against the usual top feeding in copper cathodes, verifying many of the process factors. Bottom feeding favours the cathodic and top feeding the anodic reaction the possibility of combining the two is discussed. A full translation is available from Information Services Ltd, price- £6. Or U.S. \$15.00.*

CALCULO DE PERDIDAS EN TUBERIA DE OXIGENO

PRIMER BRAZO

Gas : Oxigeno		Metodo: Darcy - Weissbach	
	Unidades Americanas	Unidades SI	Unid SI
Qs	4194 scfm	1.98 m3/s	Densidad 3.445 kg/m3 ✓
Qa	1611.544 acfm	0.761 m3/s	viscosidad 0.000021 Pa.s
P	25 psig	273720 Pa	
T	90 F	305.6 K	

Tuberia				Accesorios			
Día (")	Longitud pie	velocidad fps	hf (psi)	Día (")	Longitud equiv pie	velocidad fps	hf (psi)
10	1060	49.245	1.07343	10	582	49.245	0.58967
8	47	76.946	0.14774	8	42.4	76.946	0.13283
6	16	136.792	0.22385	6	63.7	136.792	0.86859
4	1	307.782	0.06324	4	16.6	307.782	1.8283
Total	1123		1.50826	Total	704.7		3.41939

Total	1827.7		4.92765
-------	--------	--	---------

CALCULO DE PERDIDAS EN TUBERIA DE OXIGENO

PRIMER BRAZO

Gas : Oxigeno Metodo: Darcy - Weissbach			
	Unidades Americanas	Unidades SI	Unid SI
Qs	4194 scfm	1.98 m3/s	Densidad 3.445 kg/m3
Qa	1611.544 acfm	0.761 m3/s	viscosidad 0.000021 Pa.s
P	25 psig	273720 Pa	
T	90 F	305.6 K	

Tramo P. I.	P.F.	Dia (")	Longitud (pie + pulg)		Longitud(m)	velocidad fps	Re	e/d	f	hf (m)	hf (psi)
			Pie	Pulg							
1	2	10	5	0	1.524	49.245	625432.9	0.00018	0.015	1.033	0.00506
2	3	10	8	5.9375	2.589	49.245	625432.9	0.00018	0.015	1.756	0.00861
3	4	10	5	0	1.524	49.245	625432.9	0.00018	0.015	1.033	0.00506
4	5	10	2	9	0.838	49.245	625432.9	0.00018	0.015	0.568	0.00278
5	6	10	2	1.8125	0.656	49.245	625432.9	0.00018	0.015	0.445	0.00218
6	7	10	36	1.1875	11.003	49.245	625432.9	0.00018	0.015	7.461	0.03657
7	8	10	2	1.8125	0.656	49.245	625432.9	0.00018	0.015	0.445	0.00218
8	9	10	2	5.9375	0.76	49.245	625432.9	0.00018	0.015	0.515	0.00252
9	10	10	100	4.525	30.597	49.245	625432.9	0.00018	0.015	20.749	0.10169
10	11	10	10	10	3.302	49.245	625432.9	0.00018	0.015	2.239	0.01097
11	12	10	54	10.5	16.726	49.245	625432.9	0.00018	0.015	11.342	0.05559
12	13	10	6	8	2.032	49.245	625432.9	0.00018	0.015	1.378	0.00675
13	14	10	22	2.5	6.769	49.245	625432.9	0.00018	0.015	4.59	0.0225
14	15	10	6	8	2.032	49.245	625432.9	0.00018	0.015	1.378	0.00675
15	16	10	95	2	29.007	49.245	625432.9	0.00018	0.015	19.671	0.09641
16	17	10	22	10.375	6.959	49.245	625432.9	0.00018	0.015	4.726	0.02316
17	18	10	182	2	55.524	49.245	625432.9	0.00018	0.015	37.652	0.18453
18	19	10	17.5	0	5.334	49.245	625432.9	0.00018	0.015	3.617	0.01773
19	20	10	64	10	19.761	49.245	625432.9	0.00018	0.015	13.401	0.06568
20	21	10	26	1.25	7.957	49.245	625432.9	0.00018	0.015	5.396	0.02645
21	22	10	61	4	18.694	49.245	625432.9	0.00018	0.015	12.677	0.06213
22	23	10	220	0	67.056	49.245	625432.9	0.00018	0.015	45.473	0.22286
23	24	10	50	1.5	15.278	49.245	625432.9	0.00018	0.015	10.36	0.05077
24	25	10	12	6	3.81	49.245	625432.9	0.00018	0.015	2.584	0.01266
25	26	10	41	3.6875	12.59	49.245	625432.9	0.00018	0.015	8.538	0.04184
26	27	8	6	0	1.829	76.946	781798.2	0.000225	0.0152	3.836	0.0188
27	28	8	7	5	2.261	76.946	781798.2	0.000225	0.0152	4.742	0.02324
28	29	8	33	8.875	10.284	76.946	781798.2	0.000225	0.0152	21.567	0.1057
29	30	8	0	0	0	76.946	781798.2	0.000225	0.0152	0	0
30	31	4	0	6.875	0.175	307.782	1563586	0.00045	0.0167	12.903	0.06324
31	32	8	0	0	0	76.946	781798.2	0.000225	0.0152	0	0
32	33	6	0	0	0	136.792	1042391	0.0003	0.0157	0	0
33	34	6	7	6	2.286	136.792	1042391	0.0003	0.0157	20.866	0.10226
34	35	6	6	10	2.083	136.792	1042391	0.0003	0.0157	19.013	0.09318
35	36	6	2	1	0.635	136.792	1042391	0.0003	0.0157	5.796	0.02841
			TOTAL		342.541				TOTAL	307.75	1.508

Nota: Los puntos de los tramos se pueden ver en el esquema adjunto a esta hoja.

CALCULO DE PERDIDAS EN TUBERIA DE OXIGENO

PRIMER BRAZO

Gas : Oxigen Metodo: Darcy - Weissbach				
	Unidades Americanas	Unidades SI		Unid SI
Qs	4194 scfm	1.98 m3/s	Densidad	3.445 kg/m3
Qa	1612 acfm	0.761 m3/s	viscosidad	0.000021 Pa.s
P	25 psig	273720 Pa		
T	90 F	305.6 K		

Pto	Día (")	DESC	long equiv pie	velocidad fps	Re	e/d	f	Vel (fps)	perdida(m)	Perd (psi)	
1	10	Conec tuberia	14.7	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	3.038	0.01489	
2	10	Codo a 90°	25.1	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	5.188	0.02543	
3	10	Codo a 90°	25.1	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	5.188	0.02543	
4	10	Codo a 90°	25.1	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	5.188	0.02543	
5	10	Codo a 45°	13.4	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	2.77	0.01358	
6	10	Codo a 45°	13.4	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	2.77	0.01358	
7	10	Codo a 45°	13.4	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	2.77	0.01358	
8	10	Codo a 45°	13.4	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	2.77	0.01358	
9	10	Codo a 90°	25.1	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	5.188	0.02543	
10	10	Codo a 90°	25.1	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	5.188	0.02543	
11	10	Codo a 90°	25.1	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	5.188	0.02543	
12	10	Codo a 90°	25.1	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	5.188	0.02543	
13	10	Codo a 90°	25.1	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	5.188	0.02543	
14	10	Codo a 90°	25.1	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	5.188	0.02543	
15	10	Codo a 90°	25.1	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	5.188	0.02543	
16	10	Codo a 90°	25.1	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	5.188	0.02543	
17	10	Codo a 90°	25.1	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	5.188	0.02543	
18	10	Codo a 90°	25.1	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	5.188	0.02543	
19	10	Codo a 45°	13.4	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	2.77	0.01358	
20	10	Codo a 90°	25.1	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	5.188	0.02543	
21	10	Codo a 90°	25.1	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	5.188	0.02543	
22	10	Tee	16.7	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	3.452	0.01692	
23	10	Codo a 90°	25.1	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	5.188	0.02543	
24	10	Codo a 90°	25.1	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	5.188	0.02543	
25	10	Codo a 90°	25.1	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	5.188	0.02543	
26	8	reduccion 10*8	2.6	76.946	781798	0.000225	0.0152	76.946	1.662	0.00815	
27	8	Codo a 90°	19.9	76.946	781798	0.000225	0.0152	76.946	12.72	0.06234	
29	8	Codo a 90°	19.9	76.946	781798	0.000225	0.0152	76.946	12.72	0.06234	
30	4	reduccion 8*4	3.4	307.782	1563586	0.00045	0.0167	307.782	76.407	0.37447	
31	4	ampliacion 4*8	2.6	307.782	1563586	0.00045	0.0167	307.782	58.429	0.28636	
32	6	reduccion 8*6	2	136.792	1042391	0.0003	0.0157	136.792	5.564	0.02727	
33	6	Codo a 90°	15.1	136.792	1042391	0.0003	0.0157	136.792	42.011	0.2059	
34	6	Codo a 90°	15.1	136.792	1042391	0.0003	0.0157	136.792	42.011	0.2059	
35	6	Codo a 90°	15.1	136.792	1042391	0.0003	0.0157	136.792	42.011	0.2059	
36	6	Salida	16.4	136.792	1042391	0.0003	0.0157	136.792	45.627	0.22362	
A	10	Válv mariposa	10.6	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	2.191	0.01074	
B	10	Válv mariposa	10.6	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	2.191	0.01074	
C	10	Válv mariposa	10.6	49.245	625433	0.00018	0.015	49.245	2.191	0.01074	
D	4	Válv mariposa P	10.6	307.782	1563586	0.00045	0.0167	307.782	238.211	1.16747	
			704.7						TOTAL	697.67	3.41939
									PERD TOTAL (psi)		4.92739

Criterios de Evaluación de Inversiones

Año	0	1	2	3	4	5
Flujo Neto de Fondos Económico	MMUS\$ (0.8886)	0.5865	0.5865	0.5865	0.5865	0.5865
Financiero	-	-	-	-	-	-
Ingresos Eco.	-	0.6585	0.6585	0.6585	0.6585	0.6585
Egresos Eco.	-	0.0720	0.072	0.072	0.072	0.072
Ingresos Fin.	-	-	-	-	-	-
Egresos Fin.	-	-	-	-	-	-
Inversión Eco.	(0.8886)	-	-	-	-	-
Inversión Fin.	-	-	-	-	-	-

Tasa de Descuento : 15.0%

(1) Valor Presente Neto (Rentabilidad Absoluta)

VPN económico : 1.077 MMUS\$ Rentable
 VPN financiero : 0.0 MMUS\$ No Rentable

(2) Tasa Interna de Retorno (Rentabilidad Relativa)

TIR económico : 59.6% Rentable
 TIR financiero : 0.0% No Rentable

(3) Relación Beneficio Costo (B/C)

B/C Económico : 9.146
 B/C Financiero : #DIV/0!

(4) Índice del Valor Presente (IVP)

IVP Económico : -1.213
 IVP Financiero : #DIV/0!

(5) Valor Presente Neto Acumulado (VPNA) MMUS\$

VPNA Económico :	(0.889)	0.510	0.443	0.386	0.335	0.292
VPNA Financiero :	-	-	-	-	-	-

Período de Recupero Económico: -2.3 años
 Período de Recupero Financiero : 0.0 años

(Your company name will be here)---

01.4 WALTER2

Page 1

Customer: SOUTHERN PERU LIMITED
Engineer: WALTER YANEZ DUENAS
Date: 96.05.15 Reference: OXYGEN OPTIM.SMELTER
Item: Tag: FV-40012
Note: Order:
Medium: OXIGENO
Equipment: AIR PREHEATER DUCT - VALVULA FISHER: BUTT 4"-8532-1052
Comments: USO DE DIFUSOR EN MONEL, POR FABRICANTE APC, PARA CAIDA DE
PRESION RESTANTE EN T.ANDEM, HASTA 7" DE AGUA MAX. EN DUCTO

PIPE SIZING CALCULATION: Fisher Real Gas

SERVICE & SIZING	MIN	NRM	MAX	OTH
Service Name	OXYGEN	OXYGEN	OXYGEN	OXYGEN
Inlet Pressure (psig)	25.000	25.000	25.000	25.000
Pressure Drop (psid)	5.000	5.000	8.500	5.000
Y/P1 Ratio	0.126	0.126	0.214	0.126
Inlet Pressure (psia)	14.696	14.696	14.696	14.696
Temperature (deg F)	-181.070	-181.070	-181.070	-181.070
Critical Pressure (psia)	737.620	737.620	737.620	737.620
Specific Gravity (SG)	1.105	1.105	1.105	1.105
Specific Heat Ratio, k	1.400	1.400	1.400	1.400
Temperature (deg F)	90.000	90.000	90.000	90.000
Mass Flow Rate (scfm)	839.000	2097.000	4194.000	3000.000
Recovery Factor, Cl	23.000	25.000	22.000	25.000
	0.993	0.993	0.993	0.993
	1.001	1.001	1.001	1.001
Approx LpA (dB(A))	1720.100	4567.490	7197.536	6534.320
Critical (psid)	68.5	77.0	87.6	80.1
	14.643	16.231	13.402	16.231

SERIES 815 ANSI CLASS 150 and SERIES 830 ANSI CLASS 300 WAFER-SPHERE HIGH-PERFORMANCE BUTTERFLY VALVES

Neles-Jamesbury's Wafer-Sphere high-performance butterfly valves provide long-lasting tight shutoff capability, excellent flow characteristics, and long service life. The following standard sizes are available:

15W	(Class 150 Wafer-Body Design)	2-1/2"–30" (DN 65–750)
15L	(Class 150 Single-Flange Design)	2-1/2"–60" (DN 65–1500)
315	(Class 150 Fire-Tested Version)	3"–60" (DN 80–1500)
30W	(Class 300 Wafer-Body Design)	3"–30" (DN 80–750)
30L	(Class 300 Single-Flange Design)	3"–36" (DN 80–900)
330	(Class 300 Fire-Tested Version)	3"–36" (DN 80–900)

Wafer-Sphere high-performance butterfly valve is available in a wide range of materials and seat combinations suitable for service in a wide variety of applications. Valves in this bulletin meet NACE MR01-75 requirements when equipped with 17-4PH shafts. Also available are valves specifically prepared for chlorine, oxygen, high-temperature, abrasive, and cryogenic service.

FEATURES

Field-Proven Single-Piece Flexible TFE Seat Design
No additional o-rings or metal parts required to maintain tightness. Tight shut-off in either direction.

Diaphragm seal design compensates for temperature and pressure changes.

Longer service life with less maintenance.

Offset Shaft and Eccentric Disc

No seat/disc contact in the open or intermediate position. Eliminates wear points at top and bottom of seats for higher cycle life.

Reduces torque requirements, allowing for smaller operators.

Fire-Tested Version Available

Fire-Tite® Wafer-Sphere valves have been tested to API 607 4th edition and BS 6755 part 2.

Positive Shaft Retention

2-1/2"–12" (DN 65–300) valves are equipped with a retaining ring at the top of the shaft to prevent movement of the top portion of the shaft past the compression ring if for any reason the shaft should break within the valve.

Easy Seat Maintenance

Simply remove body insert and replace seat—disassembly of disc and shaft is not required.

Excellent for both On-Off and Control Applications

Superior control characteristics

Inherent flow characteristic is modified equal percentage

Wide rangeability

Tight shut-off even in control applications

Bugged style valves are suitable for bi-directional dead-end

service at full ANSI rating.

Single-Source Responsibility

- Purchase valves, actuators, and accessories, completely mounted from one source
- Available with electric, manual gear, and pneumatic double acting or spring return actuators and a variety of accessories including limit switches, solenoids, and positioners
- Experienced Neles-Jamesbury Service Centers insure quality maintenance

Available in a Wide Choice of Materials for a Broad Range of Applications

- Standard body materials include ductile iron, carbon steel, stainless steel, Alloy 20, and Monel.® Other materials, such as Avesta® 254SMO are available on application.

ADDITIONAL INFORMATION

Please refer to the bulletins listed below for additional information on other Neles-Jamesbury high-performance butterfly valves.

WAFER-SPHERE® polymer (soft) seat HP Butterfly valves

ASME/ANSI Class 150 (Process rated)

ASME/ANSI Class 600

Chlorine Service

Cryogenic Service

Jacketed Valves

Oxygen Service

Steam Service

Vacuum Service

W105-1

W104-1

W150-2

W130-1

W151-3

W150-3

W150-1

W150-4

NELDISC® Metal-Seat HP Butterfly Valves

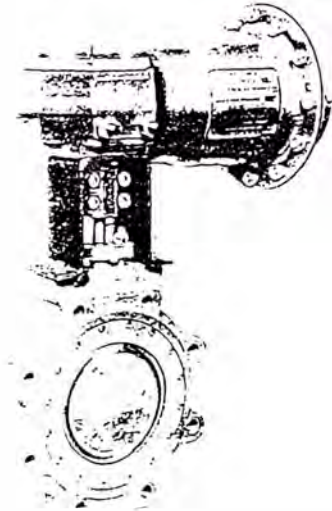
ASME/ANSI Classes 150 & 300

Double-Flanged, Classes 150 & 300

W126-1

W124-1

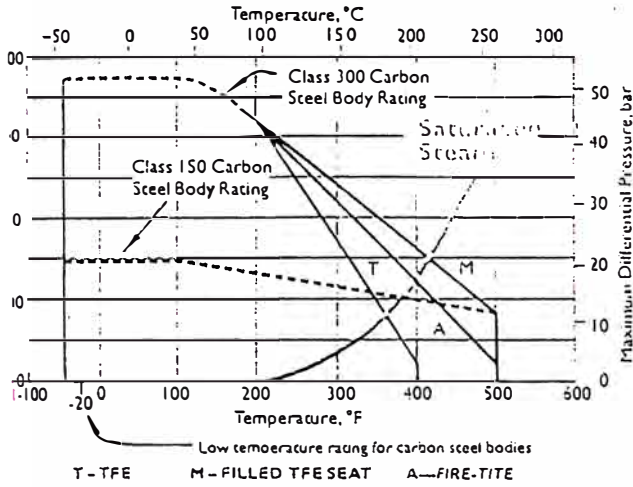
NELES-JAMESBURY



SPECIFICATIONS

Valve Seat Ratings

Seat ratings are based on differential pressure with the disc in the closed position and refer to seats only. Maximum body working pressures are shown in the Valve Body Ratings tables at right.



14"-60" Class 150 valves equipped with 316 stainless or Alloy 20 shafts are rated for maximum differential pressure of 150 psi.
3"-36" Class 300 valves equipped with 316 stainless or Alloy 20 shaft are rated for maximum differential pressure of 300 psi.

These ratings are a conservative guide for general service. Previous experience in a process or new developments and alternative seat materials may permit applications at ratings above those shown. Please consult Neles-Jamesbury's home office for specific recommendations.

Valve Body Ratings

The tables below are maximum working pressure ratings of the valve body only. The seat ratings determine the practical pressure limitations according to actual service conditions. Test pressures are for hydrostatic test with disc open.

Series 815, Class 150 Valve Body Ratings — psi (bar)					
Temp. °F (°C)	Carbon Steel*	Ductile Iron*	316 Stainless Steel*	Alloy 20*	Monel*
-20 to 100 (-29 to 38)	285 psi (19.7 bar)	250 psi (17.2 bar)	275 psi (19 bar)	230 psi (15.8 bar)	230 psi (15.8 bar)
200 (93)	260 (17.9)	235 (16.2)	240 (16.5)	215 (14.8)	200 (13.8)
300 (149)	230 (15.8)	215 (14.8)	215 (14.8)	200 (13.8)	190 (13.1)
400 (204)	200 (13.8)	200 (13.8)	195 (13.4)	—	185 (12.8)
500 (260)	170 (11.7)	170 (11.7)	170 (11.7)	—	170 (11.7)
Test Pressure	450 (31)	400 (27.6)	425 (29.3)	350 (24.1)	350 (24.1)

Series 830, Class 300 Valve Body Ratings — psi (bar)				
Temp. °F (°C)	Carbon Steel*	316 Stainless Steel*	Alloy 20*	Monel*
-20 to 100 (-29 to 38)	740 psi (51 bar)	720 psi (49.6 bar)	600 psi (41.4 bar)	600 psi (41.4 bar)
200 (93)	675 (46.5)	620 (42.7)	555 (38.3)	530 (36.5)
300 (149)	655 (45.2)	560 (38.6)	525 (36.2)	495 (34.1)
400 (204)	635 (43.8)	515 (35.5)	—	480 (33.1)
500 (260)	600 (41.4)	480 (33.1)	—	475 (32.8)
Test Pressure	1125 (77.6)	1100 (75.8)	900 (62)	900 (62)

* Ratings correspond to ASME/ANSI B16.34-1988 for material grades shown in bills of material herein. Ductile iron ratings conform to ASME/ANSI B16.42

Flow Data

Tables below provide flow coefficients for Series 815 and 830 fully open valves covered in this bulletin. The Cv values represent the number of gallons per minute of +60°F water that flows through the valve at a pressure drop of 1 psi. See Bulletin T150-1 for more information.

SERIES 815

Valve Size inches (DN)	Cv	Valve Size inches (DN)	Cv
6" (65)	78	18" (450)	10,500
8" (80)	165	20" (500)	14,000
10" (100)	400	24" (600)	21,600
12.5" (125)	650	30" (750)	34,000
15" (150)	1,050	36" (900)	55,500
20" (200)	2,200	42" (1050)	82,650
25" (250)	3,300	48" (1200)	108,300
30" (300)	5,100	54" (1350)	133,500
35" (350)	5,800	60" (1500)	159,000
40" (400)	8,000		

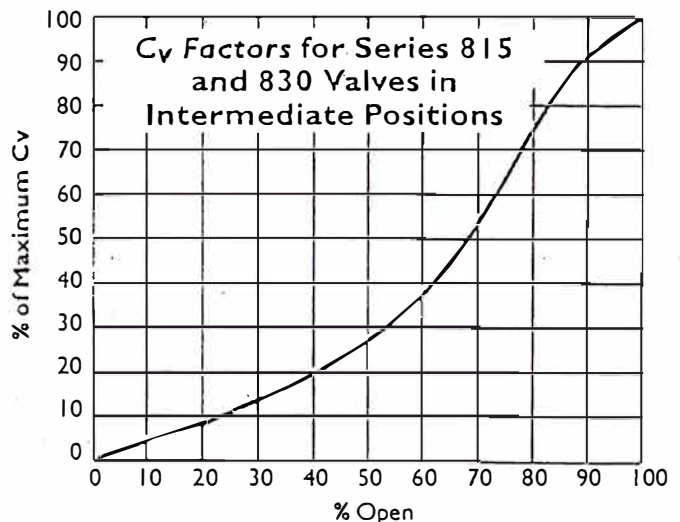
SERIES 830

Valve Size inches (DN)	Cv	Valve Size inches (DN)	Cv
8" (80)	165	16" (400)	6,900
10" (100)	400	18" (450)	9,300
15" (150)	1,050	20" (500)	11,300
20" (200)	1,800	24" (600)	18,500
25" (250)	3,150	30" (750)	29,100
30" (300)	4,750	36" (900)	47,500
35" (350)	5,200		

To determine Cv values for a valve in an intermediate position:
(1) determine the percent of maximum Cv from the graph below
(2) multiply the percent of maximum Cv shown on the graph by the appropriate Cv value on the table below

EXAMPLE: The Cv for a 6" 815 that is 70% open is:

- (1) From the graph, a 6" 815 that is 70% open has a Cv value that is 53% of the maximum Cv.
- (2) 53% of the maximum Cv = 0.53 X 1050 = 560.



Maximum Pressure Differentials for Wafer-Sphere® Butterfly Valves

Tables 1A, 1B, 2A, and 2B on this page indicate the pressure differential (Δp) for Wafer-Sphere butterfly valves at various percent valve opening.

These tables are provided as general guidelines in valve selection. It is important that consideration also be given in every application to the possibility of cavitation, velocity, and effects of erosion, and by doing, properly apply Wafer-Sphere control valves to actual service conditions.

Because of potential erosive effects, throttling at disc angles below 60% for long periods of time and/or at high differential pressure drops may cause damage to the valve.

When valves are in service at high temperatures, throttling limits could be decreased 5% for each 100° F above ambient.

Example: A 10" Fig. 830L-11-22HB-MT valve at +470°F open 60%. Reading in Table 2B, maximum throttling limit is 158 psi. Thus:

$$\text{Reduction in throttling limit} = \frac{(470^\circ\text{F} - 70^\circ\text{F})}{100} \times 0.05 = 0.20 \text{ or } 20\%$$

$$\text{Throttling limit} = 158 \text{ psi} - (158 \times 0.20) = 126 \text{ psi}$$

→ Type 815W and 815L ANSI Class 150 Valves (Shaft Downstream)

Table 1A—Valves with 316 Stainless Shaft

Size	Percent Open									
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
1-1/2" (65)	285	285	285	285	285	269	228	228	228	228
3" (80)	285	285	285	285	230	161	135	135	135	135
4" (100)	285	229	161	146	105	72	60	60	60	60
5" (125)	285	133	90	81	57	38	32	32	32	32
6" (150)	285	177	121	105	77	52	43	43	43	43
8" (200)	285	145	97	88	61	41	34	34	34	34
10" (250)	285	183	123	111	77	52	43	43	43	43
12" (300)	285	184	123	111	78	52	43	43	43	43
14" (350)	285	144	96	87	60	40	33	33	33	33
16" (400)	285	252	169	152	106	71	59	59	59	59
18" (450)	285	214	144	130	91	61	51	51	51	51
20" (500)	285	156	105	94	66	44	37	37	37	37
24" (600)	285	173	116	105	73	49	40	40	40	40
30" (750)	189	86	58	52	37	25	20	20	20	20
36" (900)	105	49	33	30	21	14	12	12	12	12
42" (1050)	285	241	164	148	104	70	58	58	58	58

Table 1B—Valves with 17-4PH Stainless Shaft

Size	Percent Open									
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
2-1/2" (65)	285	285	285	285	285	285	285	285	285	285
3" (80)	285	285	285	285	285	285	285	285	285	285
4" (100)	285	285	285	285	254	174	145	145	145	145
5" (125)	285	285	218	196	137	92	77	77	77	77
6" (150)	285	285	250	226	159	107	89	89	89	89
8" (200)	285	281	188	169	118	79	65	65	65	65
10" (250)	285	285	223	201	141	94	78	78	78	78
12" (300)	285	285	220	199	139	93	77	77	77	77
14" (350)	285	256	171	154	107	72	60	60	60	60
16" (400)	285	285	285	264	184	124	102	102	102	102
18" (450)	285	285	250	225	157	106	88	88	88	88
20" (500)	285	271	182	164	115	77	64	64	64	64
24" (600)	285	285	200	180	126	84	70	70	70	70
30" (750)	285	149	101	91	63	43	35	35	35	35
36" (900)	183	85	57	52	36	25	20	20	20	20
42" (1050)	285	285	279	252	178	120	99	99	99	99

Type 830W and 830L ANSI Class 300 Valves (Shaft Downstream)

Table 2A—Valves with 316 Stainless Shaft

Size	Percent Open									
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
3" (80)	750	462	339	311	230	161	135	135	135	135
4" (100)	439	229	161	146	105	72	60	60	60	60
5" (125)	627	311	215	195	139	94	78	78	78	78
6" (150)	687	333	229	207	146	99	82	82	82	82
8" (200)	619	295	205	185	131	89	74	74	74	74
10" (250)	645	308	210	190	134	91	75	75	75	75
12" (300)	750	426	293	265	188	127	106	106	106	106
14" (350)	586	285	195	177	125	85	70	70	70	70
16" (400)	750	374	258	234	166	113	94	94	94	94
18" (450)	503	259	181	165	118	81	67	67	67	67
20" (500)	298	151	105	96	68	47	39	39	39	39
24" (600)	715	383	271	247	178	122	102	102	102	102

Table 2B—Valves with 17-4PH Stainless Shaft

Size	Percent Open									
	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
3" (80)	750	750	750	750	557	391	329	329	329	329
4" (100)	750	555	390	355	254	174	145	145	145	145
5" (125)	750	602	416	378	268	182	152	152	152	152
6" (150)	750	607	417	377	267	181	150	150	150	150
8" (200)	750	533	365	331	234	158	131	131	131	131
10" (250)	750	541	370	334	236	159	132	132	132	132
12" (300)	750	739	508	460	325	220	183	183	183	183
14" (350)	750	494	340	307	217	147	122	122	122	122
16" (400)	750	644	445	403	286	194	162	162	162	162
18" (450)	750	448	314	285	204	139	116	116	116	116
20" (500)	516	262	183	166	118	81	67	67	67	67
24" (600)	750	654	463	422	304	209	175	175	175	175

HOW TO ORDER SERIES 815 and 830 WAFER-SPHERE® VALVES

The Wafer-Sphere valves are described by size and a twelve-character code that defines body configuration, body, disc, shaft, seat, and

seal materials, with one optional character to denote special service. Explanation of the code for valves in this bulletin is as follows:

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6"	815	L	DL	11	22	71	MT	QY

Example: The figure designation for a 6" ASME/ANSI Class 150 single-flange lug-design valve, with double packing, monitoring port, live-loaded seals, Monel disc and shaft, filled TFE seat and TFE shaft seal is: 6" 815DL-11-2271MT-QY.

Size	
1/2" to 30"	See page 1 for specific availability
2 Pressure Class	
15	Standard ANSI Class 150
815	Fire-Tite® ANSI Class 150
30	Standard ANSI Class 300
330	Fire-Tite® ANSI Class 300
3 Body Style	
Y	Wafer
L	Single-flange lugged
4 Special Service	
C	Chlorine (PTFE packing required)
O	Oxygen (PTFE packing required)
H	Hard-coated disc
V	High vacuum
VC	High vacuum certified
D	Double packing
DL	Double packing with monitoring port
5 Seat Type	
11	Standard (non-Fire-Tite)
31	Fire-Tite®
15	Low-torque seat (Class 150 only)

Fire-Tite is a registered trademark of Haynes International, Inc.

DL is a registered trademark of INCO Alloys International, Inc.

6 Body Material	
21	Ductile iron (2-1/2"-12" 815W & 815L only)
22	Carbon steel
35	Alloy 20
36	316 Stainless steel
71	Monel
7 Disc & Shaft Material	
00	Same as body material
HB	316 stainless steel disc, 17-4 PH shaft
35	Alloy 20 disc and shaft
36	316 stainless steel disc and shaft
71	Monel disc and shaft
73	Hastelloy® C disc and shaft
8 Seat & Seal Material	
Standard	
TT	PTFE seat and seal
MT	Filled PTFE seat, PTFE seal
UU	UHMW polyethylene seat and seal
Fire-Tite®	
AE	PTFE/stainless-steel seat, graphite seal
AF	PTFE/Alloy 20 seat, graphite seal
AH	PTFE/Monel seat, graphite seal
9 Modifier Code	
—	Standard
QY	Live-loaded packing (Emission-Pak™)
For other, please describe. Factory will supply code.	

INTERNATIONAL MANUFACTURING and SALES LOCATIONS

UNITED STATES: Glens Falls, New York; Worcester, Massachusetts. MEXICO: Chihuahua and Mexico City. BRAZIL: São José dos Campos. FINLAND: Helsinki. ENGLAND: Basingstoke, Hampshire. FRANCE: Wittenheim. PEOPLES REPUBLIC OF CHINA: Shanghai.

Our products are available through Neles-Jamesbury sales offices in Australia, Austria, Belgium, Canada, Germany, Italy, Japan, The Netherlands, Norway, Portugal, Saudi Arabia, Singapore, South Korea, Spain, Sweden, Switzerland, United Arab Emirates, Venezuela, as well as through a world-wide network of representatives.

NELES-JAMESBURY

Neles-Jamesbury, Inc., 640 Lincoln Street, Box 15004, Worcester, Massachusetts 01615-0004 U.S.A.
Phone: (508) 852-0200 Telex: 92-0448 Fax: (508) 852-8172

Printed in U.S.A.—M-8

ANEXO E

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

OBRA MECÁNICA

OBRA : INSTALACIÓN DE NUEVA LÍNEA DE OXIGENO -
GOX-30-PSIG PARA REVERBEROS N03 Y N04 -
FUNDICIÓN ÁREA ILO

CONTRATO : 3121-17

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

I. FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS

II. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

ANEXO B : REQUERIMIENTOS DE INSPECCIÓN Y ACEPTACIÓN
PARA OXIGENO LIMPIO (CLASE AA).

ANEXO C : GUÍA PARA PRUEBAS DE PRESIÓN.

I. FABRICACIÓN E INSTALACIÓN DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS

1.00	OBRAS PROVISIONALES	Página 4
2.00	SISTEMA DE TUBERÍAS	Página 6
3.00	SOPORTES DE TUBERIA Y PLATAFORMAS DE ACERO	Página 13
4.00	PINTURA	Página 20

1.00 OBRAS PROVISIONALES

1.1 Campamentos

"EL CONTRATISTA" se obliga a instalar en obra servicios higiénicos, oficina y almacén para la administración, supervisión y control de la obra.

1.2 Transporte de Equipos, Herramientas y Personal

EL CONTRATISTA, es responsable del transporte de todos los equipos, herramientas y Personal que sean requeridos en obra, así como el retorno a su lugar de origen.

1.3 Guardiana

"EL CONTRATISTA" contará con vigilancia permanente en obra: la Propietaria no será responsable por pérdidas de materiales o equipos del Contratista, ó materiales entregados por LA EMPRESA al contratista para la ejecución de la obra.

1.4 Trazo y Replanteo

LA EMPRESA, indicará a EL CONTRATISTA el Bench Mark así como los ejes de referencia para el inicio de trazo de la obra. EL CONTRATISTA será responsable del replanteo de todos los alineamientos, ejes y niveles pertinentes, tal como se indica en los planos; será igualmente responsable de mantener la exactitud de los trazos y niveles durante la construcción. Todas las discrepancias en los niveles o en el trazado será de completa responsabilidad de EL CONTRATISTA .él deberá corregir tales discrepancias a completa satisfacción del Ingeniero Inspector.

1.5 Suministro de Energía Eléctrica y Agua

LA EMPRESA ubicará próxima a la zona de trabajo un punto de agua y terminal para suministro de energía eléctrica para las máquinas de soldar y otros equipos menores, comprometiéndose EL CONTRATISTA en hacer un uso racional de estos recursos. LA EMPRESA se compromete entregar un punto de alimentación de hasta 20 KW, a una tensión de 440 VAC. 60 Hz., sistema trifásico.

1.6 Reubicación ó eliminación de interferencias

Esta partida comprende la eliminación ó reubicación de aquellas interferencias que se encuentran en el recorrido del sistema de tuberías. Para la ejecución de los trabajos, se tomarán las medidas de seguridad necesarias para proteger al personal.

1.7 Limpieza de la Obra

EL CONTRATISTA se Obligara a mantener regularmente la obra limpia de escombros, residuos de desmonte, basuras, etc. Asimismo, previo a la recepción de las obras, dispondrá de una limpieza general. El material recogido de la limpieza será trasladado a un Botadero Provisional a una distancia de más o menos 30 mts del lugar de la obra.

2.00. SISTEMA DE TUBERÍAS

2.1 Generalidades

Este capítulo cubre el aprovisionamiento de mano de obra, equipos, herramientas, supervisión y suministro de materiales no proporcionados por LA EMPRESA, necesarios para ejecutar los trabajos de instalación de tuberías para el transporte de oxígeno gaseoso y aire seco para instrumentación.

EL CONTRATISTA será responsable por todo el ensamble requerido hasta dejar en condiciones de funcionar los sistemas de tuberías. Esto podrá incluir trabajos no mostrados en planos o especificaciones, pero que se considere como parte normal del trabajo en este tipo de instalación.

EL CONTRATISTA deberá tener conocimiento en cuanto a la extensión del trabajo, tipo y aspectos de los sistemas de tuberías a ser instalados.

EL CONTRATISTA deberá planear, coordinar y programar su trabajo para prevenir posibles interferencias con el normal desarrollo de las operaciones.

LA EMPRESA hará entrega únicamente los materiales y accesorios que se indican en el anexo #4 del presente documento.

2.2 Trabajo Incluido

EL CONTRATISTA instalará todos los materiales tal como lo requieren los sistemas de tuberías mostrados en los Planos o indicados en las especificaciones; también deberá proporcionar toda mano de obra, supervisión, herramientas, materiales no suministrados por LA EMPRESA y el equipo de construcción necesario para completar correctamente la fabricación, instalación y prueba del sistema de tuberías que figuran en Planos.

EL CONTRATISTA deberá limpiar, instalar, probar y reajustar todo trabajo de tubería y dejarlo en inmejorables condiciones de funcionamiento.

2.3 Normas, Códigos y especificaciones aplicables.

AISC	American Institute of Steel Construction.
AISI	American Iron and Steel Institute.
ASTM	American Society for Testing and Materials.
AWS	American Welding Society.
CGA	Compressed Gas Association Inc. G-4.4 Industrial Practices for gaseous oxygen transmission and distribution piping systems.
ANSI	American National Standards Institute. FCI 70-2 Quality control standard for control valve seat leakage.
NFPA	National Fire Protection Association.
ASME	American Society of Mechanical Engineering Codes. B31.1 – Power Piping - Ch VI Inspection, Examination, and Testing. B31.3 – Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping - Ch. VI Inspection, Examination, and Testing. B31.8 – Gas Transmission and Distribution Piping Systems.
ISO	International Standard Organization.
OSHA	Occupational Safety & Health Administration.
SSPC	Steel Structures Painting Council.

2.4 Línea de oxígeno

2.4.1 Materiales

- **Tuberías 10", 8", 6", y 4" diámetro**
De Acero al carbono, peso estándar, API 5L grado B ERW con extremos planos.
- **Tuberías de 1/4" a 1-1/2"**
De acero al carbono, sin costura, peso estándar, ASTM A106 grado B, extremos planos.
- **Accesorios:** Bridas, codos, tees, reducciones, etc.
Según especificaciones técnicas en listado de materiales.

- **Válvulas:** Serán de acuerdo a las características indicadas en el listado de materiales del presente documento.
- **Soportes:** Los soportes y/o colgadores de tubería, fabricadas o de tipo especial deben estar de acuerdo con los detalles especificados en los planos de diseño.

2.4.2 Limpieza: (solo para línea de oxígeno).

Toda la limpieza se efectuará con una mezcla detergente Blue Gold con vapor de acuerdo a las siguientes indicaciones:

- **El Manejo del Detergente Blue - Gold con Vapor.**

El detergente Blue - Gold funciona como desengrasador de tubería cuando se mezcla con agua caliente ó vapor y se inyecta en un extremo de la tubería ó a través de una conexión de manera que la mezcla puede ir dispersando la grasa que se encuentra dentro de la tubería. Este detergente da mejor resultado cuando la temperatura de la mezcla y del acero está por encima de 60 grados centígrados. para que se disuelva mas completamente la grasa. En este proyecto, se usará un generador de vapor que tiene una boquilla y un tubo de aspiración para inyectar el detergente al flujo de vapor.

El detergente Blue - Gold viene en barriles de 55 galones que pesan mucho. entonces hay que llenar una cubeta de 5 galones para usar durante la limpieza con vapor. La proporción recomendada es 1 parte Blue - Gold por cada 20 partes de agua. Si el generador de vapor produce 500 libras por hora de vapor, entonces deberán ser consumidas 25 libras por hora de detergente ó aproximadamente 3 galones por hora del detergente. Ajuste la válvula de aguja ubicada en el tubo de aspiración para fijar la proporción del detergente a vapor.

Será necesario enjuagar bien con vapor limpio la tubería después de limpiarla, porque el detergente no es compatible con el oxígeno. El calor que le da el vapor a la tubería va ayudar a secarla después del enjuague. sin embargo será necesario también soplar la tubería con aire limpio ó nitrógeno para que no se quede la humedad.

El único peligro que existe con el uso detergente es la reacción cáustica con la piel ó con los ojos. entonces debe de ponerse guantes protectivos y lentes de seguridad. no debe de tocar el vapor que se genere ni la tubería para no quemarse.

- **Procedimiento para Limpiar (Ver Anexo B)**

1. Tramos individuales de tubo.

Cada uno de los tramos de acero será sometido a la limpieza con el detergente y vapor. Los pasos que se toman son los siguientes:

Ponga uno de los tramos de tubo sobre dos soportes, de manera que un extremo esté dentro del alcance del rociador de vapor y que el tramo no se pueda mover ni caer. Se pondrá el vapor dentro del tubo en un extremo con el rociador, resultando que el vapor se descargará en el otro extremo. entonces los soportes deben de estar ubicados sobre cemento con drenaje adecuado para llevar la descarga.

Con la válvula de bloqueo en el tubo de aspiración de detergente, para que no se inyecte detergente al vapor, póngale vapor dentro del tubo hasta que llegue mas ó menos 60 grados en el otro extremo.

Abra la válvula de bloqueo en el tubo de aspiracion para que el detergente puede fluir hacia la boquilla. Usando el rociador, póngale la mezcla de vapor y detergente dentro del extremo del tramo de tubo para 10 minutos. Dele vuelta una vez al tubo después de 5 minutos. El consumo de detergente será aproximadamente 1/2 galón cada tramo.

Cierre la válvula de bloqueo en el tubo de aspiración, para que el vapor salga sin detergente. Póngale vapor dentro del tramo del tubo durante 5 minutos. El condensado no debe de salir con burbujas.

• Sopla el tramo del tubo por adentro con aire limpia ó nitrógeno hasta que no se ve ninguna traza de humedad en la pared interior del tubo.

Póngale a cada extremo del tramo una capa de plástico bien apretada hasta la inspección con la luz negra.

Siga los mismos pasos para cada uno de los tramos.

2. Conexiones y Válvulas.

Todas las válvulas especificadas para este proyecto fueron limpiadas por los fabricantes y no deben ser sacadas de sus bolsas antes de montarlas en la tubería. Cada una de las conexiones de acero, como no vienen limpiadas del fabricante, será sometida a la limpieza con detergente y agua caliente. Los pasos que se toman son los siguientes:

Prepare dos piletas para lavar las conexiones, una para el lavado y la otra para el enjuague. El agua debe ser potable para que no contamine las conexiones que se limpiarán mientras que se secan. Obtenga bolsas de plástico suficientes para poner cada conexión dentro de una bolsa.

Llene una pileta con agua caliente y Blue - Gold en la proporción de 1 parte detergente para cada 20 partes de agua y después meta las conexiones en la pileta. El agua debe de estar por encima de 60 grados. El vapor del generador puede ser usado para calentar el agua en la pileta. Deje las conexiones en la pileta durante 20 minutos para que la grasa se disuelva.

Saque cada una de las conexiones, y dele un lavado con un cepillo limpio.

Enjuague cada conexión en la otra pileta con agua potable. Cambie el agua en la pileta del enjuague bastante seguido para que ningún residuo de detergente quede dentro de las conexiones.

Cuelgue las conexiones en un lugar libre de polvo mientras que se secan.

Ponga cada una de las conexiones en su propia bolsa hasta que se realice la inspección con la luz negra.

- **Procedimiento para Inspeccionar. (Ver Anexo B)**

Cada tramo de tubo y cada conexión será inspeccionado, primero con una luz blanca (incandescente), y luego con una luz negra (ultravioleta).

1. Con una fuerte luz blanca, vea por dentro de cada pieza para detectar la existencia de oxidación, briznas, fibras, ó grasa. Si se encuentra alguna impureza, trate de quitarla con un cepillo y retire el procedimiento de limpieza otra vez con aquella pieza. Es posible que el acero tenga un color alterado ó está manchado, pero esto no se puede quitar y tampoco presenta un peligro.
2. La inspección con luz negra debe ser realizada ó en un cuarto oscuro o debajo de una capucha de tela gruesa. Con la luz negra, vea por adentro de cada pieza para detectar la existencia de grasas que emiten radiación fluorescente. Será necesario meter un papel limpio y blanco hacia dentro de algunas de los tramos de tubo para verificar que están limpios. Se pueden usar filtros de café ó un trapo sin pelusas para facilitar esta inspección. Si se encuentra una mancha fluorescente en el acero ó en el papel blanco, repite el procedimiento de limpieza otra vez con aquella pieza.
3. Después de que cada pieza sea aprobada, se vuelve a tapar ó se pone en su bolsa hasta la instalación.

- **Pruebas a Presión.**

Todas las pruebas serán efectuadas según especificaciones en Anexo "C", este documento.

2.4.3 Procedimiento de soldadura.

Para la línea de servicio de oxígeno, el pase de raíz deberá ser hecho con el método TIG solamente (sin backing rings) y resto deberá ser completado con cualquiera de los siguientes métodos : TIG, Electrodo Revestido ó MIG.

2.5 Instalación

2.5.1 Generalidades.

- Toda la instalación será de acuerdo a ANSI B31.3 y NFPA standard 50.

- EL CONTRATISTA deberá verificar en el sitio de montaje las posibles interferencias con otras instalaciones antes de iniciar la instalación de las tuberías.
En caso de existir estas interferencias le comunicará al Ingeniero Supervisor representante de LA EMPRESA, y en el caso de realizar modificaciones a estas interferencias, se deberá contar con la aprobación del Ingeniero Supervisor de LA EMPRESA .
Los alineamientos serán rectos, o según se indique en los planos de diseño, no se aceptará acomodamientos en el tendido de la línea de tuberías. Los costos en corregir estas deficiencias serán de cargo de EL CONTRATISTA.
- Soportes:
Todos los anclajes, soportes fijos, soportes deslizantes y colgadores deberán ser fabricados e instalados como se indica en los planos de diseño.
Las válvulas y equipos de control "En Línea" tendrán soportes adicionales por encima de los especificados para tendidos rectos de tuberías.
Las líneas verticales serán soportadas en la base y en los puntos intermedios como sea necesario para proporcionar un apoyo adecuado.
- Corrección del Trabajo Defectuoso :
El trabajo defectuoso causado por manipulación incorrecta, mano de obra no calificada, procedimientos incorrectos, o por cualquier otra razón dentro del área de responsabilidad del CONTRATISTA, será corregido por cuenta del CONTRATISTA.
Daños y malas instalaciones de naturaleza mayor serán causa de rechazo del trabajo, en consecuencia se exigirá su reemplazo por una nueva. El costo de los materiales dañados será por cuenta de EL CONTRATISTA.

3.00 SOPORTES DE TUBERÍA Y PLATAFORMAS DE ACERO

3.1 Diseño

La norma básica a seguir será la Especificación AISC (Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Buildings. Novena Edición de 1989), reconocidos y adoptadas por el Reglamento Nacional de Construcciones del Perú.

3.2 Fabricación

3.2.1 Enderezado de Material

Todo material laminado ya sea este de perfiles o de planchas deberá ser perfectamente enderezado antes de ser trabajado y de acuerdo a las tolerancias permitidas por la Especificación ASTM A-6.

En el supuesto caso de ser necesario un enderezamiento éste deberá ser hecho por medios mecánicos o de la aplicación de una cantidad muy limitada de calor localizado en los puntos necesarios. Estas temperaturas de calentamiento deberán ser controladas por métodos apropiados y no deberán exceder por ningún motivo a 650° C.

3.2.2 Proceso de Corte con Oxígeno

El Proceso de corte con oxígeno deberá ser perfectamente realizado por máquina. Los bordes cortados que vayan a ser sometidos a esfuerzos significativos o que sean posteriormente sometidos a proceso de soldadura deberán ser debidamente preparados de manera de presentar superficies lisas. "Rebabas" en los extremos, mayores de 5 mm., originados por el proceso de corte deberán ser eliminados convenientemente.

3.2.3 Agujeros para Construcciones Empernadas

Los agujeros para construcciones empernadas deberán ser por lo menos 1.5 mm. mayores que el diámetro nominal del perno. Si el espesor del material a ser perforado no es mayor que el diámetro nominal del perno más 3mm. las aberturas podrán ser realizadas por punzonado. En el caso de espesores de materiales mayores que el diámetro nominal del perno más 3 mm., las aberturas deberán realizarse por taladro.

3.2.4 Construcciones Soldadas

Las superficies de los elementos a ser soldados deberán encontrarse libres de polvos, escorias, óxidos, grasas, pinturas o cualquier otro material extraño. Los bordes deberán ser preparados cortándoseles con soldadura a gas o con sopletes mecánicamente guiados.

Las partes que van a ser unidas por soldaduras de filetes deberán ser colocadas en contacto tanto como sea practicable manteniendo la abertura de raíz y no deberán estar separadas por más de 4 mm. La separación entre superficies que vayan a ser empalmadas o soldadas en forma acanalada (a tope) con otra estructura, mantendrán el ancho de raíz correspondiente. El ensamble de las uniones en contacto que no se encuentren totalmente selladas por soldaduras, deberán estar lo suficientemente cerca como para no permitir el ingreso de agua con posterioridad a la pintura. Cualquier desalineamiento entre elementos a ser soldados superior a 3 mm. deberá ser inmediatamente corregida teniendo en cuenta que cualquier corrección no deberá generar una pendiente mayor que 2°. Durante las operaciones de ensamblaje de uniones de componentes de la estructura, deberá cuidarse que el proceso y secuencia de la soldadura no distorsione al elemento, y minimizar la presencia de esfuerzos residuales causados por la secuencia indebida de soldadura.

En todas las soldaduras de penetración total acanaladas que sean realizadas manualmente se deberá limpiar la raíz de la capa inicial antes de aplicar la soldadura por el lado posterior y se deberá asegurar una unión segura y fusión completa a través de la totalidad de la sección a soldar. cuando se requieren capas intermedias durante el proceso de soldadura, éstas podrán ser limpiadas

cuidadosamente utilizando cepillo de alambre juntamente con una herramienta de cabeza redondeada, teniendo en cuenta que este limpiado deberá ejecutarse luego de que la soldadura se haya enfriado a una temperatura tolerable a la mano del hombre. Deberá tenerse cuidado de no producir microfisuras en el material de base o en la soldadura durante este proceso de limpiado.

3.3 Soldadura

3.3.1 Generalidades

Todas las soldaduras a utilizar requieren del uso de electrodos tipo E 60XX, y los cordones deberán ser ejecutados por especialistas en soldadura que hayan clasificado de acuerdo a las pruebas descritas según la norma AWS D1.0.69 del American Welding Society, o similares.

3.3.2 Tamaño Mínimo de los Filetes de Soldadura

Los filetes de soldadura utilizados en las conexiones deberán tener cuando menos los anchos mostrados en la tabla a continuación:

<u>ESPESA. MAYOR MATERIAL UNIRSE</u>	<u>TAMAÑO</u>	<u>MÍNIMO</u>	<u>DE</u>
Hasta 6 mm.		3 mm.	
De 6 a 12 mm.		5 mm.	
De 12 a 19 mm.		6 mm.	
De 19 a 38 mm.		8 mm.	

El tamaño máximo en los filetes de soldaduras deberán ser proporcionados de manera tal que ello no implique esfuerzos en el material de base adyacente, superiores a los esfuerzos permisibles dados en la erección correspondiente. El máximo tamaño que puede ser utilizado alrededor de los ejes de las partes conectadas deberá ser el siguiente: Si el material tuviera menos de 6.4 mm. de espesor, el tamaño máximo deberá ser 2 mm., menor que el espesor del material

3.3.3 Longitud de los Filetes de Soldadura

La mínima longitud efectiva de filetes de soldadura por ningún motivo deberá ser inferior a 4 veces el tamaño nominal del filete. En caso de usar filetes longitudinales en los extremos de barras conectadas en estado de tracción, la longitud de cada filete de soldadura no deberá ser inferior que la distancia perpendicular entre ellas.

3.3.4 Filetes de Soldadura en los Extremos de los Miembros

Los filetes de Soldadura que determinan en los extremos de los miembros deberán, siempre que sea practicable, prolongarse alrededor de la esquina en una distancia no menor de 2 veces el tamaño nominal de la soldadura.

3.4 Montaje

3.4.1 Generalidades

El trabajo deberá incluir pero no necesariamente estará limitado a lo siguiente:

Instalación de soportes de tuberías y plataformas de acceso de acero estructural.

3.4.2 Materiales

a. Electrodo para soldadura:

Los electrodos para soldadura eléctrica serán conformes a la última edición del ASTM A233, se utilizarán el tipo E70xx y E60xx.

b. Pernos:

Serán de acero A325, se instalarán con arandela y tuerca.

3.4.3 Manipuleo del Material

El equipo requerido para la erección será proporcionado por el Contratista en el tamaño y tipo correcto, y estará en buenas condiciones de trabajo.

3.4.4 Instalación

a. Generalidades

El contratista deberá proporcionar el equipo de tamaño y tipo correctos y en buenas condiciones para ejecutar el trabajo.

Procedimientos para la instalación

- El Contratista deberá, en la fecha más temprana posible antes de la instalación de cualquier elemento, verificar todas las elevaciones y ejes de ubicación. Todos los aumentos serán aceptados por escrito por el Contratista y todos los errores serán reportados inmediatamente al Ingeniero Inspector, en caso de que errores que no han sido reportados causen alguna demora, cualquier costo adicional será por cuenta del Contratista.
- Toda obra de acero será erigida, aplomada y alineada, y se utilizarán puntales y soportes provisionales para sostener cargas temporales, incluyendo las causadas por el equipo de erección. Todos dichos soportes provisionales, se dejarán en posición hasta que las cargas temporales hayan sido eliminadas.
- Todas las planchas de base serán colocadas al nivel adecuado y empotradas con grout. El Contratista es responsable de todo el material y trabajo abarcado en montaje de bases (grout). El grouting será Embeco u otro aprobado. Una vez que el grout ha adquirido su fraguado inicial y no se deformen los bordes serán recortados y acabados con mortero simple consistente en una parte de cemento y dos partes de arena de acuerdo a las especificaciones y recomendaciones del Fabricante.
- Conexiones Empernadas (En toda la obra usarán pernos de longitud correcta). Los pernos serán de tal longitud que la tuerca, al ajuste final, no llegue al fin de la rosca, y tampoco debe proyectarse el hilo más allá de superficies que no toquen. No deben usarse voladuras para corregir esto, a menos que lo autorice el Ingeniero Inspector. Todas las roscas de los tornillos deberán hacer un ajuste apretado en las tuercas. Toda rosca deteriorada, pernos cortos o cualquier otro elemento de ajuste inadecuado deberá ser reemplazado.
- Alineamiento de Huecos: Todo alineamiento por punzón será hecho únicamente para colocar las partes con posición y no deberá ser tal que ensanche los huecos o deteriore el metal, si es que algún hueco necesita ser agrandado debe ser escariado.

- Enderezamiento de Material Doblado: El enderezamiento de planchas y ángulos o cualquier otro perfil será hecho por métodos que no produzcan fractura u otro daño. Ningún metal será calentado, a no ser que sea permitido por el Ingeniero Inspector. El calentamiento no se efectuará a una temperatura mayor de la que produzca color "rojo cereza". Después del calentamiento y enderezamiento, el metal será enfriado lo más despacio que sea posible y después será sujeto de una cuidadosa inspección para determinar si existe alguna evidencia de fractura. En caso de presentarse alguna evidencia de fractura, el miembro será rechazado.
- Inspección de Soldaduras: Todas las soldaduras acabadas serán visualmente inspeccionadas con el objeto de asegurar que toda soldadura haya sido satisfactoriamente completada, y debe a discreción del Propietario ser sujeta a pruebas adicionales no destructivas, tales como penetración de tintas, Rayos X o inspección ultrasónica.
- Pintura: Toda pintura efectuada en la obra, se ejecutará de acuerdo con la especificación de pintura, Capítulo 4 Todo acero estructural fabricado y pintado (cuya pintura haya sido dañada durante el manipuleo o instalación) debe ser retocado por el Contratista. Toda pintura de montaje completada debe ser igualmente pintada. Las partes que sean inaccesibles después del ensamblaje deben ser pintadas antes de su instalación.
- Corrección de Trabajos Defectuosos: La corrección de defectos menores y cantidades razonables de corte y escariado serán considerados como parte de la instalación.
- Si el ensamblaje adecuado y ajuste de partes no pueden ser hecho mediante el uso moderado de punzones de alineamiento o una cantidad moderada de escariado, cincelado, o cortes a juicio del Ingeniero Inspector, el trabajo será considerado defectuoso.

Todo trabajo defectuoso deberá ser nuevamente efectuado o reparado como lo disponga el Ingeniero Inspector en el lugar de la Obra.

4.00 PINTURA

Este capítulo cubre el aprovisionamiento de mano de obra, suministro de materiales, herramientas y supervisión necesarios para completar satisfactoriamente todos los trabajos de pintura.

4.1 Preparación de las superficies

Las superficies metálicas de todas las tuberías y estructuras de acero antes de ser pintadas en taller: serán sometidas a limpieza por sopleteado antes de la limpieza con chorro de arena.

Las superficies antes de ser pintadas deberán estar libres de óxidos, salpicaduras de soldadura y deberán limpiarse cuidadosamente con solventes apropiados para el caso de grasas y cepillo de alambre para remover las incrustaciones de soldadura u óxidos que se encuentren presentes. luego se procederá a lijar toda la superficie a pintar.

Todas las superficies metálicas, en general, serán sometidas a un proceso de arenado a metal blanco según normas SSPC-SP-5. La arena que se emplee para la remoción de aceite o grasa aunque solo sea en pequeñas cantidades no debe ser reutilizada para la limpieza de otras partes.

Se usará arena libre de humedad con tamaño de partículas correspondiente a un tamaño entre mallas 40 y 80. Las superficies deben pintarse inmediatamente después de efectuada la limpieza de las mismas y en ningún caso se debe exceder de las 6 horas.

Todo el imprimado que esté malogrado y las superficies peladas y oxidadas se deberán cepillar a mano perfectamente antes de retocarse.

4.2 Manipuleo y Almacenamiento

La pintura será entregada bien mezclada, los materiales de pintura serán entregados en obra en envases sellados y marcados conservando intactas las etiquetas y sellos portando el nombre del fabricante, tipo de pintura, ingredientes importantes e identificación del color e instrucciones para adelgazarla.

Si fuera posible se deberá obtener los productos de un sólo fabricante.

4.3 Pintura

La aplicación de la pintura se hará con soplete convencional, equipo industrial similar a DEVILBISS, pistola JGA, boquilla 704-765E.

En todos los casos se utilizarán pintura AMERON AMERLOCK 400.- JET.

4.3.1 Tuberías de Oxígeno:

Aplicar 2 manos de pintura color amarillo con 5 MILS de espesor por mano.

4.3.2 Tubería de Aire de Instrumentación:

Aplicar 2 manos de pintura color celeste con 5 MILS de espesor por mano.

4.3.3 Soportes de tuberías:

Aplicar 2 manos de pintura color buffer brown, con 5 MILS de espesor por mano.

4.3.4 Plataformas de acceso:

Aplicar 2 manos de pintura color amarillo de seguridad código YE - 3 OSHA, con 5 MILS de espesor por mano.

4.3.5. Barandas:

Aplicar 2 manos de pintura color amarillo de seguridad código YE - 3 OSHA, con 5 MILS de espesor por mano.

4.3.6 Grating:

Aplicar 2 manos de pintura color negro de seguridad código KB - 2, con 5 MILS de espesor por mano.

RELACION DE MATERIALES PROPORCIONADOS POR SOUTHERN PERU

OBRA : NUEVA LINEA DE OXIGENO GOX - 30 - PSIG

CONTRATO: 3121-17

ITEM	CANT	UND	DESCRIPCION	OBSERVAC.
A MATERIALES MECANICOS				
I.- TUBERIAS Y ACCESORIOS				
1	63	EA	PIPE 10" DIA. X 20' LONG. , CARBON STEEL, STD. WT, WITH PLAIN ENDS API 5L GRADE B ERW.,	
2	7	EA	PIPE 8" CIA. X 20' LONG. , CARBON STEEL, STD. WT, WITH PLAIN ENDS, API 5L GRADE B ERW.	
3	3	EA	PIPE 6" DIA. X 20' LONG. , CARBON STEEL STD. WT. WITH PLAIN ENDS API 5L GRADE B ERW.	
4	5	EA	PIPE 4" DIA. X 20' LONG. , CARBON STEEL STD. WT, WITH PLAIN ENDS API 5L GRADE B ERW.	
5	5	EA	PIPE 1" DIA. X 20' LONG. , CARBON STEEL STD. WT, WITH PLAIN ENDS SEAMLESS, STD. WT, PLAIN ENDS, ASTM A106 GRADE B.	
6	3	EA	REDUCER 10" X 8", CONCENTRIC, WROUGHT, STANDARD WEIGH. BUTTWELD ENDS, ASTM 234 WPB, ASME 16.9	
7	3	EA	REDUCER 8" X 6", CONCENTRIC, WROUGHT, STANDARD WEIGHT, BUTTWELD ENDS. ASTM 234 WPB, ASME 16.9.	
8	6	EA	REDUCER 8" X 4", CONCENTRIC, WROUGHT STANDARD WEIGHT, BUTTWELD ENDS. ASTM 234 WPB, ASME 16.9.	
9	2	EA	TEE 10" DIA. WROUGHT, STANDARD WEIGHT, BUTTWELD ENDS, ASTM A234, WPB ASME B 16.9.	
10	2	EA	SOCKOLET 10" X 1/2", FORGED STEEL, SCH 40, ASTM A105, ASME B16.9, MSS SP-97	
11	8	EA	SOCKOLET 8" X 1", 3000# FORGED, SOCKET WELD END, ASTM A105 ASME B 16.11.	
12	23	EA	ELBOW 90 - 10" DIA, LONG RADIUS, WROUGHT, STANDARD WEIGHT, BUTTWELD ENDS, ASTM A234 WPB, ASME B16.9, B16.28.	
13	8	EA	ELBOW 90 - 8" DIA LONG RADIUS, WROUGHT, STANDARD WEIGHT, BUTTWELD ENDS, ASTM A234 WPB, ASME B16.9, B16.28.	
14	8	EA	ELBOW 90 - 6" DIA LONG RADIUS, WROUGHT, STANDARD WEIGHT, BUTTWELD ENDS, ASTM A234 WPB, ASME B16.9, B16.28.	
15	16	EA	ELBOW 90 - 4" DIA, LONG RADIUS, WROUGHT, STANDARD WEIGHT, BUTTWELD ENDS, ASTM B16.9, B16.28.	
16	10	EA	ELBOW 90 - 1" DIA, 3000# FORGED, SOCKET WELD ENDS, ASTM A105, ASME B16.11.	
17	8	EA	ELBOW 45 - 10" DIA, LONG RADIUS, WROUGHT STANDARD WEIGHT, BUTTWELD ENDS, ASTM A234 WPB, ASME B16.9, B16.28.	
18	2	EA	VALVE 10 DIA, BUTTERFLY (PREPARED FOR OXIGEN SERVICE), ANSI CLASS 150, LUG TYPE, BODY MATERIAL:316 SS SHAFT AND DISK: MONEL, TFE SEATS AND SEALS, COMPLETE WITH OPERATOR (WORM GEAR), NELES JAMESBURY FIG. N° 815L-0-11-3671-MT OR EQUAL.	

39	6	EA	RING GASKET 6" - 1/16" THICK, GARLOCK BLUE-GARD, STYLE 3200, OFF-WHITE COLOR, (FOR CLASS 150 FLANGES), ASME B16.21, ES 579.03.	
40	50	EA	RING GASKET 4" - 1/16" THICK, GARLOCK BLUE-GARD, STYLE 3200, OFF-WHITE COLOR, (FOR CLASS 150 FLANGES), ASME B16.21, ES 579.03.	
41	10	EA	RING GASKET 1" - 1/16" THICK, GARLOCK BLUE-GARD, STYLE 3200, OFFWHITE COLOR, (FOR CLASS 150 FLANGES), ASME B16.21. ES 579.03.	
42	25	EA	STUD BOLT 1/2" X 2 3/4", C.S., FULL TREAD, ASTM A307 GRADE B, 579.02, WITH TWO NUTS AND WASHERS.	
43	240	EA	STUD BOLT 5/8" X 2 1/2", C.S., FULL TREAD, ASTM A307 GRADE B, 579.02. WITH TWO NUTS AND WASHERS.	
44	80	EA	STUD BOLT 5/8" X 3 3/4", C.S., FULL TREAD, ASTM A307 GRADE B. 579.02. WITH TWO NUTS AND WASHERS.	
45	70	EA	STUD BOLT 5/8" X 4", C.S., FULL TREAD, ASTM A307 GRADE B. 579.02, WITH TWO NUTS AND WASHERS.	
46	35	EA	STUD BOLT 5/8" X 6". C.S.. FULL TREAD. WITH TWO NUTS AND WASHERS.	
47	50	EA	STUD BOLT 3/4" X 7". C.S., FULL TREAD, ASTM A307 GRADE B. 579.02. WITH TWO NUTS AND WASHERS.	
48	90	EA	STUD BOLT 7/8" X 3 1/2". C.C.. FULL TREAD. ASTM A307 GRADE B. 579.02. WITH TWO NUTS AND WASHERS.	
49	35	EA	STUD BOLT 7/8" X 6". C.S.. FULL TREAD. ASTM A307 GRADE B. 579.02. WITH TWO NUTS AND WASHERS.	
50	35	EA	STUD BOLT 7/8" X 7 1/2", C.S., FULL TREAD, ASTM A307 GRADE B, 579.02. WITH TWO AND WASHERS.	
II.- ACERO ESTRUCTURAL PARA SOPORTES DE TUBERIA				
1	3	EA	WIDE FLANGE W 10 X 25# X 20' - 0" LONG. ASTM A - 36	
2	6	EA	WIDE FLANGE W8 X 24# X 20' - 0" LONG. ASTM A - 36	
3	6	EA	WIDE FLANGE W8 X 18# X 20' - 0" LONG. ASTM A - 36	
4	2	EA	CHANNEL C 6 X 8.2# X 20' - 0" LONG. ASTM A - 36	
5	13	EA	ANGLE L 3" X 3" X 3/8" X 20' - 0" LONG. ASTM A - 36	
6	10	EA	ANGLE L 4" X 4" X 3/8" X 20' - 0" LONG. ASTM A - 36	
7	3	EA	FLAT BAR PLATINA 3/8" X 5" X 20' - 0" LONG. ASTM A -36	
8	1	EA	PLATE 3/4" X 4' - 0" X 8' - 0" , ASTM A - 36	
9	2	EA	PLATE 1/2" X 4' 0" X 8' - 0", ASTM. A - 36	
10	1	EA	PLATE 1/4" X 4' - 0" X 8' - 0" ASTM, A - 36	
11	80	EA	U - BOLT, FOR 10" PIPE (TYPE G - 1) WITH TWO HEX NUTS, GRINELL FIG. 137	
12	25	EA	U - BOLT, FOR 8" PIPE (TYPE G - 1) WITH TWO HEX NUTS, GRINELL FIG. 137	
13	10	EA	10" RISER CLAMP, GRINELL FIG. 261	
14	12	EA	4" RISER CLAMP, GRINELL FIG. 261	
III.- MATERIALES PARA LIMPIEZA DE TUBERIAS DE OXIGENO				
1	1	EA	BLUE GOLD CLEANER. 55 GLN. DRUM MANUFACTURED FOR MODERN CHEMICAL INC.	
2	600	PCS	COTTON RAGS, LINFREE CLOTH 2' X 2' (TEFLON TAPE CARTON).	

3	24	EA	TEFLON TAPE, 3/4" X 500'.
IV.- MATERIALES - LINEAS DE AIRE PARA INSTRUMENTACION			
1	20	EA	BALL VALVE 1/2", 1500 PSI WOG SCREWED ENDS STEEL BODY BALL, \$ STEM SS, TFE SEATS GRAPHITE SEAL, FOR INSTRUMENTATION AIR SERVICE. NELES-JAMESBURY MODEL # 33-2230TL EQUAL.
2	8	EA	PRESSURE REGULATORS 1/4", SCREWED ENDS WITH PRESSURE INDICATION INCLUDED INLET PRESSURE MAX:250 PSI. SPRING RANGE:0 - 35 PSIG. FOR INSTRUMENTATION AIR SERVICE FISHER CONTROL TYPE 67AF OR EQUAL.
3	6	EA	PIPE 3/4" X 20' ATANDARD WEIGHT, SEAMLESS, CARBON STEEL, PLAIN ENDS, ASTM A106 GRADE B.
4	30	FT	PIPE 1/2" X 20', STANDARD WEIGHT, SEAMLESS, CARBON STEEL, PLAIN ENDS. ASTM A106 GRADE B.
5	40	FT	COOPER TUBING 1/4", TYPE L
6	40	EA	HALF UNION 1/4" TUBE TO MPT, 45° FLARED BRASS SAE TUBE FITTING. IMPERIAL EASTMAN N° 48-F OR EQUAL.
7	40	EA	UNION NUTS 1/4", 45 , FLARED BRASS SAE TUBE FITTING. IMPERIALILEASTMAN N° 41-F OR EQUAL.
8	20	EA	ELBOW 3/4" - 90. 3000# FORGED, SOCKET WELD ENDS, ASTM A105. ASME B16.11.
9	40	EA	ELBOW 1/2" - 90. 3000# FORGED, SOCKET WELD ENDS, ASTM A105. ASME B16.11.
10	10	EA	TEE 2", 3000# FORGED, SOCKET WELD ENDS, ASTM A105. ASME B16.11.
11	60	EA	STRAIGHT COUPLING 1/2", 3000# FORGED, SOCKET WELD ENDS, ASTM A105. ASME B16.11.
12	10	EA	TEE 3/4" 3000# FORGED, SOCKET WELD ENDS, ASTM A105, ASME B16.11.
13	10	EA	TEE 1/2", 3000# FORGED, SOCKET WELD ENDS. ASTM A105, ASME B16.11.
14	5	EA	INSERT REDUCTION 2" X 3/4", 3000# FORGED. SOCKET WELD ENDS, ASTM A 105. ASME B16.11.
15	5	EA	INSERT REDUCTION 2" X 1/2", 3000# FORGED, SOCKET WELD ENDS. ASTM A105, ASME B16.11.
16	10	EA	PIPE NIPLE 2" DIA. X 4" LONG. STANDARD WEIGHT, SEAMLESS. CARBON STEEL, PLAIN ENDS. ASTM A106 GRADE B.
17	10	EA	INSERT REDUCTION 3/4" X 1/2". 3000# FORGED SOCKET WELD ENDS. ASTM A105, ASME B16.11.
18	16	EA	INSERT REDUCTION 1/2" X 3/4", 3000# FORGED SOCKET WELD ENDS, ASTM A 105, ASME B16.11.
19	10	EA	CAP 1/2", 3000# FORGED, SOCKET WELD END, ASTM A105, ASME B16.11.
20	10	EA	UNION 2", 3000# FORGED, SOCKET WELD ENDS (NICHOLSON UNIFLEX), ASTM A105, ES 579.08.
21	10	EA	PIPE NIPLE 3/4" DIA. X 4" LONG., STANDARD WEIGHT, SEAMLESS, CARBON STEEL, PLAIN ENDS. ASTM A106 GRADE B.
22	10	EA	UNION 3/4", 3000# FORGED. SOCKET WELD ENDS (NICHOLSON UNIFLEX), ASTM A105, ES 579.08.
23	8	EA	UNION 1/2", 3000# FORGED, SOCKET WELD END (NICHOLSON UNIFLEX), ASTM A105, ES 579.08

24	10	EA	STRAIGHT COUPLING 3/5", 3000# FORGED, STANDARD WEIGHT, SEAMLESS, CARBON STEEL.	
25	35	EA	PIPE NIPLE 1/2" DIA. X 4" LONG., STANDARD WEIGHT, SEAMLESS, CARBON STEEL, PLAIN ENDS, ASTM A106 GRADE B.	
V.- ACERO ESTRUCTURAL PARA PLATAFORMA				
1	2	EA	WIDE FLANGE W 12 X 72 X 40' - 0" , STRUCTURAL STEEL ASTM A36.	
2	14	EA	WIDE FLANGE W 10 X 26 X 40' - 0", STRUCTURAL STEEL ASTM A36.	
3	6	EA	WIDE FLANGE W 8 X 18 X 40' - 0" , STRUCTURAL STEEL ASTM A36.	
4	1	EA	WIDE FLANGE W 6 X 15.5 X 40' - 0", STRUCTURAL STEEL ASTM A36	
5	3	EA	CHANNEL C 10 X 15.3 X 20' - 0", STRUCTURAL STEEL ASTM A36.	
6	7	EA	CHANNEL C 8 X 11.5 X 20' - 0". STRUCTURAL STEEL ASTM A 36.	
7	37	EA	ANGLE L 3" X 3" X 1/4" X 20' - 0" ASTM A36.	
8	2	EA	ANGLE L 3 X 3 1/2" X 5/16" X 20' - 0", ASTM A36.	
9	32	EA	GRATING 1 1/4" X 3/16" X 3 FT X 20 FT.	
10	76	EA	PIPE 1 1/4" DIA. X 20' - 0", STD WEIGHT, ASTM A53.	
11	5	EA	PLATE 3/8" X 4' - 0" X 8' - 0", ASTM A36.	
12	2	EA	PLATE 1/2" X 4' - 0" X 8' - 0", ASTM A36.	
13	31	EA	FLAT BAR 1/4" X 5" X 20'. ASTM A36.	
14	20	EA	BOLT 3/4" X 2 1/2", CARBON STEEL, HEX. HEAD ASTM A307 GR. B THREADS ANSI B 1.1 UNC COARSE THREAD SERIE CLASS 2A. WITH NUTS AND WASHERS.	
15	200	EA	BOLT 3/4" X 2 1/4", CARBON STEEL, HEX HEAD ASTM A307 GRADE B. THREADS ANSI B1.1 UNC. COARSE THEAD SERIE CLASS 2A WITH NUTS AND PLAIN WASHERS.	
16	500	EA	BOLT 3/4" X 2", CARBON STEEL, HEX. HEAD ASTM A307 GRADE . B 1.1 UNC WITH NUTS AND WASHERS.	
17	200	EA	BOLT 3/4" X 1 3/4", CARBON STEEL., HEX. HEAD. ASTM A307 GRADE .B1.1 UNC COARSE THREAD SERIE CLASS 2A WITH NUTS AND WASHERS.	
VI.- OTROS				
1	6	LTA	ELECTRODO REVESTIDO E5010, 1/8"DIA. ROD, LATA x 20 KG. CELLOCORD AP - OERLIKON O SIMILAR.	
2	14	LTA	ELECTRODO REVESTIDO E7018, 5/32"DIA. ROD, LATA x 20 KG. SUPERCITO - OERLIKON O SIMILAR.	
3	2	LTA	ELECTRODO REVESTIDO E6010, 3/16" DIA. ROD, LATA x 20 KG. CELLOCORD AP - OERLIKON O SIMILAR.	
4	5	LTA	ELECTRODO REVESTIDO E7018, 3/16" DIA. ROD, LATA x 20 KG. SUPERCITO - OERLIKON O SIMILAR.	
5	40	GLN	PINTURA AMERLOCK 400 COLOR AMARILLO (LINEA DE OXIGENO)	
6	10	GLN	PINTURA AMERLOCK 400 COLOR AMARILLO DE SEGURIDAD CODIGO YE-3 (BARANDAS)	
7	10	GLN	PINTURA AMERLOCK 400 COLOR NEGRO DE SEGURIDAD CODIGO BK-2 (GRATING)	
8	15	GLN	DISOLVENTE B8-J45 / JET AMERON	

RELACION DE MATERIALES PROPORCIONADOS POR SOUTHERN PERU

OBRA : NUEVA LINEA DE OXIGENO GOX - 30 - PSIG

CONTRATO 3121 - 17

ITEM	Nº PARTE	DESCRIPCION	UND	CANT	UBICACION
------	----------	-------------	-----	------	-----------

B MATERIALES ELECTRICOS Y DE INSTRUMENTACION

I.- Tubing					
1	8-8FBZ-B	Male connector	EA	100	Taller Electrico
2	4-4HBZ-B	V	EA	100	Taller Electrico
3		Union tree	EA	100	Taller Electrico
4		Inline valves	EA	20	Taller Electrico
5		Pipe nipple, short	EA	30	Taller Electrico
6		Pipe nipple, short	EA	30	Taller Electrico
7		CPI ferrule	EA	100	Taller Electrico
8		CPI ferrule	EA	100	Taller Electrico
9		Adapter	EA	50	Taller Electrico
10		Tubing 3/8" OD	FT	200	Taller Eléctrico
11		Ball valves, 1/2"	EA	50	Taller Electrico
12		Tubing 1/2" OD	FT	100	Taller Eléctrico
13					
II.- Conduit and accesories					
1		Rigid conduit 2"	EA	200	Taller Electrico
2		Condulet LB-2"	EA	30	Taller Electrico
3		Metal cover blank stamped	EA	30	Taller Electrico
4		Gasket solid	EA	30	Taller Electrico
5		STB connector	EA	100	Taller Electrico
6		STB connector-90°	EA	100	Taller Electrico
7		Reducing bushings	EA	100	Taller Electrico
8		Rigid conduit 3"	EA	50	Taller Electrico
9		Flexible conduit black 3/4"	EA	800	Taller Electrico
10	TM3-H	Caja manelsa	EA	8	Taller Electrico
11	TM4-H	Caja manelsa	EA	2	Taller Electrico
12		Pintura Amerlock 400 - Gris	EA	2	Taller Electrico
III.- Cables y Terminales					
1		De instrumentación 8p - 18 AWG	FT	2500	Taller Electrico
2		De instrumentación 2p- 18 AWG	FT	4000	Taller Electrico
3		De instrumentación 1p- 18 AWG	FT	600	Taller Electrico
4		Terminales tipo anillo 18 AWG	EA	200	Taller Electrico
5		Terminales tipo horquilla autotrabada 18 AWG	EA	200	Taller Electrico
6		Terminales anillo con aisl. de vinilo 14 AWG	EA	300	Taller Electrico
7		Terminal horquilla autotrabada aislada 14 AWG	EA	300	Taller Electrico
8		Terminal horquilla autotrabada aislada 10 AWG	EA	200	Taller Electrico
9		Cable 12 AWG - Negro	ML	500	Taller Electrico

RELACION DE MATERIALES PROPORCIONADOS POR SOUTHERN PERU

OBRA : NUEVA LINEA DE OXIGENO GOX - 30 - PSIG

CONTRATO : 3121 - 17

ITEM	N° PARTE	DESCRIPCION	UND	CANT	UBICACION
10		Cable 12 AWG - Blanco	ML	500	Taller Electrico
11		Cable 12 AWG - Verde	ML	500	Taller Electrico
12		Cable Multiconductor-16 cond.#14AWG	ML	200	Taller Electrico
IV.- Instrumentos y Cajas					
1		Transmisores de presión	EA	4	Taller Electrico
2		Transmisores de Temperatura - incluye termopozos-	EA	4	Taller Electrico
3		Transmisores de Flujo-incluye sensor y manifold-	EA	4	Taller Electrico
4		Pressure switch	EA	4	Taller Electrico
5		Terminal block	EA	300	Taller Electrico
6		Topes de terminales	EA	50	Taller Electrico
7		Rieles	EA	20	Taller Electrico
8		Separadores	EA	50	Taller Electrico
9		Cajas O'brien	EA	8	Taller Electrico
10		Analizadores de Oxígeno	EA	2	Taller Electrico
11		Flow switch	EA	1	Taller Electrico
12		HX - 40011	EA	1	Taller Electrico
13		HX - 40511	EA	1	Taller Electrico
14		FV - 40012	EA	1	Taller Electrico
15		FV - 40512	EA	1	Taller Electrico
16		HV - 40013	EA	1	Taller Electrico
17		HV - 40014	EA	1	Taller Electrico
18		HV - 40513	EA	1	Taller Electrico
19		HV - 40514	EA	1	Taller Electrico
V.- Partes Eléctricas					
1		Transformador 15 Kva	EA	2	Taller Electrico
2		Paneles Eléctricos	EA	2	Taller Electrico
3		Breakers unipolares	EA	20	Taller Electrico
4		Luminaria	EA	4	Taller Electrico
5		Fluorescentes	EA	8	Taller Electrico
6		Barra de cobre-10'	EA	2	Alm. Fundición
7		Sal	EA	4	Alm. Fundición
8		Carbon	EA	4	Alm. Fundición