

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“MONTAJE DE UN HORNO DE PETRÓLEO  
CRUDO DE 110 MBPD DE CAPACIDAD DE  
PROCESAMIENTO”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO**

**PAÚL EDIÑO CÁRDENAS GALARRETA**

**PROMOCION 2009-I**

**LIMA – PERU**

**2012**

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo a mis padres Eugenio y Carmen por la educación que me dieron, a las personas que me estiman y me han apoyado en la realización del informe, y en especial a mi papi Carlos por haber sido un luchador incansable, gracias por las enseñanzas y buenos momentos que nos diste.

## INDICE

<b>PRÓLOGO .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I .....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Antecedentes .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2 Objetivos .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Justificación .....</b>	<b>4</b>
<b>1.4 Alcance .....</b>	<b>5</b>
<b>1.5 Limitaciones .....</b>	<b>6</b>
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>7</b>
<b>GENERALIDADES DEL PROCESO DE MONTAJE DEL HORNO.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Proceso de Montaje Industrial .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Montaje del Horno.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.1 Componentes .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.2 Proceso de Montaje del Horno.....</b>	<b>10</b>
<b>2.3 Equipos de Montaje .....</b>	<b>11</b>
<b>2.3.1 Estrobos de Cable de Acero .....</b>	<b>11</b>
<b>2.3.2 Eslingas .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3.3 Grilletes .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3.4 Grúas .....</b>	<b>20</b>
<b>CAPITULO III .....</b>	<b>30</b>
<b>DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....</b>	<b>30</b>
<b>3.1 Ubicación.....</b>	<b>30</b>
<b>3.2 Descripción Actual de la Refinación.....</b>	<b>30</b>
<b>3.3 Descripción de partes del Horno .....</b>	<b>33</b>

<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>37</b>
<b>MONTAJE DE UN HORNO DE CRUDO .....</b>	<b>37</b>
<b>4.1 Gestión del Alcance del Proyecto.....</b>	<b>37</b>
<b>4.1.1 Unidades a Mejorar / Modificar .....</b>	<b>37</b>
<b>4.1.2 Consideraciones que se tuvo en la elaboración del Alcance .....</b>	<b>38</b>
<b>4.2 Gestión del Tiempo del Proyecto.....</b>	<b>41</b>
<b>4.2.1 Consideraciones que se tuvo en la Elaboración del Cronograma .....</b>	<b>41</b>
<b>4.3 Gestión de Calidad del Proyecto .....</b>	<b>44</b>
<b>4.3.1 Métricas de Calidad .....</b>	<b>45</b>
<b>4.3.2 Planes de Inspección y Ensayos (PIE) .....</b>	<b>45</b>
<b>4.3.3 Plan de Gestión de la Calidad .....</b>	<b>45</b>
<b>4.4 Procedimiento de Montaje del Horno .....</b>	<b>46</b>
<b>4.4.1 Secuencia de Montaje del Horno .....</b>	<b>46</b>
<b>4.4.2 Montaje del Horno y Cálculos .....</b>	<b>46</b>
<b>CAPITULO V.....</b>	<b>82</b>
<b>COSTOS .....</b>	<b>82</b>
<b>5.1 Gestión de los Costos del Proyecto .....</b>	<b>82</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>86</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>87</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>90</b>

## **PRÓLOGO**

El presente informe de Competencia Profesional pretende ser un aporte en el área de Ingeniería Mecánica para los profesionales que se desenvuelven en el rubro de construcción electromecánico. Se presenta una experiencia de la integración de los Estándares y Normas Técnicas de Ingeniería con las Buenas Prácticas desarrolladas por el Project Management Institute, para la gestión exitosa de un proyecto.

El informe se ha desarrollado en cinco capítulos, los cuales son:

En el Capítulo I, Introducción, se indica cual es el objetivo del informe, especificando el alcance y limitaciones de las actividades que se desarrollarán.

En el Capítulo II, Generalidades del Proceso de Montaje del Horno, se presenta un resumen del proceso de montaje del Horno, dando a conocer sus diferentes componentes y los equipos con los cuales será montado el Horno.

En el Capítulo III, Descripción General del Proyecto, se muestra la ubicación del proyecto, el cambio de esquema en el proceso de refinación de crudo que se produjo luego del proyecto y por último se da una descripción detallada de las partes del Horno.

En el Capítulo IV, Montaje de un Horno de Crudo, se describen las restricciones de alcance, tiempo y calidad del proyecto, también se detalla la secuencia de Montaje

del Horno, mostrando los cálculos y esquemas que se necesitan realizar para seleccionar los equipos de montaje.

En el Capítulo IV, Costo, se hace una comparación entre los costos presupuestados versus los costos reales del proyecto.

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

“Del total de energía utilizada en una refinería, la partida más importante -80 a 90 % del total- procede de combustibles líquidos y gaseosos quemados en hornos de proceso. Además, este es el proceso con mayor nivel térmico y, por lo tanto, con mayores pérdidas de energía. Cualquier mejora introducida en el diseño de estos equipos produce sustanciales ahorros de energía”<sup>1</sup>.

Bajo esta premisa se realizará el desmontaje y reemplazo de 02 Hornos cuyo tiempo de vida de diseño ya cumplieron y por lo tanto su eficiencia es baja, en promedio de 65% y 73% respectivamente, y se instalará un Nuevo Horno de Crudo con el cual se alcanzará una eficiencia del 85%. Como consecuencia de esta mejora de la eficiencia se estima que se va a producir un ahorro de combustible equivalente a 293 TJ/año, y una reducción de emisiones de 24,000 TCO<sub>2</sub>/año.

Este proyecto de cambio de tecnología de hornos permite una mayor recuperación de calor, y por tanto, una disminución en el consumo de combustibles fósiles. Además, el nuevo horno está preparado para el uso de gas natural, que sustituye al residual de vacío que se quemaba en los antiguos hornos, por lo que se consigue también una mayor reducción de emisiones al ambiente.

---

<sup>1</sup> Cazar Rivera, Auditoría y Propuesta de un Plan de Ahorro Energético en el Horno PH1 (300189), de la Planta Parsons de la Refinería la Libertad. 2007. Pág. 1.

## **1.1 Antecedentes**

La alta dependencia de los hidrocarburos, además de los impactos de contaminación ambiental regionales y globales, asociados al costo de la producción y al uso de energía de fuentes no renovables, resulta para muchos países en general y para el Perú en particular, sumamente oneroso y negativamente impactante en su balanza de pagos con el exterior.

Este difícil panorama ha generado la necesidad de identificar y aplicar medidas que contribuyan la preservación de los recursos naturales. Una de las alternativas es la utilización racional de los mismos, la cual se logra mejorando la eficiencia en el uso energético, de aparatos y sistemas que transforman la energía, y contribuir a mitigar el impacto social que conlleva el proceso de incremento de tarifas de los hidrocarburos.

Por estas razones es necesario elevar la competitividad del sector de producción de hidrocarburos, para contribuir a la modernización y renovación de su infraestructura tecnológica, optimizando recursos, aumentando la producción y sobre todo contribuyendo a la preservación del medioambiente.

## **1.2 Objetivos**

Realizar el Montaje de un Horno de Crudo de 110 mil barriles por día (110 MBPD) de capacidad de procesamiento para mejorar la eficiencia energética en base a reemplazo de hornos que ya cumplieron con su tiempo de vida de diseño, utilizando herramientas del PMBOK.

## **1.3 Justificación**

Es política de estado, por medio del Ministerio de Energía y Minas (MEM), dar y reglamentar normas sobre el uso racional y eficiente de la energía en la cadena de

producción, transformación, distribución y comercialización de derivados del petróleo.

Por los estudios realizados, el sector de mayor consumo energético es el parque automotor, el mismo que se ha visto incrementado en los últimos años por el crecimiento económico del país, y con ello aumenta la demanda de combustibles. Demanda que no satisfacen las refinerías nacionales, haciendo que la importación de combustibles sea un rubro de déficit obligatorio para el estado peruano.

Por esto las Refinerías, buscan ofrecer mejores servicios y ser más competitivas, han mostrado interés por optimizar, ampliar y renovar sus instalaciones, con el fin de mejorar su eficiencia en el consumo de energía, dentro de sus procesos productivos.

Por esto el objetivo del presente trabajo se centra en mejorar la eficiencia energética de una Refinería.

#### **1.4 Alcance**

El alcance del presente informe de Competencia Profesional, es describir el procedimiento de Montaje de un Horno de Crudo de 110 MBPD de capacidad de procesamiento.

El alcance del proyecto **MONTAJE DE UN HORNO DE CRUDO DE 110 MBPD DE CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO** comprende el montaje de:

- Sección Radiante
- Sección Convectiva
- Capota de Humos
- Chimenea
- Plataformas y escaleras

### **1.5 Limitaciones**

- El informe no considera la ingeniería ni la fabricación de las partes del Horno de Crudo.
- No incluye Suministro
- No incluyen las Obras Civiles
- No incluye la soldadura de los serpentines ni de la sección radiante ni convectiva
- No incluye la instalación de material refractario
- No incluye montaje de tuberías ni bandejas, cables u otros elementos de electricidad e instrumentación

## **CAPITULO II**

### **GENERALIDADES DEL PROCESO DE MONTAJE DEL HORNO**

El 'boom' de la industria de la construcción invade Perú con cientos de edificios, negocios y tiendas que son edificadas en tiempo récord, con lo que este país ha ingresado a una etapa de modernización pese a la crisis. Datos de la Cámara Peruana de la Construcción (Capeco) obtenidos por Notimex indican que en el año 2009 se utilizaron 7 166 144 toneladas métricas de cemento, casi un millón más que en 2008. Se estima que cada millón de dólares invertidos en el sector construcción genera 90 nuevos puestos de trabajo. Por lo cual en el año 2009 el gobierno del Perú implementa el Plan de Estímulo Económico para construir escuelas, puentes, carreteras y represas.

Datos oficiales indican que el Sector Construcción se consolidó como el motor de la economía en 2009 y su crecimiento fue de 3.85%, lo que lo transformó en el sector que lideró el ritmo de la economía en general.

Pese a la situación financiera adversa que paralizó muchas obras se estima que el sector creció 5.1% en 2010, aunque la brecha de infraestructura asciende a 37 760 000 000 de nuevos soles y se estima que podría cerrarse recién en un período de 10 años. El porcentaje de avance de las inversiones públicas en el Plan de Estímulo Económico se estima que habría alcanzado un 60% de ejecución durante 2009. De

acuerdo con Capeco, los próximos años se realizarán grandes inversiones en todos los sectores relacionados con la infraestructura: minería, transporte, puertos, industrias de gas, entre otros.

## **2.1 Proceso de Montaje Industrial**

Montaje es el proceso mediante el cual se emplaza cada pieza en su posición definitiva dentro de una estructura. Estas piezas pueden ser de diferentes materiales pero las preferidas son las estructuras metálicas y de hormigón. Estas se adaptan a las concepciones de las nuevas arquitecturas y las necesidades de la industria de hoy, se emplean cada día más ampliamente. Con ambos sistemas se pueden alcanzar obras de grandes magnitudes.

Esto se realiza con diferentes equipos de trabajo y maquinarias.

El montaje industrial es un desafío permanente al ingenio; suele desarrollarse en condiciones geográficas bastante complejas, en otras ocasiones tiene que conectarse la nueva estructura con una ya existente, y con plazos bastante restringidos por los elevados montos de inversión comprometidos.

En Perú, es la solución constructiva más utilizada para las industrias mineras, petroquímicas, forestales, o eléctricas por citar las de mayor envergadura, pese a su complejidad, y debido al crecimiento de la industria pesada nacional durante la última década.

## **2.2 Montaje del Horno**

### **2.2.1 Componentes**

#### **a. Sección Radiante**

Está compuesta por una cámara de combustión que alojan por las paredes de esta a los tubos por cuyo interior circula el fluido a calentar, la

transmisión de calor en esta zona se efectúa fundamentalmente por radiación y una pequeña parte por convección entre los humos y los tubos

**b. Sección Convectiva**

Esta zona se denomina de convección por ser esta la forma de transmisión de calor que predomina en la misma. Con el fin de recuperar el calor sensible de los humos (de la zona de radiación salen a 800-1000 °C), normalmente se les hace circular a velocidades elevadas a través de un haz de tubos (perpendicular o paralelamente a los mismos) por los que circulan el fluido a calentar (crudo y en otro sistema de haz de tubos circula el vapor).

**c. Capota de Humos**

La Capota de humos es la zona por donde se dirigen los gases hacia la Chimenea.

**d. Chimenea**

La Chimenea es la zona por donde salen los gases al medio ambiente luego de pasar por la zona de Convección y Capota de Humos.

**e. Plataformas y Escaleras**

Plataformas de operación y mantenimiento.

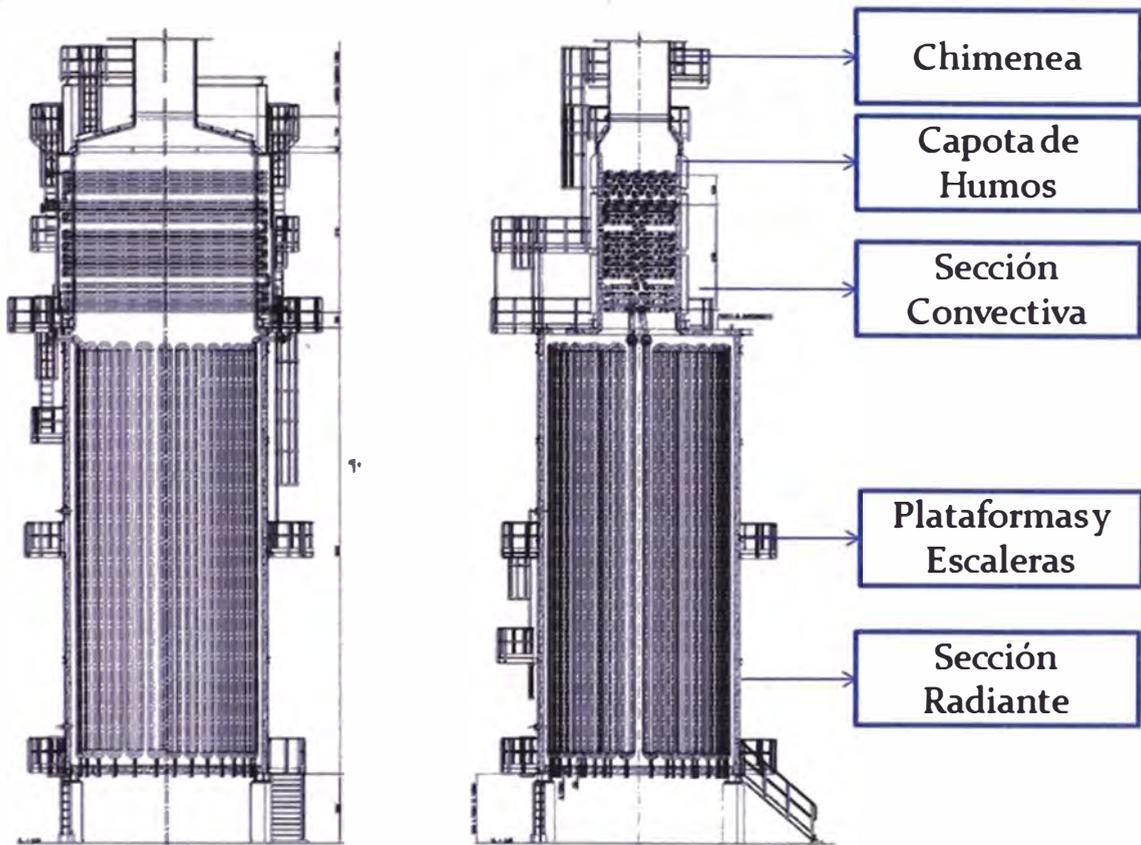


Figura 2.1 Secciones de Hornos.

### 2.2.2 Proceso de Montaje del Horno

El proceso del montaje del horno inicia con la verificación topográfica de las cimentaciones, seguido con el montaje de la Sección Radiante, luego se procede al montaje de la Sección Convectiva la cual nos da una mayor eficiencia debido a que se aprovecha el calor de los gases que salen a elevada temperatura de la Sección Radiante, finalizando con el montaje de la Capota y Chimenea consecutivamente.

Para el montaje haremos uso de equipos de montaje como grúas, grilletes, estrobos y/o eslingas. La capacidad de los equipos a utilizar tiene que ser de acuerdo al peso a izar.

## 2.3 Equipos de Montaje

### 2.3.1 Estrobos de Cable de Acero

#### a) Definición.-

Un estrobo es un tramo relativamente corto de un material flexible y resistente (típicamente cable de acero), con sus extremos en forma de "ojales" debidamente preparados para sujetar una carga y vincularla con el equipo de izaje que ha de levantarla, de modo de constituir una versátil herramienta para el levantamiento de cargas.

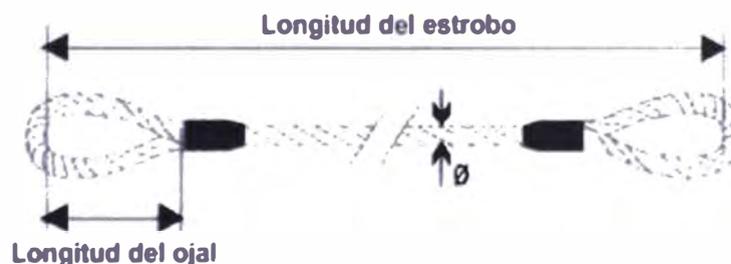


Figura 2.2 Estrobo de Cable de Acero.

#### b) Selección

i. Los datos de entrada que necesitamos conocer para seleccionar un Estrobo son:

- El peso de la carga a izar
- N° de Estrobos
- Longitud de estrobo necesaria
- Tipos de accesorios a usarse para unir los estrobos

ii. Diagrama de fuerzas en equilibrio en el izamiento:

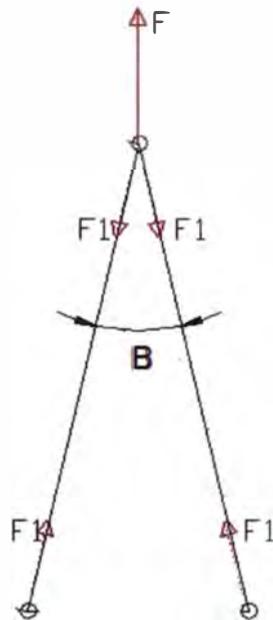


Figura 2.3 Diagrama de fuerzas presentes en el izamiento de una carga.

De la figura tenemos:

- F: Peso de la Carga a Izar en kg.
- F1: Fuerza al que va a estar sometido cada estrobo
- El ángulo crítico entre estrobos es el ángulo que por medidas de seguridad de la empresa no sobrepasaremos, para nuestros montajes será de  $90^\circ$
- Se considera que la longitud del estrobo será tal que el ángulo formado por estos no superará al ángulo crítico
- Ecuaciones a aplicar:  $B \text{ crítico} = 90^\circ$

$$F = \text{N}^\circ \text{ de estrobos} \times F1 \times \text{Cos} \frac{B}{2} ; \text{ en kg} \quad (1)$$

$$F1 = \frac{F}{\text{N}^\circ \text{ de estrobos} \times \text{Cos} 45^\circ} ; \text{ en kg} \quad (2)$$

iii. Tabla de Selección de Estrobos:

Para nuestro caso en particular la refinería nos especificó que el factor de seguridad para los montajes debía ser como mínimo de 6. Por lo que recalculamos los factores de seguridad de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Capacidad de carga de estrobos} \times 5}{F1} \geq 6 \quad (3)$$

$$\text{Capacidad de carga de estrobos} \geq \frac{6 \times F1}{5} \quad (4)$$

De la Tablas 2.1 seleccionamos el estrobo apropiado.

Tabla 2.1: Capacidad de Carga de un Estrobo en tres configuraciones distintas.



Diámetro de Cable (plg.)	Vertical	Choker	Basket
1/4	0.65	0.48	1.30
5/16	1.00	0.74	2.00
3/8	1.40	1.10	2.90
7/16	1.90	1.40	3.90
1/2	2.50	1.90	5.10
9/16	3.20	2.40	6.40
5/8	3.90	2.90	7.80
3/4	5.60	4.10	11.00
7/8	7.60	5.60	15.00
1	9.80	7.20	20.00
1 1/8	12.00	9.10	24.00
1 1/4	15.00	11.00	30.00
1 3/8	18.00	13.00	36.00
1 1/2	21.00	16.00	42.00
1 3/4	28.00	21.00	57.00
2	37.00	28.00	73.00
2 1/4	44.00	35.00	89.00
2 1/2	54.00	42.00	109.00

### 2.3.2 Eslingas

#### a) Definición.-

Es un tramo relativamente corto de material polyester flexible y resistente, con extremos en forma de ojales, preparados para sujetar cargamento y unirlo con el equipo de izamiento. Se trata, pues, de una herramienta útil, para el levantamiento de cargas. Sin embargo, ocasionalmente, también puede hacer uso de una eslinga para transmitir esfuerzos de tracción, distintos del izamiento de cargas; tal es el caso de los remolques.

El factor de seguridad usado comúnmente es de 5



Figura 2.4 Eslinga.

#### b) Selección de Eslingas

I. Los datos de entrada que necesitamos conocer para seleccionar una Estrobo son:

- Dimensiones de la carga (ancho, longitud, altura)
- El peso de la carga a izar
- N° de Eslingas
- Longitud de eslinga necesaria

II. Consideraciones para realizar los Cálculos:

De la figura 2.3 tenemos:

- F: Peso de la Carga a izar en kg.
- F1: Peso al que va a estar sometido cada eslinga

- El ángulo crítico entre eslingas es el ángulo que por medidas de seguridad de la empresa no sobrepasaremos, para nuestros montajes será de 90°
- Se considera que la longitud de la eslinga será tal que el ángulo formado por estos no superará al ángulo crítico
- Ecuaciones a aplicar:  $\theta \text{ crítico} = 90^\circ$

$$F = (\text{N}^\circ \text{ de eslingas}) \times \left( F1 \times \cos \left( \frac{\theta}{2} \right) \right); \text{ en kg} \quad (5)$$

$$F1 = \frac{F}{(\text{N}^\circ \text{ de eslingas}) \times \cos 45^\circ}; \text{ en kg} \quad (6)$$

### III. Tabla de Selección de Eslingas:

Para nuestro caso en particular la refinería nos especificó que el factor de seguridad para los montajes debía ser como mínimo de 6. Por lo que recalculamos los factores de seguridad de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Capacidad de carga de eslingas} \times 5}{F1} \geq 6 \quad (7)$$

$$\text{Capacidad de carga de eslingas} \geq \frac{6 \times F1}{5} \quad (8)$$

De las Tablas 2.2 y 2.3 seleccionamos la eslinga apropiada.

Tabla 2.2: Tabla de capacidad de carga de eslinga de Poliéster.

 Poliéster


	<b>Planos</b>	<b>Volteados</b>	<b>Vertical</b>	<b>Choker</b>	<b>Basket</b>	
<b>Una Cinta</b>	EEFI - 901	EETI - 901	0.34	1,250	3,200	
	EEFI - 902	EETI - 902	3,200	2,500	6,400	
	EEFI - 903	EETI - 903	4,800	3,800	9,600	
	EEFI - 904	EETI - 904	6,400	5,000	12,800	
	EEFI - 905	EETI - 905	8,000	6,400	16,000	
	EEFI - 906	EETI - 906	9,600	7,700	19,200	
	EEFI - 908	EETI - 908	12,800	10,200	25,600	
	EEFI - 910	EETI - 910	16,000	12,800	32,000	
	EEFI - 912	EEFI - 912	19,200	15,400	38,400	
	<b>Dos Cintas</b>	EEF2 - 901	EET2 - 901	3,200	2,500	6,400
		EEF2 - 902	EET2 - 902	6,400	5,000	12,800
		EEF2 - 903	EET2 - 903	8,600	6,900	17,200
EEF2 - 904		EET2 - 904	11,500	9,200	23,200	
EEF2 - 905		EET2 - 905	13,600	10,900	27,200	
EEF2 - 906		EET2 - 906	16,300	13,000	32,600	
EEF2 - 908		EET2 - 908	19,200	15,400	38,400	
EEF2 - 910		EET2 - 910	22,400	17,900	44,800	
EEF2 - 912		EEF2 - 912	26,900	21,500	53,800	
<b>Tres Cintas</b>		EEF3 - 901	EET3 - 901	4,100	3,300	8,200
	EEF3 - 902	EET3 - 902	8,300	6,600	16,600	
	EEF3 - 903	EET3 - 903	15,500	10,000	25,000	
	EEF3 - 904	EET3 - 904	16,000	12,800	32,000	
	EEF3 - 905	EET3 - 905	19,200	15,400	38,400	
	EEF3 - 906	EET3 - 906	23,000	18,400	46,000	
	EEF3 - 908	EET3 - 908	30,700	24,500	61,000	
	EEF3 - 910	EET3 - 910	36,800	29,400	73,600	
	EEF3 - 912	EEF3 - 912	44,000	35,200	88,000	
	<b>Cuatro Cintas</b>	EEF4 - 901	EET4 - 901	5,000	4,000	10,000
EEF4 - 902		EET4 - 902	12,300	9,920	24,800	
EEF4 - 903		EET4 - 903	17,600	14,080	35,200	
EEF4 - 904		EET4 - 904	22,000	17,600	44,000	
EEF4 - 905		EET4 - 905	24,800	19,800	49,600	
EEF4 - 906		EET4 - 906	33,000	26,400	66,000	
EEF4 - 908		EET4 - 908	39,700	31,700	79,400	
EEF4 - 910		EET4 - 910	49,600	39,600	99,200	
EEF4 - 912		EEF4 - 912	59,500	47,600	119,000	

\*Carga límite de trabajo en Libras

Factor de Seguridad 5

Tabla 2.3: Tabla de capacidad de carga de eslinga de Nylon.

 Nylon



	<b>Sinfin</b>	<b>Vertical</b>	<b>Choker</b>	<b>Basket</b>
<b>Una Cinta</b>	EN1 - 901	3,200	2,500	6,400
	EN1 - 902	6,400	5,000	12,800
	EN1 - 903	8,600	5,900	17,200
	EN1 - 904	11,500	9,200	23,000
	EN1 - 905	13,600	10,900	27,200
	EN1 - 906	16,300	13,000	32,600
	EN1 - 908	19,200	15,400	38,400
	EN1 - 910	22,400	17,900	44,800
	EN1 - 912	26,900	19,200	19,200
<b>Dos Cintas</b>	EN2 - 901	6,200	4,900	12,400
	EN2 - 902	12,200	9,800	24,400
	EN2 - 903	16,300	13,000	32,600
	EN2 - 904	20,700	16,500	41,400
	EN2 - 905	24,500	19,600	49,000
	EN2 - 906	28,600	23,000	57,200
	EN2 - 908	30,700	24,500	61,400
	EN2 - 910	33,600	26,800	67,000
	EN2 - 912	37,600	30,000	75,200
<b>Tres Cintas</b>	EN3 - 901	8,000	6,400	16,000
	EN3 - 902	16,000	12,800	32,000
	EN3 - 903	21,500	17,200	43,000
	EN3 - 904	28,700	23,000	57,400
	EN3 - 905	34,000	27,200	68,000
	EN3 - 906	40,700	32,500	81,400
	EN3 - 908	46,000	36,800	92,000
	EN3 - 910	51,500	41,200	103,000
	EN3 - 912	59,200	47,300	118,400
<b>Cuatro Cintas</b>	EN4 - 901	10,000	8,000	20,000
	EN4 - 902	19,800	15,800	39,600
	EN4 - 903	26,700	21,300	53,400
	EN4 - 904	35,600	28,400	71,200
	EN4 - 905	42,200	33,700	84,400
	EN4 - 906	50,500	40,400	101,000
	EN4 - 908	57,600	46,000	115,200
	EN4 - 910	67,200	53,700	134,400
EN4 - 912	80,700	64,500	161,400	

\*Carga límite de trabajo en Libras

Factor de Seguridad 5

### 2.3.3 Grilletes

#### a) Definición.-

Grillete es un elemento de elevación que se suele usar como pieza intermedia entre el cáncamo o gancho y la eslinga.

El grillete suele constar de una argolla y un perno.

El factor de seguridad usado comúnmente es de 6



Figura 2.5 Grilletes.

#### b) Selección

i. El dato de entrada que necesitamos conocer para seleccionar una Grillete es:

- La fuerza a la que va a estar sometido cada grillete es la misma a la que va a estar sometido cada estrobo y es igual a  $F_1$ .

ii. Tablas de Selección de Grilletes:

Conociendo la fuerza que estará sometido cada estrobo, podemos conocer la carga o fuerza a izar por grillete.

Luego seleccionamos de la Tabla de Grilletes, Tabla 2.4, un grillete cuya capacidad de izaje supere el peso de la carga a izar por grillete, con un factor de seguridad de 6

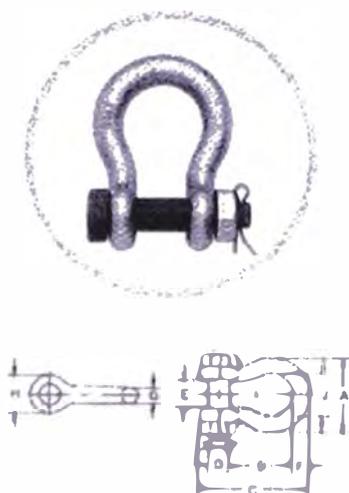


Figura 2.6 Grillete lira con pin y tuerca con pasador.

Tabla 2.4: Capacidad de Carga de Grilletes lira con Pin y tuerca con pasador.

Grillete lira con pin y tuerca con pasador

Diámetro (plg).	Carga Límite de Trabajo (Ton)	Peso (C/U) (lbs)	A	B	C	D	E	F	G	H	J	B	E
3/16	0,33	0,06	0,98	0,88	1,47	0,25	0,38	0,19	0,19	0,56	0,60	0,06	0,06
1/4	0,50	0,11	1,28	1,13	1,84	0,31	0,47	0,25	0,25	0,61	0,78	0,06	0,06
5/16	0,75	0,22	1,47	1,22	2,09	0,38	0,53	0,31	0,31	0,75	0,84	0,06	0,06
3/8	1,00	0,33	1,78	1,44	2,49	0,44	0,66	0,38	0,38	0,91	1,03	0,13	0,06
7/16	1,50	0,49	2,03	1,69	2,91	0,50	0,75	0,44	0,44	1,06	1,16	0,13	0,06
1/2	2,00	0,79	2,31	1,88	3,28	0,64	0,81	0,50	0,50	1,19	1,31	0,13	0,06
5/8	3,25	1,68	2,94	2,38	4,19	0,77	1,06	0,69	0,63	1,50	1,69	0,13	0,06
3/4	4,75	2,72	3,50	2,81	4,97	0,89	1,25	0,81	0,75	1,81	2,00	0,25	0,06
7/8	6,50	3,95	4,03	3,31	5,83	1,02	1,44	0,97	0,88	2,09	2,28	0,25	0,06
1	8,50	5,66	4,69	3,75	6,56	1,15	1,69	1,06	1,00	2,38	2,69	0,25	0,06
1 1/8	9,50	8,27	5,16	4,25	7,47	1,25	1,81	1,25	1,13	2,69	2,91	0,25	0,06
1 1/4	12,00	11,71	5,75	4,69	8,25	1,40	2,03	1,38	1,29	3,00	3,25	0,25	0,06
1 3/8	13,50	15,83	6,38	5,25	9,16	1,53	2,25	1,50	1,42	3,31	3,63	0,25	0,13
1 1/2	17,00	20,80	6,88	5,75	10,00	1,66	2,38	1,62	1,53	3,63	3,88	0,25	0,13
1 3/4	25,00	33,91	8,80	7,00	12,34	2,04	2,88	2,25	1,84	4,19	5,00	0,25	0,13
2	35,00	52,25	10,15	7,75	13,68	2,30	3,25	2,40	2,08	4,81	5,75	0,25	0,13
2 1/2	55,00	98,25	12,75	10,50	17,90	2,80	4,13	3,13	2,71	5,69	7,25	0,25	0,25
3	85,00	154,00	14,62	13,00	21,50	3,30	5,00	3,62	3,12	6,50	7,88	0,25	0,25
3 1/2	120,00	265,00	17,02	14,63	24,88	3,76	5,25	4,38	3,62	8,00	9,00	0,25	0,25
4	150,00	338,00	18,00	14,50	25,68	4,26	5,50	4,56	4,00	9,00	10,00	0,25	0,25

Factor de seguridad 6

### 2.3.4 Grúas

#### a) Definición.-

Una grúa es una máquina de elevación de movimiento discontinuo destinado a elevar y distribuir cargas en el espacio suspendidas de un gancho.

Por regla general son ingenios que cuentan con poleas acanaladas, contrapesos, mecanismos simples, etc. para crear ventaja mecánica y lograr mover grandes cargas.

Son muy comunes en obras de construcción, puertos, instalaciones industriales y otros lugares donde es necesario trasladar cargas. Existe una gran variedad de grúas, diseñadas conforme a la acción que vayan a desarrollar. Generalmente la primera clasificación que se hace se refiere a grúas móviles y fijas:

#### i. Móviles

Autogrúas, de gran tamaño y situadas convenientemente sobre vehículos especiales. Pueden ser de los siguientes tipos: Sobre cadenas u orugas. Sobre ruedas o camión.



Figura 2.7 Grúas Telescópica.

## ii. Fijas

Cambian la movilidad que da la grúa móvil con la capacidad para soportar mayores cargas y conseguir mayores alturas incrementando la estabilidad. Este tipo se caracteriza por quedar ancladas en el suelo (o al menos su estructura principal) durante el periodo de uso. A pesar de esto algunas pueden ser ensambladas y desensambladas en el lugar de trabajo.

- Grúas pórtico o grúas puente, empleadas en la construcción naval y en los pabellones industriales.
- Grúas de Celosía.
- Plumines, habitualmente situados en la zona de carga de los camiones.



Figura 2.8 Grúas de Celosías o de Castillo.

b) Selección de Grúa

i. Los datos de entrada que necesitamos conocer para seleccionar la grúa a utilizar son:

- Peso de la carga a izar
- Peso de los aparejos a utilizar (estrobos, grilletes, eslingas, etc)
- Entorno del área de montaje, nos permitirá conocer si hay restricciones dimensionales para la ubicación de la grúa
- Las posición inicial y final de la carga a izar
- Radio de giro (distancia horizontal de la tornamesa de la grúa con respecto al centro de gravedad de la carga a izar) en su posición inicial y final
- Longitud de Boom (distancia entre la tornamesa de la grúa con respecto al centro de gravedad de la carga a izar) en su posición inicial y final

ii. Cálculos:

- F: Peso de Carga a Izar
- Faparejos: Peso de estrobos, grilletes, eslingas, etc.
- $\text{Peso Total} = F + F_{\text{aparejos}}$  (9)
- Con los datos de entrada de radio de giro, longitud de boom y peso total a izar seleccionamos la grúa a utilizar
- $\% \text{ de Utilización} = \frac{\text{Peso Total}}{\text{Capacidad de Carga}} \leq 90\%$  (10)

iii. Selección de Grúas:

La tabla de carga de la grúa nos indica la capacidad de carga de la grúa a una longitud de Boom y Radio de giro especificado.

Por norma de la empresa, por seguridad, cuando el % de utilización supera el 90% se tiene que utilizar una grúa de mayor capacidad o disminuir el radio de giro o longitud de boom tal que el % de utilización cumpla con el requisito.

A continuación se presenta las Tablas de Carga de las Grúas a usaron en el montaje. Ver Tabla 2.5, 2.6, 2.7, 2.8 y 2.9

Tabla 2.5: Capacidad de Carga de Grúa de 200 Ton, modelo LTM 1200.

**Pluma telescópica LTM 1200**

Grúa estabilizada



Zona de trabajo 360°

Base de apoyo 9.9 m x 8.6 m

Con 2° mecanismo elevador o peso auxiliar y

Contrapeso de 59 Ton



TAB 82216 Bl. 3

360°

b

59 t

Alcance (Radio) (m)	T-33.1	T-33.1	T-33.7	T-38.2	T-38.2	T-38.2
6	67.0	56.0	43.0			
7	63.0	52.0	40.5	53.0	42.0	37.5
8	58.0	48.5	38.0	50.0	40.0	35.0
9	54.0	45.5	36.0	47.5	38.0	33.0
10	50.0	42.0	33.0	44.5	36.0	30.5
12	44.5	36.5	29.0	40.0	32.0	27.0
14	39.0	32.0	26.0	35.5	28.5	23.8
16	34.5	28.5	23.4	31.5	25.5	21.3
18	30.0	26.0	21.3	28.2	23.0	19.4
20	25.5	23.5	19.5	25.4	21.0	17.8
22	21.8	22.0	18.0	22.6	19.5	16.5
24	18.8	20.0	16.5	19.5	18.0	15.4
26	16.4	18.3	15.3	17.1	16.5	14.3
28	14.3	16.3	14.0	15.0	15.4	13.3
30			13.0	13.2	14.5	12.4
32				11.7	13.4	11.4
34				10.3	12.4	10.6
CODIGO LBM	0001	0001	0001	0001	0001	0001
Viento máx. (m/s)	12.8	12.8	12.8	11.1	11.1	11.1
Viento máx. de giro, grado	2	2	2	1	1	1
Tele I	94	0	0	94	0	0
Tele II	94	94	50	94	94	50
Tele III	0	94	50	50	94	94
Tele IV	0	0	94	0	50	94
Estado de extensión de los elementos telescópicos (%)						

T- = largo de boom telescópica en metros. Cargas a izar en toneladas.

Tabla 2.6: Capacidad de Carga de Grúa de 200 Ton, modelo 9520.

**AMERICAN**



**900 SERIES  
MODEL 9520  
TRUCK CRANE  
with 77.5 Boom**

**LIFT RATINGS**

With 77.5 Tubular Hammerhead Boom and "T-U-R" Counterweight (75,000 Lbs.)

Longitud Boom (pies)	Radio (pies)	Ángulo Boom (grados)	Carga con gatas contraídas		Carga con gatas extendidas		Longitud Boom (pies)	Radio (pies)	Ángulo Boom (grados)	Carga con gatas contraídas		Carga con gatas extendidas		
			Sobre los lados	Reverso	Sobre los lados	Reverso				Sobre los lados	Reverso	Sobre los lados	Reverso	
70 pies	16	82.8		146670	400000	400000	110 pies	60	61.4	28970	34000	72530	85160	
	20	79.5		131210	319320	319320		70	55.3	23350	27380	58330	70490	
	25	75.4		104260	243480	243480		80	48.6	19040	22450	48250	59600	
	30	71.1		83670	195990	195990		90	41.2	15610	18630	40710	51200	
	35	66.7		69410	160910	163440		100	32.3	12810	15560	34840	44400	
	40	62.2	49650	58950	131130	139730		110	20.1	10440	13010	30120	38660	
	50	52.4	38480	44590	94720	107470		120 pies	22	82.9		120320	282720	282720
	60	41.0	30720	35180	73260	86520			25	81.5		102840	241980	241980
70	25.6	24960	28490	59050	71740	30	79.1			82190	194380	194380		
80 pies	17	83.0		141670	391110	391110	35		76.7	54880	67910	160550	161770	
	20	80.8		130410	319090	319090	40		74.2	47270	57430	130550	138030	
	25	77.2		104000	243220	243220	50		69.2	36220	43090	93900	105770	
	30	73.5		83400	195710	195710	60		64.0	28580	33720	72340	84850	
	35	69.8		69140	160910	163150	70		58.5	22980	27110	58130	70180	
	40	65.9	49190	58680	131080	139430	80	52.7	18680	22190	48050	59300		
	50	57.8	38060	44330	94620	107190	90	46.4	15270	18380	40510	50910		
	60	48.8	30340	34940	73150	86250	100	39.3	12490	15320	34650	44210		
90 pies	70	38.2	24650	28290	58960	71530	110	30.9	10160	12810	29960	38500		
	80	23.8	20230	23290	48850	60550	120	19.2	8160	10690	26090	33810		
	19	82.5		133200	339810	339810	130 pies	24	82.6		107760	253860	253860	
	20	81.9		129650	318840	318840		25	82.2		102470	241580	241580	
	25	78.7		103730	242940	242940		30	79.9	64090	81820	193960	193960	
	30	75.4		83130	195410	195410		35	77.7	54290	67520	160390	161340	
	35	72.1	56380	68860	160860	162840		40	75.4	46680	57040	130350	137590	
	40	68.7	48740	58390	130990	139120		50	70.8	35660	42700	93650	105320	
50	61.7	37630	44050	94480	106870	60		66.1	28030	33330	72060	84400		
60	54.2	29940	34670	72990	85950	70		61.2	22440	26720	57830	69720		
100 pies	70	45.8	24280	28040	58810	71250	80	56.0	18160	21810	47740	58850		
	80	35.9	19910	23080	48720	60330	90	50.5	14760	18000	40200	50470		
	90	22.4	16410	19200	41150	51850	100	44.5	12000	14960	34350	43800		
	20	82.7		128800	318530	318530	110	37.7	9700	12460	29660	38210		
	25	79.8		103400	242580	242580	120	29.6	7740	10370	25820	33540		
	30	76.9		82780	195030	195030	130	18.4	6030	8560	22580	29630		
	35	73.9	55830	68510	160760	162450	140 pies	25	82.7		102120	241200	241200	
	40	70.9	48200	58050	130840	138730		30	80.7	63520	81450	193560	193560	
50	64.8	37120	43710	94290	106480	35		78.6	53720	67150	160230	160920		
60	58.2	29450	34330	72770	85560	40		76.5	46130	56670	130140	137160		
70	51.2	23810	27710	58580	70870	50		72.3	35110	42320	93390	104880		
80	43.3	19480	22770	48500	59970	60		67.9	27500	32950	71780	93950		
90	34.0	16030	18930	40950	51550	70		63.4	21920	26340	57530	69280		
100	21.2	13180	15820	35050	44600	80		58.7	17650	21430	47430	58410		
110 pies	21	82.8		124640	299600	299600	90	53.8	14270	17630	39890	50030		
	25	80.7		103080	242240	242240	100	48.5	11520	14590	34030	43370		
	30	78.1		82450	194660	194660	110	42.8	9230	12100	29350	37910		
	35	75.4	55300	68170	160640	162070	120	36.2	7290	10020	25520	33250		
	40	72.7	47680	57700	130670	138340	130	28.5	5620	8250	22310	29360		
	50	67.2	36620	43370	94070	106080	140	17.7	4130	6700	19560	26040		

(Continúa)

## Continuación

Longitud Boom (pies)	Radio (pies)	Ángulo Boom (grados)	Cargas con gatas contraídas		Con gatas extendidas		
			Sobre los lados	Reverso	Sobre los lados	Reverso	
150 pies	26	82.8		96900	229580	229580	
	30	81.3	62900	81060	193120	193120	
	35	79.4	53110	66750	160060	160470	
	40	77.4	45530	56260	129920	136700	
	50	73.5	34530	41910	93120	104400	
	60	69.5	26930	32540	71470	83470	
	70	65.3	21360	25930	57210	68800	
	80	61.0	17100	21020	47100	57930	
	90	56.6	13730	17220	39550	49550	
	100	51.8	10980	14190	33690	42890	
	110	46.8	8710	11710	29010	37470	
	120	41.2	6780	9640	25180	32910	
	130	35.0	5130	7880	21980	29030	
	140	27.5	3680	6350	19250	25740	
	150	17.1	2380	5000	16890	22890	
160 pies	27	82.9			202040	202040	
	30	81.8			192700	192700	
	35	80.0			159880	160030	
	40	78.2			129700	136250	
	50	74.5			92840	103940	
	60	70.8			71160	83000	
	70	67.0			56890	68330	
	80	63.0			46760	57460	
	90	58.9			39210	49080	
	100	54.6			33350	42430	
	110	50.1			28660	37000	
	120	45.2			24830	32500	
	130	39.8			21640	28690	
	140	33.8			18930	25410	
	150	26.6			16590	22560	
160	16.5			14530	20040		
170 pies	28	83.0			179030	179030	
	30	82.3			179030	179030	
	35	80.6			159670	159670	
	40	78.9			129500	135880	
	50	75.5			92600	103550	
	60	72.0			70900	82610	
	70	68.4			56600	67920	
	80	64.7			46470	57060	
	90	60.9			38910	48680	
	100	57.0			33040	42030	
	110	52.8			28360	36610	
	120	48.5			24530	32100	
	130	43.8			21340	28300	
	140	38.6			18630	25040	
	150	32.8			16300	22200	
160	25.7			14270	19710		
170	16.0			12460	17470		
180 pies	30	82.7			160230	160230	
	35	81.1			159210	159210	
	40	79.5			129270	135410	
	50	76.3			92310	103070	
	60	73.0			70580	82110	
	70	69.6			56260	67430	
	80	66.2			46120	56560	
	90	62.7			38550	48180	
	180 pies	100	59.0			32680	41530
110		55.2			27990	36110	
120		51.2			24160	31610	
130		47.0			20970	27810	
140		42.5			18270	24560	
150		37.5			15940	21730	
160		31.8			13920	19250	
170		25.0			12130	17050	
180		15.5			10530	15060	
190 pies		31	82.8			143210	143210
		35	81.6			143210	143210
		40	80.1			129040	134950
		50	77.0			92030	102600
		60	73.9			70260	81630
		70	70.7			55930	66940
	80	67.5			45770	56070	
	90	64.2			38190	47700	
	100	60.8			32320	41040	
	110	57.3			27630	35630	
	120	53.6			23800	31130	
	130	49.8			20600	27330	
	140	45.7			17900	24080	
	150	41.3			15580	21260	
	160	36.4			13560	18790	
170	30.9			11780	16600		
180	24.3			10200	14640		
190	15.1			8770	12860		
200 pies	32	82.9			129410	129410	
	35	82.0			129410	129410	
	40	80.6			128810	129410	
	50	77.7			91730	102100	
	60	74.7			69940	81130	
	70	71.7			55580	66440	
	80	68.7			45410	55560	
	90	65.6			37820	47180	
	100	62.4			31940	40530	
	110	59.1			27250	35110	
	120	55.7			23410	30620	
	130	52.2			20220	26820	
	140	48.4			17510	23580	
	150	44.5			15190	20760	
	160	40.2			13170	18300	
170	35.5			11400	16120		
180	30.1			9830	14170		
190	23.7			8420	12420		
200	14.7			7140	10810		
210 pies	33	83.0			117060	117060	
	35	82.4			117060	117060	
	40	81.0			117060	117060	
	50	78.3			91440	101620	
	60	75.5			69610	80640	
	70	72.6			55240	65940	
	80	69.8			45050	55060	
	90	66.8			37460	46680	
	100	63.8			31570	40030	
110	60.7			26870	34610		

Tabla 2.7: Capacidad de Carga de Grúa de 80 Ton, modelo RT 780.



Radio (pies)	Angulo de Boom (grados)	Sobre frente (Lb)	360°	Radio (pies)	Angulo de Boom (grados)	Sobre frente (Lb)	360°	Radio (pies)	Angulo de Boom (grados)	Sobre frente (Lb)	360°
Longitud Boom 40 pies				Longitud Boom 54 pies				Longitud Boom 66 pies			
10	69.4	160,000	160,000	10	75.0	102,500	102,500	15	73.3	80,600	80,600
12	66.2	125,600	125,600	12	72.8	102,500	102,500	20	68.6	71,900	71,900
15	61.3	108,800	108,800	15	69.3	100,500	100,500	25	63.8	64,800	64,800
20	52.3	84,700	84,700	20	63.4	85,300	85,300	30	58.7	54,400	51,000
25	42.0	65,600	65,600	25	57.1	66,700	66,700	35	53.3	41,000	38,200
30	28.5	52,800	49,200	30	50.3	53,900	50,500	40	47.5	32,000	29,900
33.9	0.0	28,500	28,500	35	42.6	40,500	37,700	45	41.1	25,900	24,100
				40	33.6	31,500	29,400	50	33.6	21,200	19,800
				45	21.0	25,200	23,500	55	24.0	17,700	16,400
				47.9	0.0	19,000	19,000	59.9	0.0	14,100	13,800

Longitud Boom 78 pies				Longitud Boom 90 pies				Longitud Boom 102 pies			
20	72.1	62,200	62,200	20	74.6	56,200	56,200	25	73.5	41,900	41,900
25	68.1	55,700	55,700	25	71.2	48,000	48,000	30	70.5	36,400	36,400
30	64.0	49,700	49,700	30	67.7	41,700	41,700	35	67.5	32,100	32,100
35	59.8	41,200	38,500	35	64.2	36,600	36,600	40	64.3	28,600	28,600
40	55.3	32,300	30,200	40	60.6	32,500	30,400	45	61.1	25,700	24,700
45	50.6	26,100	24,400	45	56.8	26,300	24,600	50	57.8	21,900	20,500
50	45.5	21,600	20,200	50	52.8	21,800	20,300	55	54.4	18,400	17,200
55	39.9	18,100	16,900	55	48.6	18,300	17,100	60	50.8	15,600	14,600
60	33.6	15,300	14,200	60	44.1	15,500	14,500	65	47.0	13,400	12,500
65	25.8	13,000	12,100	65	39.1	13,200	12,300	70	42.9	11,500	10,800
70	14.2	11,100	10,300	70	33.6	11,400	10,600	75	38.5	10,000	9,200
71.9	0.0	10,400	9,600	75	27.0	9,800	9,000	80	33.6	8,600	7,900
				80	18.2	8,400	7,700	85	27.9	7,400	6,800
				83.9	0.0	7,400	6,800	90	20.7	6,400	5,800

Longitud Boom 114 pies				Longitud Boom 126 pies			
30	72.6	31,500	31,500	35	72.0	24,700	24,700
35	70.0	29,500	29,500	40	69.5	24,600	24,600
40	67.2	26,200	26,200	45	67.1	22,100	22,100
45	64.5	23,500	23,500	50	64.5	20,000	20,000
50	61.6	21,400	20,600	55	62.0	18,200	17,400
55	58.7	18,500	17,300	60	59.3	15,800	14,800
60	55.6	15,700	14,700	65	56.6	13,600	12,700
65	52.5	13,500	12,600	70	53.8	11,700	10,900
70	49.2	11,600	10,900	75	50.9	10,200	9,400
75	45.7	10,100	9,400	80	47.8	8,800	8,200
80	42.0	8,800	8,100	85	44.6	7,700	7,100
85	38.0	7,600	6,900	90	41.2	6,700	6,100
90	33.6	6,600	6,000	95	37.6	5,800	5,200
95	28.5	5,700	5,100	100	33.6	5,000	4,400
100	22.5	4,900	4,300	105	29.1	4,300	3,700
105	13.9	4,100	3,600	110	23.8	3,600	3,100
107.9	0.0	3,700	3,200	115	16.9	3,100	2,500
				119.9	0.0	2,500	2,000

Add 100 lbs to the chart values if the AUXILLIARY BOOM HEAD SHEAVE is NOT ERCTED

Tabla 2.8: Capacidad de Carga de Grúa de 50 Ton, modelo RK 450.

Radio (m)	Longitud de Boom (m)				
	10.45	17.55	24.65	31.75	38.85
3.00	45.00	28.00			
3.50	40.80	28.00			
3.75	38.80	28.00			
4.00	36.90	28.00	20.00		
4.50	33.40	28.00	20.00		
5.00	30.20	28.00	20.00	13.00	
5.50	27.50	25.70	20.00	13.00	
6.00	25.00	23.60	20.00	13.00	7.50
6.50	22.70	21.80	18.40	13.00	7.50
7.00	20.70	20.00	17.00	13.00	7.50
7.50		18.50	15.80	13.00	7.50
8.00		17.10	14.80	12.40	7.50
8.50		16.00	14.00	11.70	7.50
9.00		15.00	13.20	11.15	7.50
9.50		13.50	12.45	10.60	7.50
10.00		12.30	11.80	10.10	7.50
11.00		10.20	9.95	9.15	6.95
12.00		8.55	8.30	8.30	6.45
13.00		7.30	7.05	7.60	6.00

\*Cargas a izar en toneladas.

Tabla 2.9: Capacidad de Carga de Grúa de 30 Ton, modelo RT 630.

Radio (m)	Longitud de Boom (m)								
	9.80	11.60	13.40	15.20	17.10	18.90	20.70	22.60	24.40
3.00	27,000 (63)	17,900 (68)	17,000 (71.5)	16,750 (74)					
3.50	20,000 (59.5)	17,100 (65)	16,600 (69)	16,175 (72)	14,675 (74.5)				
4.00	16,775 (56)	15,875 (62.5)	15,525 (66.5)	15,075 (70)	14,275 (72.5)				
4.50	14,575 (52.5)	14,450 (59.5)	14,200 (64.5)	13,875 (68)	13,575 (71)	13,225 (73.5)			
5.00	13,175 (48.5)	13,175 (56.5)	13,125 (62)	12,850 (66)	12,775 (69)	12,375 (71.5)			
6.00	11,050 (39)	11,050 (50)	11,050 (56.5)	11,050 (61.5)	10,925 (65.5)	10,750 (68.5)	10,100 (70.5)	9,295 (72.5)	8,615 (74.5)
7.00	9,050 (26.5)	9,050 (42.5)	9,050 (51)	9,050 (57)	9,050 (61.5)	9,050 (65)	9,010 (67.5)	8,525 (70)	7,995 (72)
8.00		7,840 (33.5)	7,840 (45)	7,840 (52)	7,840 (57.5)	7,840 (61.5)	7,840 (64.5)	7,680 (67)	7,275 (69.5)
9.00		7,070 (21)	7,070 (38)	7,070 (47)	7,070 (53)	7,070 (58)	7,070 (61.5)	6,860 (64.5)	6,685 (67)
10.00			6,310 (29.5)	6,310 (41)	6,310 (48.5)	6,310 (54.5)	6,310 (58)	6,215 (61.5)	6,060 (64)
12.00				4,960 (26)	4,960 (38)	4,960 (46)	4,960 (51)	4,960 (55)	4,960 (58.5)
14.00					3,920 (23)	3,920 (36)	3,920 (43)	3,920 (48)	3,920 (52.5)
16.00						3,055 (21)	3,055 (33)	3,055 (40.5)	3,055 (46)
18.00							2,420 (18)	2,420 (30.5)	2,420 (38.5)
20.00								1,935 (15)	1,935 (29)
22.00									1,545 (12.5)

Nota.-

( ) Ángulo de Boom son en grados

\*Cargas a izar en kg.

## CAPITULO III

### DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

#### 3.1 Ubicación

La Refinería está ubicada en el distrito de Ventanilla, provincia del Callao,.

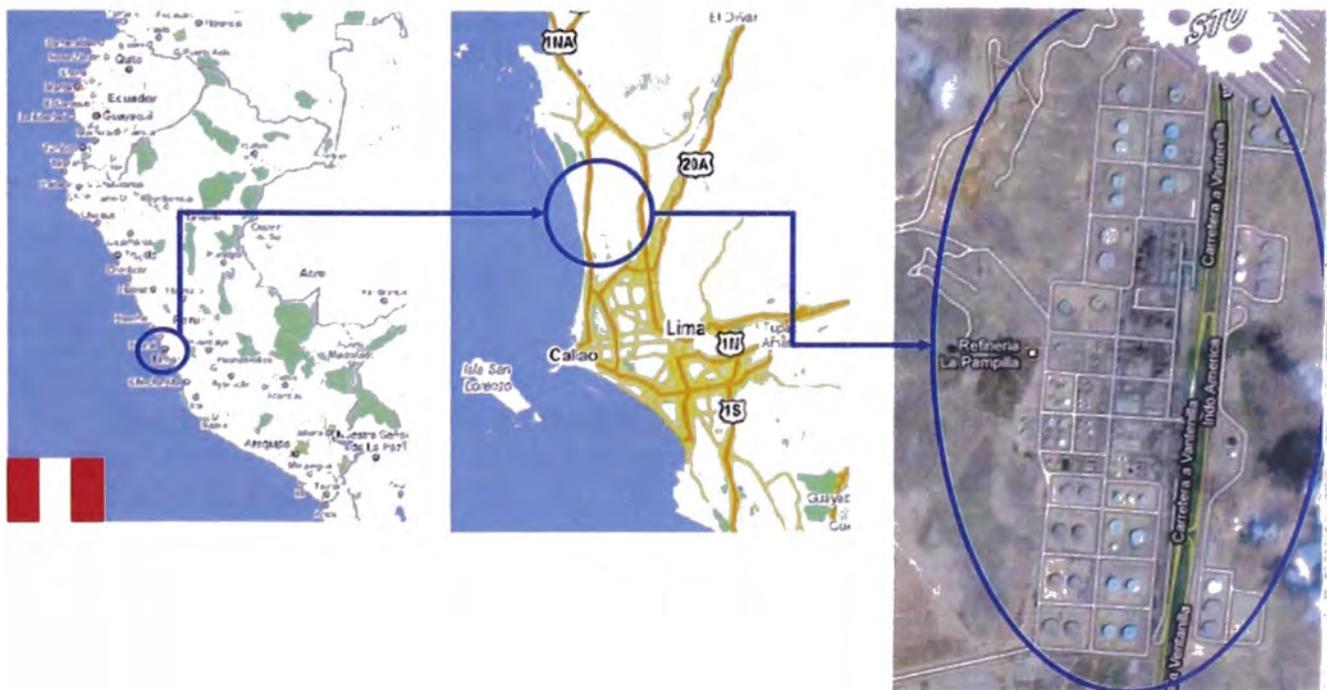


Figura 3.1 Ubicación del Proyecto.

#### 3.2 Descripción Actual de la Refinación

La Refinería tiene actualmente una capacidad de procesamiento de 110.0 MBPD de crudo y produce derivados de hidrocarburos a partir de la refinación del petróleo.

Los hidrocarburos que produce son:

- GLP.
- Gasolinas (84, 90, 95 y 98 octanos) y nafta virgen.
- Kerosene.
- Diesel.
- Gasóleos
- Petróleos industriales N° 6 y 500.
- Asfaltos líquidos RC 250 y MC30.
- Cementos asfálticos de diferentes grados de penetración.

Para efectos de refinación del crudo la refinería cuenta con las siguientes unidades de procesamiento de crudo y productos intermedios:

- Destilación Primaria I (UDP I).
- Destilación Primaria II (UDP II).
- Destilación al Vacío I (UDV I).
- Destilación al Vacío II (UDV II).
- Craqueo Catalítico Fluido (FCC).
- Desulfurización y Reformación Catalítica (Unifining – Platforming).
- Merox de Kerosene I y II.

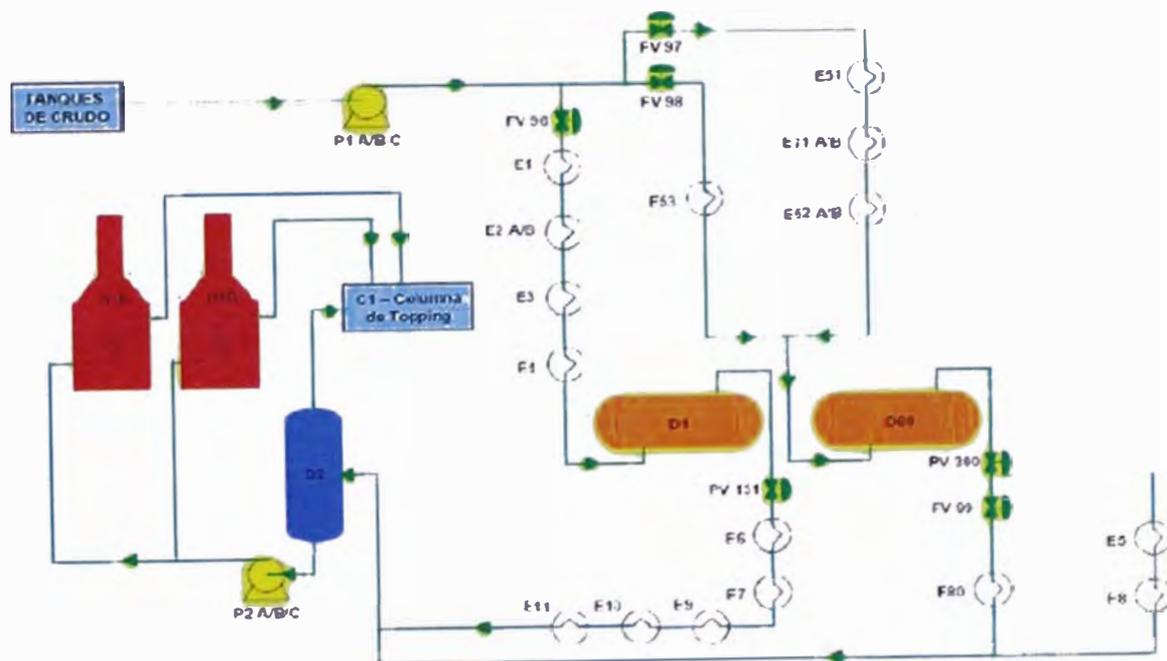


Figura 3.2 Esquema anterior de procesos de la Refinería.

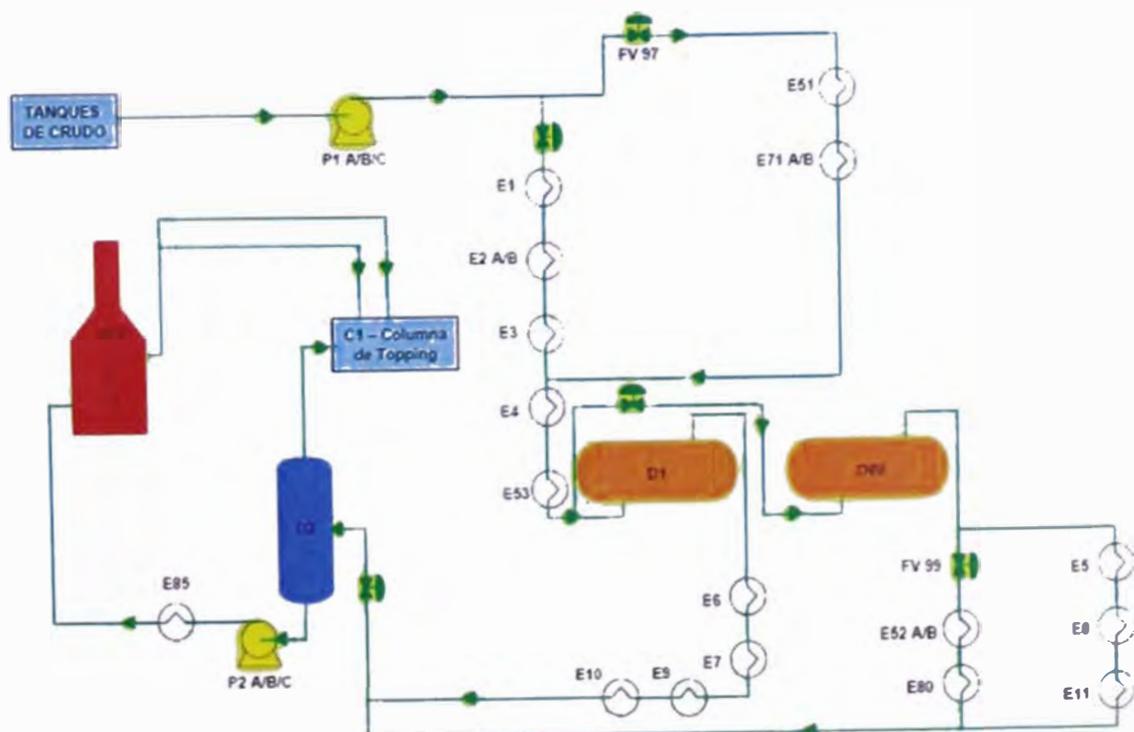


Figura 3.3 Esquema Actual de procesos de la Refinería.

### **3.3 Descripción de partes del Horno**

Se instalará un nuevo Horno, en reemplazo de los dos Hornos Existentes.

El nuevo Horno, figura 3.4, es de tipo cilíndrico vertical con zona convectiva de superficie extendida y chimenea autoportante, construido en chapa de acero al carbono A 36 de 6 mm de espesor.

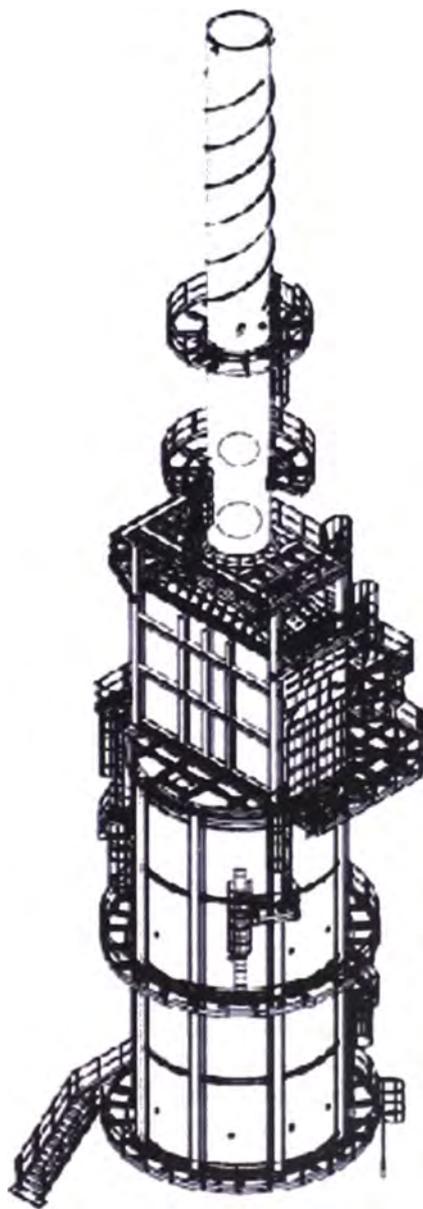


Figura 3.4 Horno.

La chimenea fabricada con el mismo material, A 36, dispone de chapas de 12 y 9 mm de espesor.

El serpentín de proceso se ha fabricado con tubo A 335 Gr P9 sin soldadura. En radiación con 34 tubos de Ø6" Sch 40 y 22 de Ø8" Sch 40, divididos en dos pasos. Las curvas y codos se han instalado de 180° y 90° radio corto (RC) en A 234 WP9, las bridas de entrada de Ø6" 300# WN RF, las de salida de Ø8" 300# WN RF y las de los cross-over de Ø6" 300# WN RF todas en material A 182 F9.

La zona convectiva está compuesta por 15 filas de tubos distribuidas en cuatro bancos. El inferior o de choque dispone de cuatro filas de proceso, tres de 8 tubos de Ø6" Sch 40 lisos en A 335 Gr P9 y la cuarta de 8 tubos de Ø6" Sch 40 en A 335 Gr P9.

Los otros dos bancos están compuestos por ocho y tres filas respectivamente de proceso y una de recalentamiento. El último banco dispone de cuatro filas de recalentamiento y un espacio libre para instalar dos filas futuras. Todos estos bancos están formados por diez tubos por fila de Ø5" Sch 40 en A 335 Gr P9 en proceso y A 335 Gr P11 en recalentamiento.

Los tubos en radiación se fijan a la pared mediante soportes tipo percha, guías intermedias y guías inferiores. Las perchas y las guías intermedias están fabricadas en fundición de IN-657 (50 Cr-50 Ni-Nb) y las inferiores en tubo de Ø1 ½" Sch 80 en A 312 TP 310, estas últimas se introducen en el tintero cerrado en la zona inferior con tapón de rosca hembra, para permitir la limpieza desde el exterior.

Los bancos de tubos de convectiva se soportan mediante placas de tubos, dos extremas construidas en A 570 Gr 40 refractadas con 100 mm de hormigón y una intermedia construida en IN-657. Las placas son discontinuas y entre bancos se

instalan tres niveles de dos sopladores retractiles cada uno, para la limpieza de la superficie extendida.

El Horno dispone de diez quemadores de tiro natural para tiro forzado mixtos fuel oil / fuel gas (FO / FG) y bajo NO<sub>x</sub>, modelo AKWR-180 de ZEECO INC. Capaces de liberar 2,75 / 2,8 Gcal / hr con FO y FG respectivamente.

El Horno se ha diseñado para que a la liberación máxima no se produzca impacto de llama en los tubos ni en el refractario. Los quemadores disponen de encendido eléctrico y vigilancia de llama del piloto por ionización.

El Horno dispone de un sistema de Seguridad y Control, compuesto por instrumentos de campo instalados en una Unidad paquete (Skid de combustión), que dispone de las válvulas de control y corte de los combustibles y vapor de atomización, así como de los transmisores de presión, caudal y temperatura que envían los valores de las variables de operación a los sistemas de Seguridad (PLC) y Control (SCD), para regular y asegurar la operación.

En el propio horno se instalan los instrumentos de presión, temperatura y analizadores de O<sub>2</sub>, necesarios para conocer la evolución de las variables de operación del equipo.

En el diseño de los equipos se ha tenido en cuenta la posibilidad de montar en un futuro, un sistema de recuperación de energía, mediante la instalación de un sistema de precalentamiento del aire de combustión para lo cual, se han previsto las esperas en quemadores, chimenea e instrumentación necesarios.

La evacuación de los humos en tiro natural, lo realiza una chimenea autoportante de 23,8 m de altura y 2.200 mm de diámetro interior de chapa, refractada con 50 mm de hormigón, la cual dispone de una válvula de regulación de tiro de dos laminas construidas en AISI – 304 y accionada manualmente desde la Casa de

Control, mediante un actuador neumático de giro de simple efecto con electro-positivador y las tomas de muestra de humos y conexiones de instrumentos para control de la combustión.

Para realizar las labores de operación y mantenimiento, el horno dispone de una serie de plataformas de servicio comunicadas por escaleras de gato soportadas por la estructura del Horno y que dan acceso a las puertas de inspección y visita, así como a las veinte mirillas de observación, mariposa de control de tiro, cross-over e instrumentos.

En la zona alta de radiación el horno dispone de cuatro puertas de seguridad, con objeto de aliviar el aumento de presión que se puede producir en caso de explosión.

Por último, indicar que el horno dispone en su totalidad de aislamiento interior de hormigón, de 300 mm en el fondo, 200 mm en la radiante y techo, 150 mm en convección y 75 mm y 50 mm en capota y chimenea, para disminuir las pérdidas de calor a través de las paredes.

El nuevo horno utilizará una mezcla de gas licuado de petróleo (GLP) y gas natural (GN) como combustible principal y podrá utilizar Diesel como combustible alternativo.

La fabricación del horno en talleres será realizada por sectores (zona radiante, zona conectiva y chimenea). Cada sector será recibido en obra en segmentos para facilidad de transporte y para que el montaje en obra sea factible con los equipos de izamiento disponibles en nuestro medio.

Los sectores de la zona radiante y chimenea llegarán a la refinería para su montaje, aplicación de refractario y posterior secado térmico. Las zonas convectivas vendrán con el refractario instalado listo para el secado térmico en obra.

## **CAPITULO IV**

### **MONTAJE DE UN HORNO DE CRUDO**

#### **4.1 Gestión del Alcance del Proyecto**

La Gestión del Alcance nos permite definir el alcance claramente, crear la estructura de trabajo (EDT), para poder verificar y controlar el alcance con lo cual conoceremos lo que incluye y no incluye el Montaje de un Horno de Crudo.

##### **4.1.1 Unidades a Mejorar / Modificar**

Unidad de Destilación Primaria y Unidad de Vacío:

- La Destilación Primaria (UDP) es la primera etapa de procesamiento del petróleo crudo y consiste en una separación física de los hidrocarburos presentes en el petróleo en función de sus puntos de ebullición.
- La Destilación al Vacío (UDV) es una etapa en la cual el residuo proveniente de la UDP es fraccionado a presiones menores que la atmosférica.

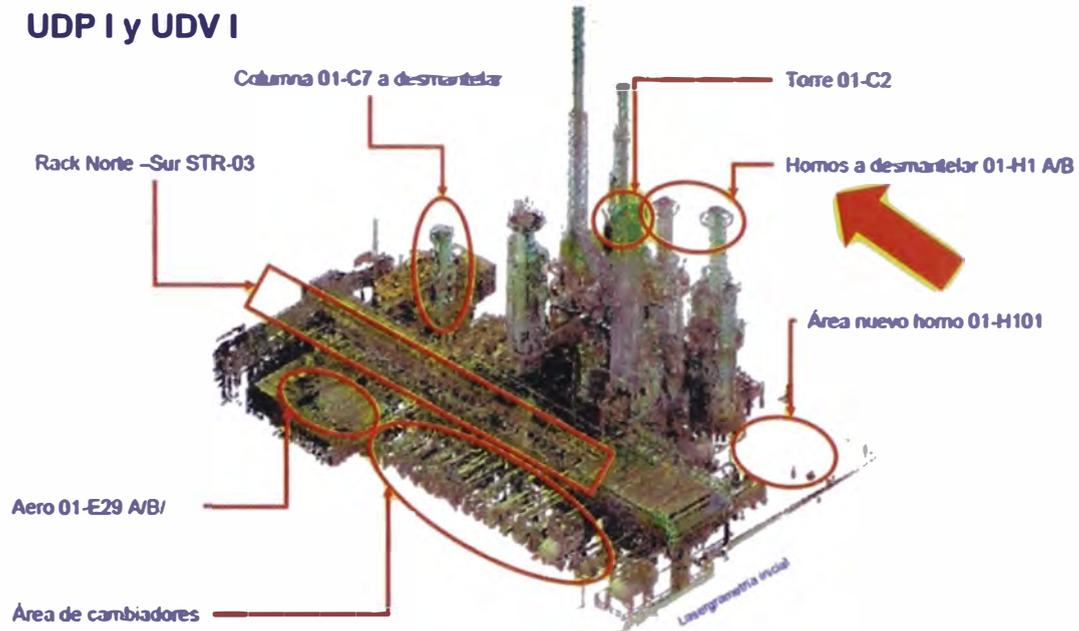


Figura 4.1 Esquema de la Planta a mejorar / modificar.

#### 4.1.2 Consideraciones que se tuvo en la elaboración del Alcance

##### a. Entregables

##### a.1. Sección Radiante el cual consta de:

- Pared (4 Tejas)
- Serpentin
- Techo
- Fondo

##### a.2. Sección Convectiva el cual consta:

- Convectiva - Parte Inferior
- Convectiva – Parte Superior

##### a.3. Capota de Humos

##### a.4. Chimenea el cual consta de lo siguiente:

- Chimenea – Parte Inferior
- Chimenea – Parte Superior

##### a.5. Plataformas y Escaleras en las siguientes secciones:

- Sección Radiante
- Sección Convectiva
- Chimenea

b. Exclusiones:

- No incluye ni la Ingeniería ni el Diseño del Horno
- No incluye Suministro
- No incluyen las Obras Civiles
- No incluyen el soldeo de los serpentines ni de la sección radiante ni convectiva
- No incluye la instalación de material refractario
- No incluye montaje de tuberías ni bandejas, cables u otros elementos de electricidad e instrumentación

c. Supuestos:

- El Cliente entregará un punto de energía y agua para alimentar las instalaciones temporales
- Las obras civiles realizadas por otro subcontratista se terminarán y liberarán una semana antes del inicio del traslado y montaje del Horno, antes del 11 de enero del 2011
- Las zonas de trabajo estarán despejadas y liberadas de tal manera que no existan interferencias con otros subcontratistas en las zonas de maniobras, izaje y traslado de equipos
- La información técnica, como planos de ensamble, catálogos, etc. estarán en obra por lo menos 15 días antes de su montaje para poder realizar las actividades previas a tiempo
- Se realizará sólo Touch Up a los equipos y/o estructuras que se dañen durante el montaje.

d. EDT

El EDT nos permitió tener un control de los entregables terminados y del avance de los no terminados. Ver figura 4.2

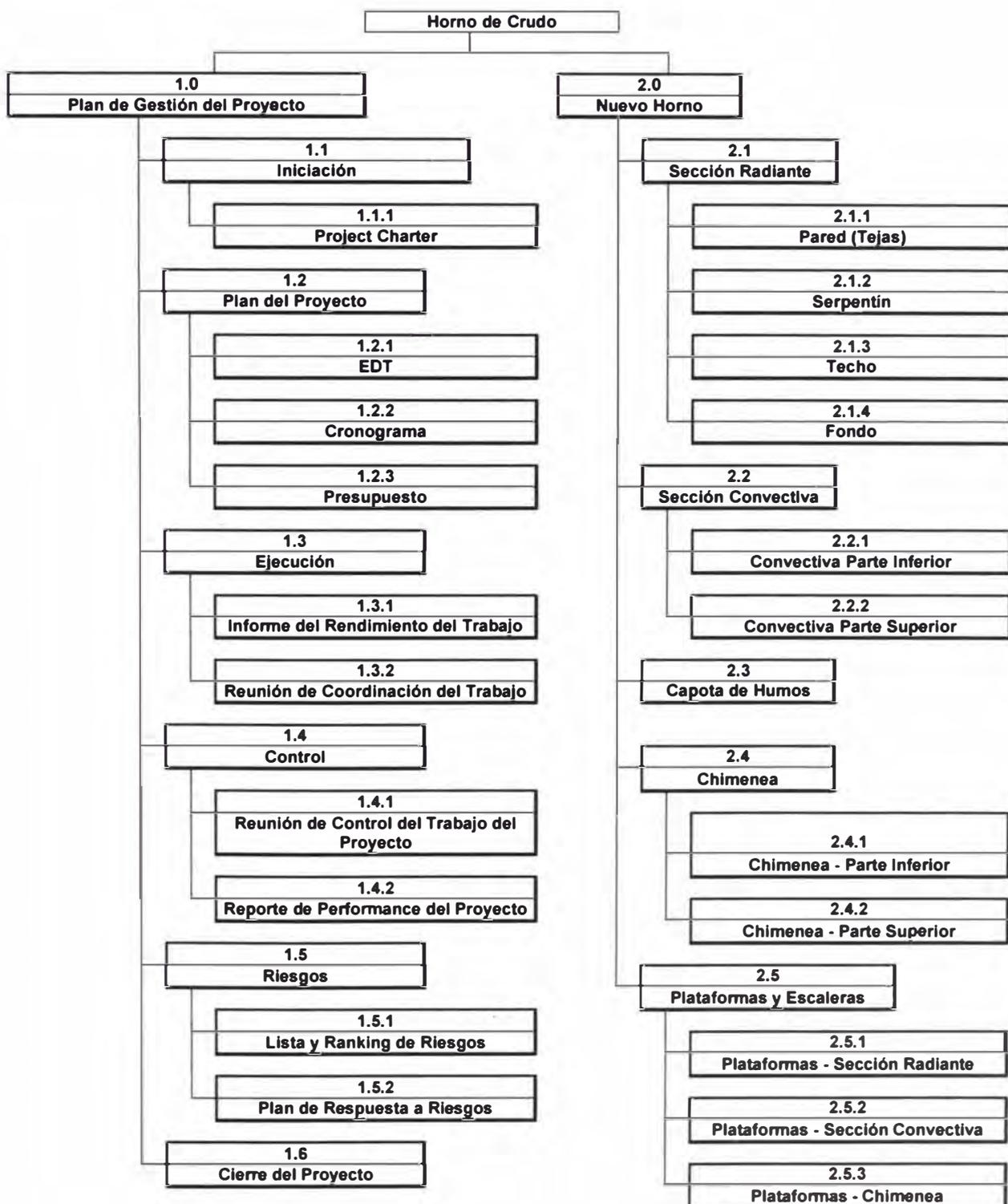


Figura 4.2 Estructura de Trabajo (EDT)

e. Formato de Control de Cambios del Alcance.-

Este formato se usó durante todas las etapas de construcción, el cual nos permitió evaluar y/o analizar la conveniencia del cambio solicitado, el costo y tiempo adicional que se incurría al ejecutar algún cambio de alcance. Para ejecutarse este cambio de alcance se tenía que contar con la aprobación de la Supervisión del Proyecto (Cliente) y de nuestro Gerente de Proyecto. **Ver Anexo A.**

## **4.2 Gestión del Tiempo del Proyecto**

La Gestión del Tiempo nos permite definir, secuenciar, estimar recursos, estimar duración de las actividades para desarrollar y controlar el cronograma con lo cual conoceremos si la ejecución de las diferentes actividades se encuentran dentro de lo estimado y/o gestionar cambios, esto nos permitirá concluir el Montaje del Horno a tiempo.

### **4.2.1 Consideraciones que se tuvo en la Elaboración del Cronograma**

a. Calendario Laboral

Para el proyecto, se estimó una duración de 84 días laborales; se programó las labores de lunes a sábado en un solo turno con jornadas de 10 horas diarias.

- Inicio: 25 de enero del 2011
- Término: 01 de mayo del 2011
- Horario de Trabajo: 07:00 a 18:00 horas.
- Refrigerio: 12:00 a 13:00 horas.

#### b. Supuestos

- Las obras civiles realizadas por otro subcontratista se terminarán y liberarán una semana antes del inicio del traslado y montaje del Horno.
- Los equipos a montar se encontrarán en almacenes del cliente por lo menos 10 días antes de su montaje para la respectiva inspección y recepción por parte de nuestra área de Calidad.
- La información técnica, como planos de ensamble, catálogos, etc. estarán en obra por lo menos 15 días antes de su montaje para poder realizar las actividades previas a tiempo.
- Las zonas de trabajo estarán despejadas y liberadas de tal manera que no existan interferencias con otros subcontratistas en las zonas de maniobras, izaje y traslado de equipos.
- Se contará con supervisión por parte del Cliente en los horarios establecidos.

#### c. Curvas "S" e Histograma

La curva "S" y el Histograma, nos permitió conocer las horas hombre utilizados y la cantidad de personal que se requería en el proyecto.

#### d. Definición de la Línea Base del Cronograma

Se realizó mediante los siguientes documentos:

- Cronograma del Proyecto. **Ver Anexo B.**
- Histograma del Proyecto. Ver figura 4.3.
- La Curva "S" del Proyecto. Ver figura 4.4.

**Histograma de Personal Directo Base vs Real**

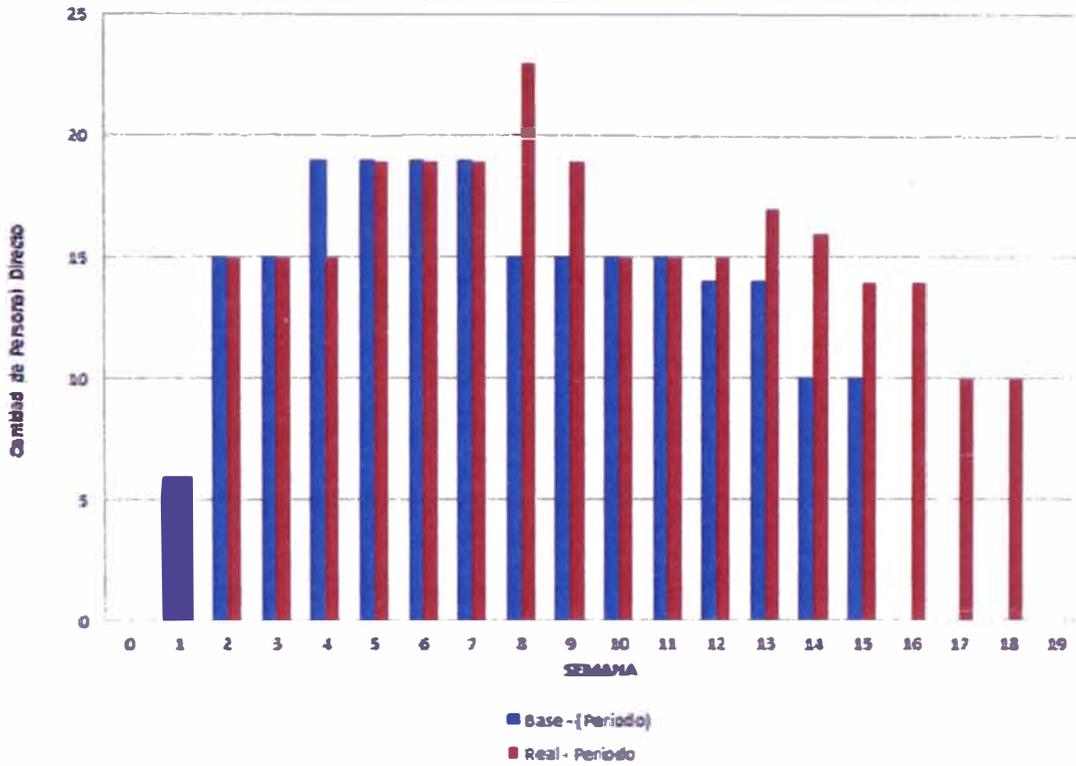


Figura 4.3 Histograma de Personal Directo Base vs Real.

**Comparacion de Curva S Base vs Real**

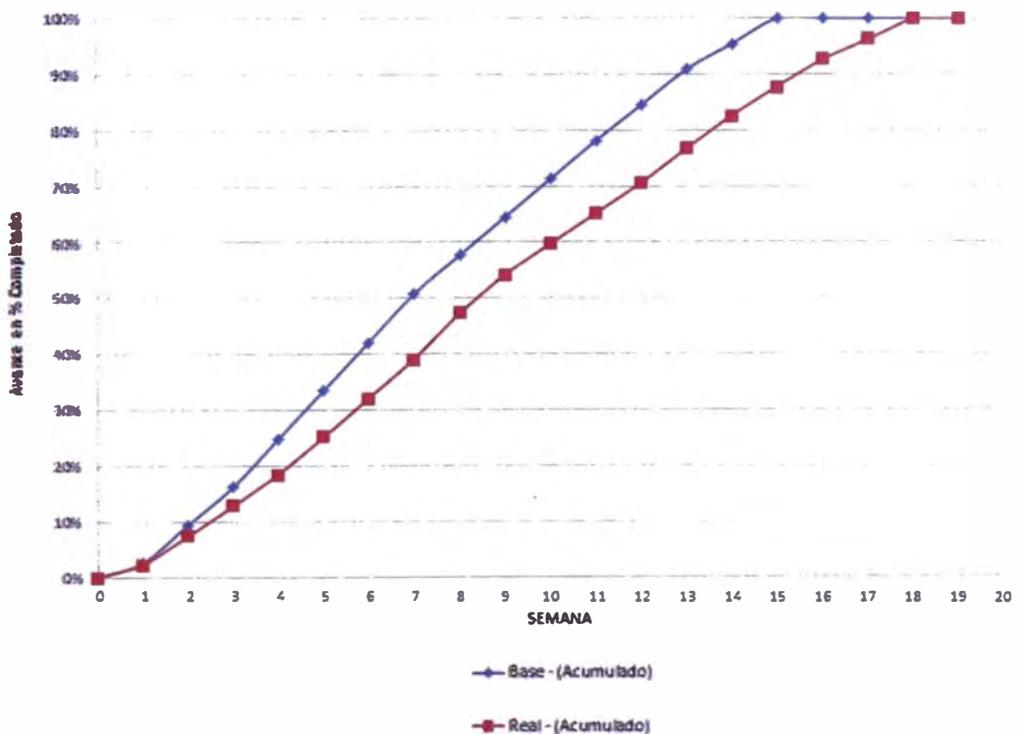


Figura 4.4 Comparación de Curva S Base vs Real.

#### e. Control del Cronograma y Monitoreo del Avance

El control y Monitoreo nos permitió conocer el estado del proyecto, para actualizar el avance del mismo y gestionar cambios a la Línea Base del Cronograma si fuese necesario, el control consiste en:

- Determinar el avance de la ejecución de los entregables.
- Influir en los factores que generaban cambios en el cronograma.
- Gestionar los Cambios conforme sucedían.

Para efectuar el Monitoreo y Control a la Línea Base del Cronograma, a esta se le comparó con los avances reales vs los avances planificados, los avances reales se obtienen de los reportes de desempeño del trabajo (avance, horas reales y ganada), la comparación permitió realizar un análisis del estado del proyecto en un determinado momento y gestionar los respectivos cambios.

### **4.3 Gestión de Calidad del Proyecto**

La Gestión de la Calidad nos permitió planificar, asegurar y controlar la calidad del Proyecto Montaje de un Horno de Crudo.

También nos permitió definir la Línea Base de la calidad para el proyecto como para su producto, de manera que sirva como punto de referencia para monitorear y controlar la correcta ejecución de las actividades que permitan completar el Proyecto.

El alcance del Plan de Gestión de Calidad abarca los trabajos y controles referentes sólo a la parte de montaje. Se considera que para la fabricación del Horno de Crudo se realizó un Plan independiente.

La Gestión de Calidad del Proyecto se orientó a las actividades del equipo de proyecto que permitirían definir las políticas, objetivos y responsabilidades relativas a la calidad; así como la implementación de los procesos de calidad, aseguramiento de calidad y control de calidad.

La Gestión de Calidad del Proyecto describe como el equipo del Proyecto implementará la política de Calidad de nuestra organización, y trata cómo gestionar el Control de Calidad (QC) y el Aseguramiento de Calidad (QA) de los procesos a desarrollarse durante la ejecución del Proyecto.

#### **4.3.1 Métricas de Calidad**

Define en términos muy específicos un atributo del producto o del proyecto, conjuntamente con su tolerancia permisible; las mismas que serán usadas en los procesos de aseguramiento de la calidad y control de calidad. **Ver Anexo E.**

#### **4.3.2 Planes de Inspección y Ensayos (PIE)**

Es el plan elaborado para cada componente del entregable final, que sirve para verificar que se realizó usando la secuencia establecida y aprobada para su montaje. **Ver Anexo C.**

#### **4.3.3 Plan de Gestión de la Calidad**

**Ver Anexo D,** Plan de Gestión de la Calidad.

## 4.4 Procedimiento de Montaje del Horno

### 4.4.1 Secuencia de Montaje del Horno

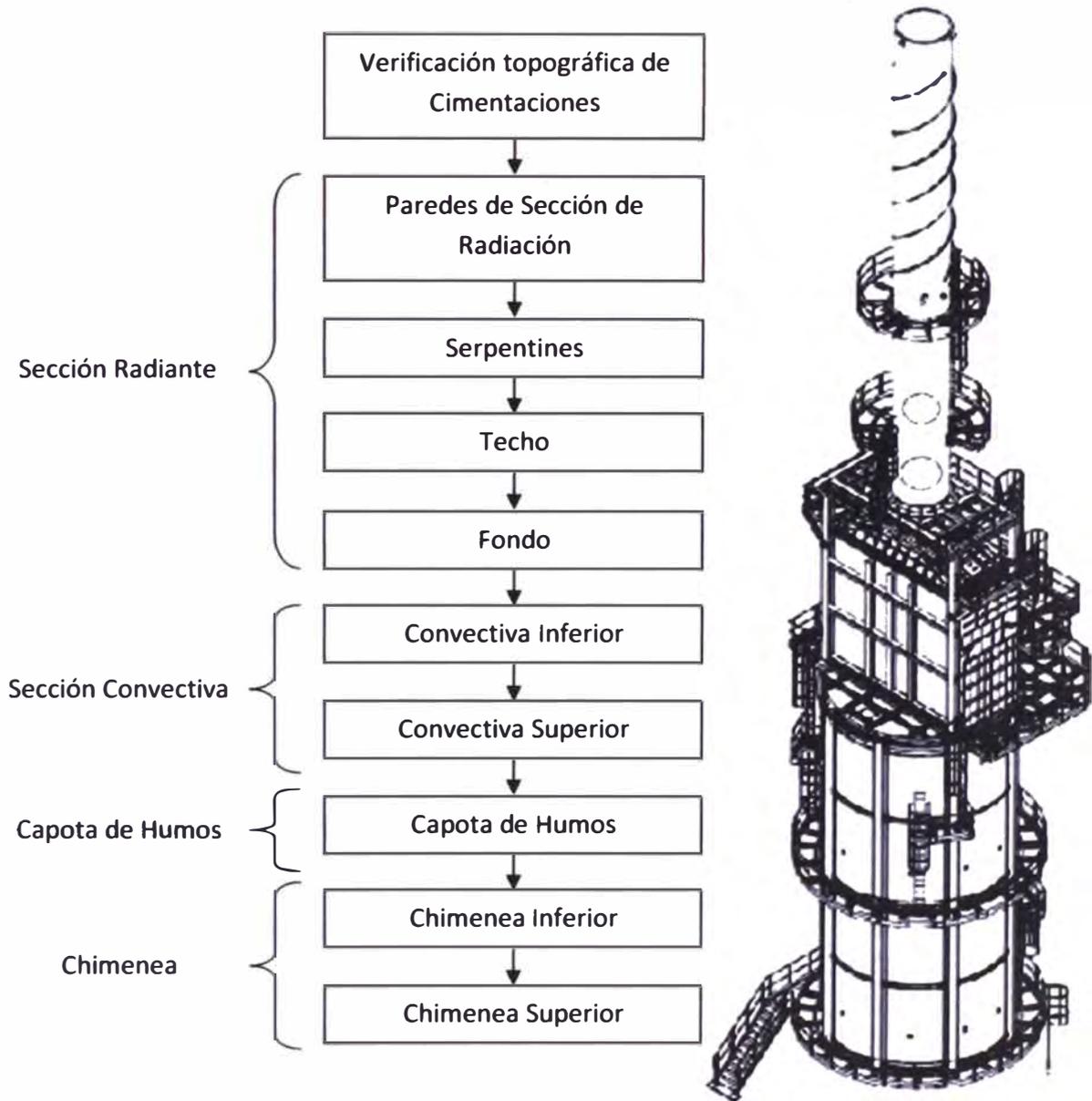


Figura 4.5 Horno de Crudo.

### 4.4.2 Montaje del Horno y Cálculos

#### a. Verificación topográfica de Cimentaciones

Para realizar la verificación topográfica de las cimentaciones del Horno, realizado por el Subcontratista de Especialidad Civil, se armó una torre de

andamios en cada cimentación del horno, las mismas no se retiraron hasta concluir el montaje del fondo.

Al realizar la verificación topográfica de los pernos de anclaje del Horno se encontró más de 1mm de desviación con respecto a los planos, lo cual produjo que los pernos de anclaje no encajaran con la base de la pared del Horno, para solucionar el problema se solicitó la autorización a la Supervisión para cerrar los agujeros con problemas y abrir nuevos en reemplazo, con su respectiva aprobación se procedió a modificar la posición de los agujeros que tenían el problema antes mencionado, estos problemas nos produjeron el retraso de 2 días para iniciar el montaje de la pared de la sección radiante.

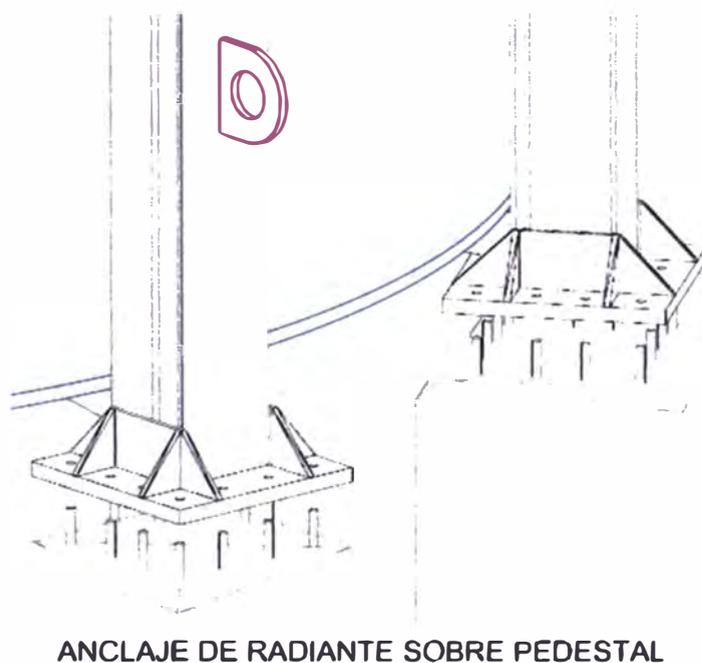


Figura 4.6 Pared de Sección Radiante y Cimentaciones del Horno.

## **b. Montaje de las Paredes de Sección de Radiante**

### **i. Descripción del Montaje**

La pared de la sección radiante se envió desde el taller de fabricación en 4 partes llamadas "Tejas".

Las cuatro Tejas se montaron en el siguiente orden:

- Nor-Oeste (1)
- Sur-Oeste (2)
- Nor-Este (3)
- Sur-Este (4)

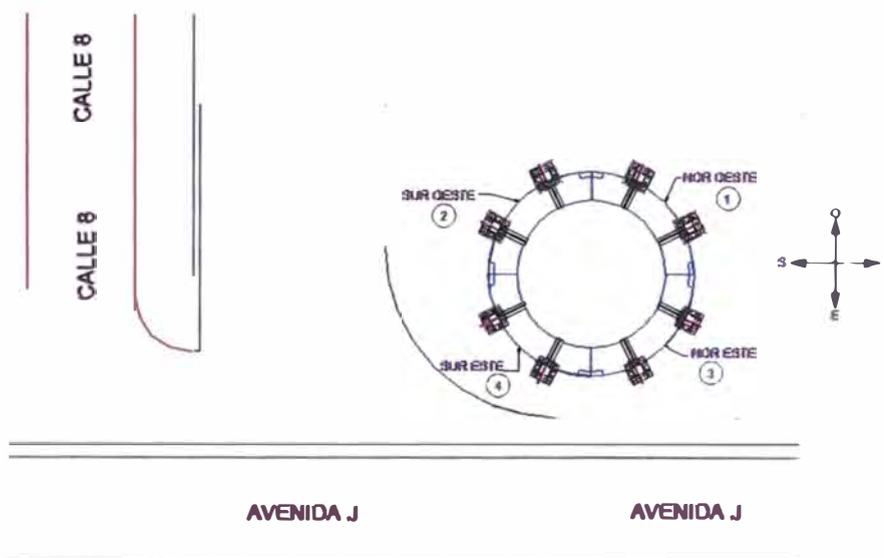


Figura 4.7 Secuencia de montaje de Tejas.

Para lo cual se emplearon los siguientes equipos mayores:

- Grúa de 30 Ton
- Grúa de 200 Ton (Montaje de Teja Nor-Oeste y Sur-Oeste)
- Grúa de 80 Ton (Montaje de Teja Nor-Este y Sur-Este)
- Camión Plataforma Extensible

La ejecución de las maniobras de montaje se realizó según los esquemas mostrados en las figura 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12 y 4.13.

Los equipos de izaje se posicionaron en las ubicaciones mostradas en la figura 4.8. Luego de estrobar la Teja, se izó levemente la misma, de tal forma que se permitió abandonar la zona de montaje al camión plataforma extensible, ver figura 4.9.

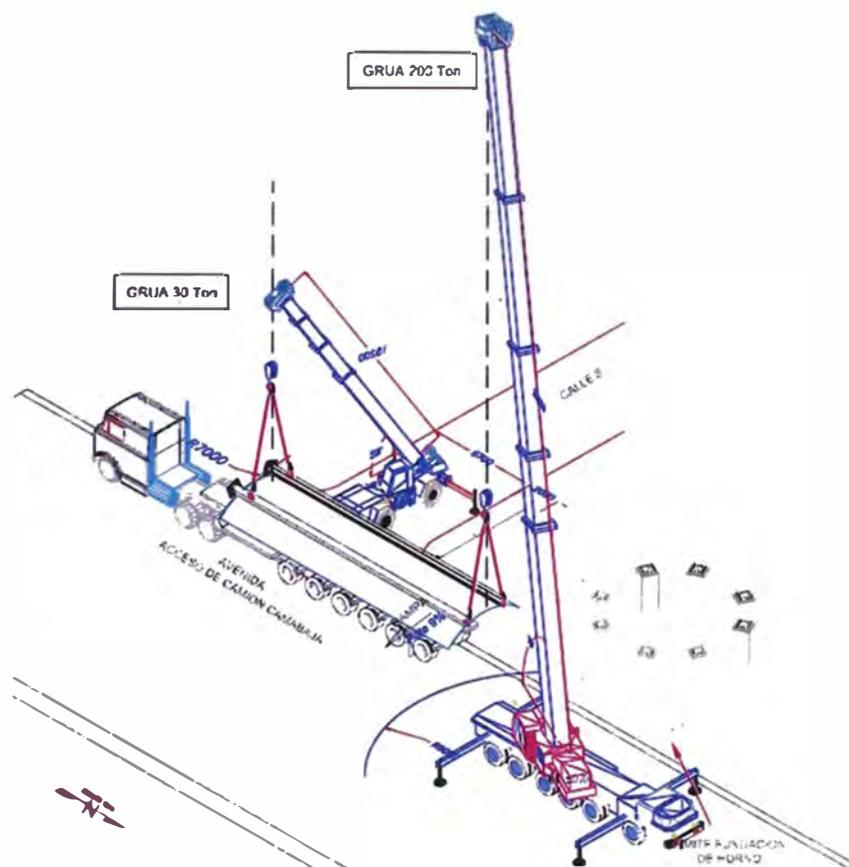


Figura 4.8 Posición de equipos para maniobra de montaje de Tejas

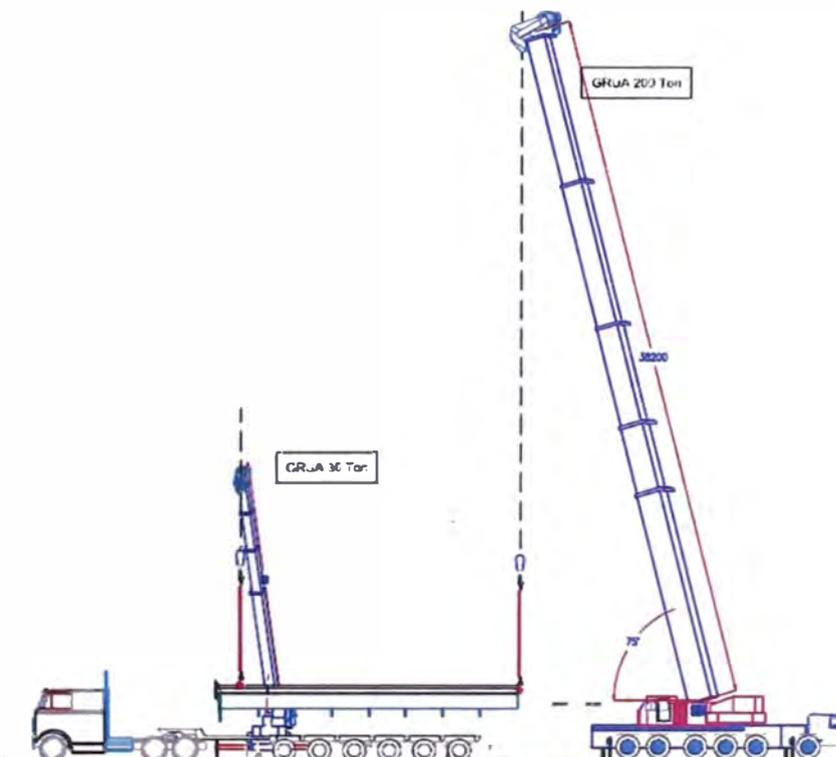


Figura 4.9 Izamiento de Teja para permitir la salida del camión plataforma.

A continuación la grúa de 200 Ton montó la Teja 1, la grúa de 200 Ton levantó el extremo superior de la Teja mientras que la grúa de 30 Ton mantuvo sujeto el extremo inferior de la Teja, simplemente acompañando el movimiento de la misma, ver figura 4.10.

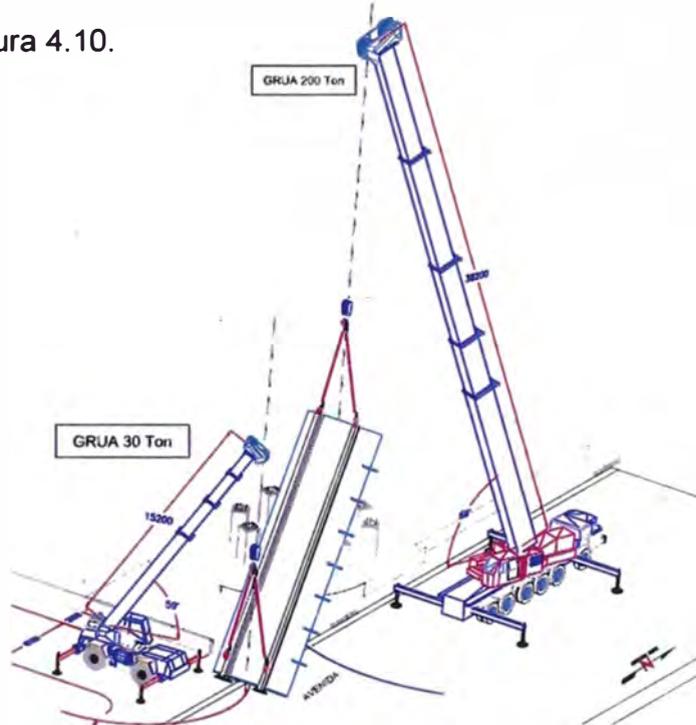


Figura 4.10 Maniobra de montaje de Teja 1.

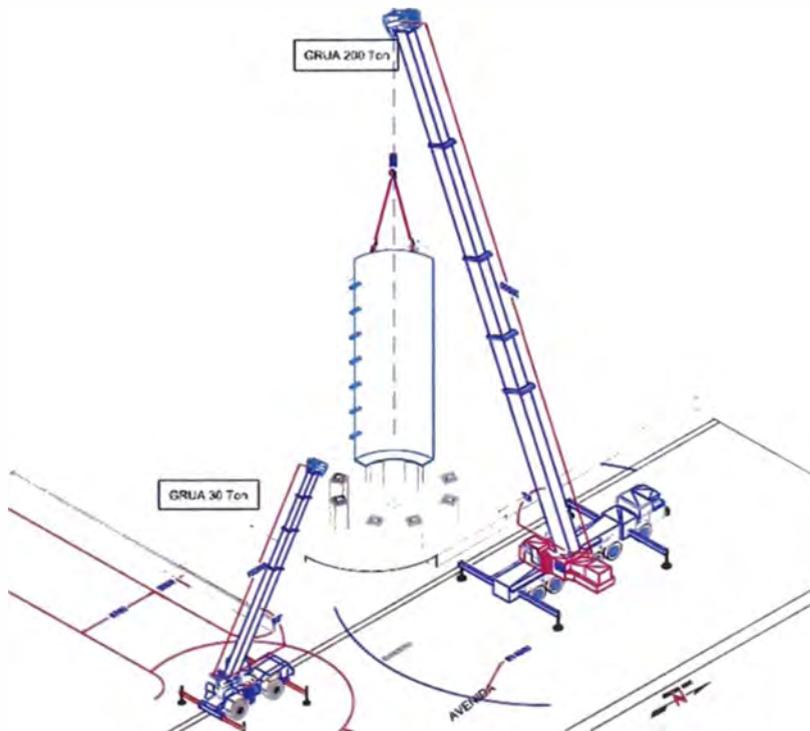


Figura 4.11 Posición final de Teja 1.

El mismo procedimiento de montaje de la Teja 1 se repitió para el montaje de la Teja 2.

Debido a que la grúa de 80 Ton tenía la capacidad de carga para montar las Tejas 3 y 4 del Horno, y por su disponibilidad se cambió la grúa de 200 Ton por la de 80 Ton.

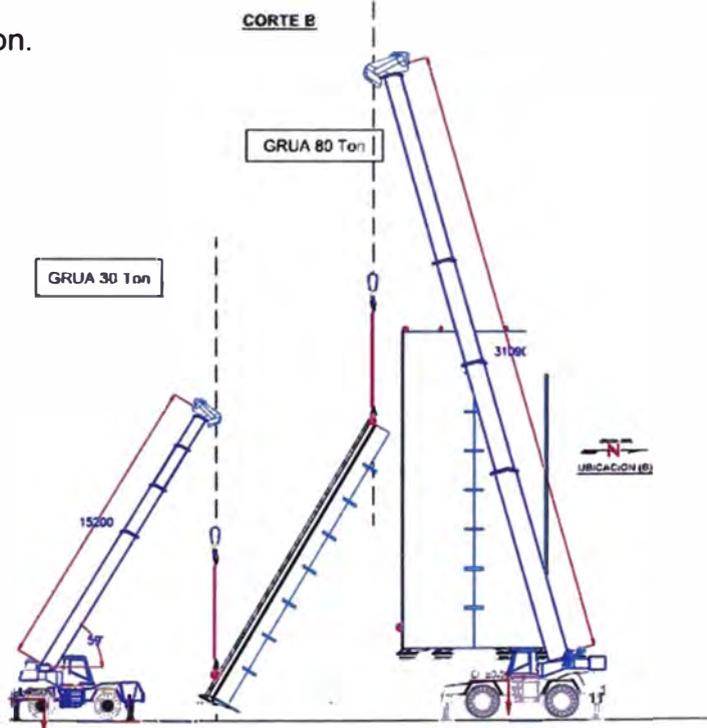


Figura 4.12 Maniobra de montaje de Teja 3.

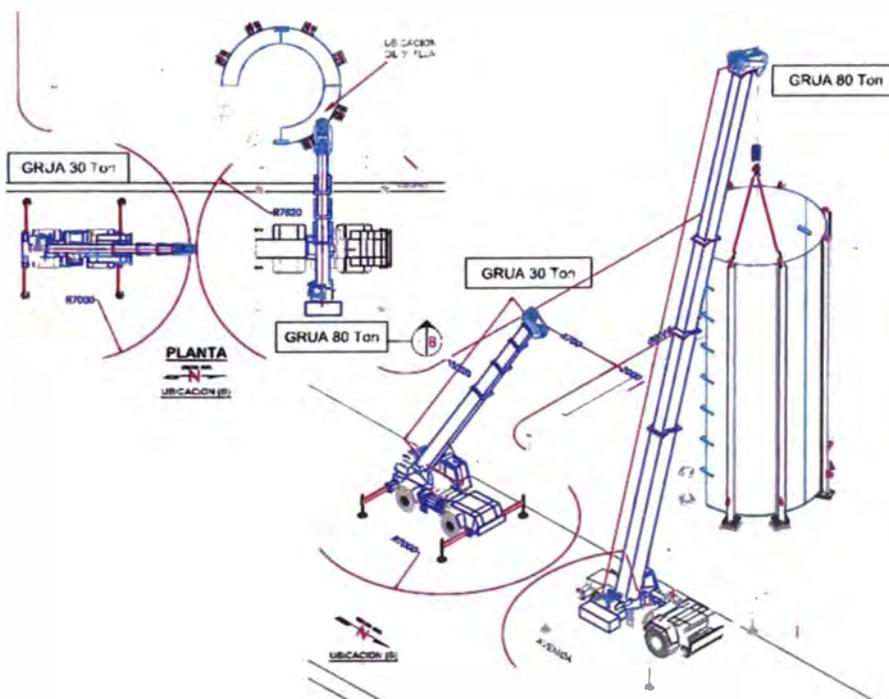


Figura 4.13 Posición final de Teja 3.

El mismo procedimiento de montaje de la Teja 3 se repitió para el montaje de la Teja 4.

Una vez posicionada la Teja sobre el pedestal de cimentación se le colocó cables de aceros anclados al piso, como medida de seguridad para mantener la estabilidad de la Teja.

Terminado el montaje las 4 tejas se procedieron a nivelar (mediante pernos de nivelación) y armar las paredes de la Sección Radiante para su posterior soldadura.

Cuatro columnas de andamios, ubicadas en cada junta vertical, fueron instaladas en el interior y exterior de la Sección Radiante.

Las paredes fueron acercadas entre sí empleando para ello ángulos de sujeción previamente instalados en la etapa de fabricación.

Para mantener el espaciamiento del talón de las juntas se utilizaron unas planchas cuadradas de 3" x 3" x 1/8"

Después de terminados los trabajos de soldadura, se dio un intervalo de 18 días útiles (3 semanas) al subcontratista encargado de instalar el refractario en la parte interior del Horno, mientras íbamos instalando plataformas y escaleras por la parte exterior.

## ii. Cálculos y selección de aparejos

- Estrobos

Datos.-

- ✓ Peso de la carga a izar = 13,617 kg (Peso de una Teja).
- ✓ N° de estrobos = 2.
- ✓ Longitud de estrobo necesaria = 6 m.
- ✓ Tipos de accesorios a usarse para unir los estrobos, se unirán en el gancho de la grúa.

Utilizando la ecuación (2) para calcular la fuerza a la que va estar sometido cada estrobo.

$$F1 = \frac{F}{(\text{N}^\circ \text{ de estrobos}) \times \text{Cos } 45^\circ}; \text{ en kg} \quad (2)$$

$$F1 = \frac{13,617}{2 \times \text{Cos } 45^\circ}; \text{ en kg}$$

$$F1 = 9,628 \text{ kg}$$

Para calcular la capacidad de carga que tienen que tener los estrobos hacemos uso de la ecuación (4)

$$\text{Capacidad de carga de estrobos} \geq \frac{6 \times F1}{5} \quad (4)$$

$$\text{Capacidad de carga de estrobos} \geq \frac{6 \times 9,628 \text{ kg}}{5}$$

$$\text{Capacidad de carga de estrobos} \geq 11,554 \text{ kg}$$

De la tabla 2.1, seleccionamos estrobos cuya capacidad de carga supere los 11,554 kg calculados, con un ángulo crítico de 90°.

Elegimos los estrobos cuyos diámetros sean  $\varnothing 1 \frac{1}{8}$ ", capacidad de carga de 12,000 kg (12 Ton), con un factor de seguridad superior al requerido.

- Grilletes

Datos.-

$$\checkmark F1 = 9,628 \text{ kg}$$

De la tabla 2.4, seleccionamos grilletes cuya capacidad de carga supere los 9,628 kg a izar por grillete.

Seleccionamos el grillete lira con pin y tuerca con pasador de  $\varnothing 1 \frac{1}{4}$ " que tiene la capacidad de izar 12,000 kg (12 Ton), con factor de seguridad 6.

- % de utilización de la Grúa

Datos para Tejas 1 y 2, montajes con grúa de 200 Ton.

- ✓ Long de Boom = 38.2 m
- ✓ Radio de giro.-
  - Posición Inicial = 9 m
  - Posición Final = 14 m

De la tabla 2.5 tenemos que:

- ✓ Para Boom 38.2 m y Radio de giro 9 m la capacidad de carga es 33 Ton (33,000 kg).
- ✓ Para Boom 38.2 m y Radio de giro 14 m la capacidad de carga es 23.8 Ton (23,800 kg) (maniobra crítica).

Calculo de porcentaje de utilización de la grúa para la maniobra crítica

Aparejos: 2 estrobos de  $\varnothing 1 \frac{1}{8}$ " x 6m, 2 grilletes de  $\varnothing 1 \frac{1}{4}$ ", cable y gancho de la grúa.

Utilizando la ecuación (9)

$$\text{Peso Total} = F + F_{\text{aparejos}} \quad (9)$$

$$\text{Peso Total} = 13,617 \text{ kg} + 2,647 \text{ kg} = 16,264 \text{ kg}$$

Utilizando la ecuación (10)

$$\% \text{ de Utilización} = \frac{\text{Peso Total}}{\text{Capacidad de Carga}} \leq 90\% \quad (10)$$

$$\% \text{ de Utilización} = \frac{16,264 \text{ kg}}{23,800 \text{ kg}}$$

$$\% \text{ de Utilización} = 68\% \leq 90\%$$

Datos para tejas 3 y 4, montajes con grúa de 80 Ton.

- ✓ Long de Boom= 31.09 m = 102 pies
- ✓ Radio de giro.-
  - Posición Inicial = 7.62 m = 25 pies
  - Posición Final = 7.62 m = 25 pies

De la tabla 2.7 tenemos que:

- ✓ Para Boom 102 pies y Radio de giro 25 pies la capacidad de carga es 41,900 lb (19,000 kg).

Cálculo de porcentaje de utilización de la grúa para la maniobra

Aparejos: 2 estobos de  $\varnothing$  1 1/8" x 6m, 2 grilletes de  $\varnothing$  1 1/4", cable y gancho de la grúa.

Utilizando la ecuación (9)

$$\text{Peso Total} = F + F_{\text{aparejos}} \quad (9)$$

$$\text{Peso Total} = 13,617 \text{ kg} + 1,247 \text{ kg} = 14,864 \text{ kg}$$

Utilizando la ecuación (10)

$$\% \text{ de Utilización} = \frac{\text{Peso Total}}{\text{Capacidad de Carga}} \leq 90\% \quad (10)$$

$$\% \text{ de Utilización} = \frac{14,864 \text{ kg}}{19,800 \text{ kg}}$$

$$\% \text{ de Utilización} = 78\% \leq 90\%$$

### c. Montaje de Serpientes

Una vez finalizada la instalación del refractario y previa liberación de la sección radiante por parte del subcontratista, se procederá a montar los serpentines.

### i. Descripción del Montaje

Los Serpentines se montaron en el siguiente orden:

- Nor-Oeste (1).
- Nor-Este (2).
- Sur-Oeste (3).
- Sur-Este (4).

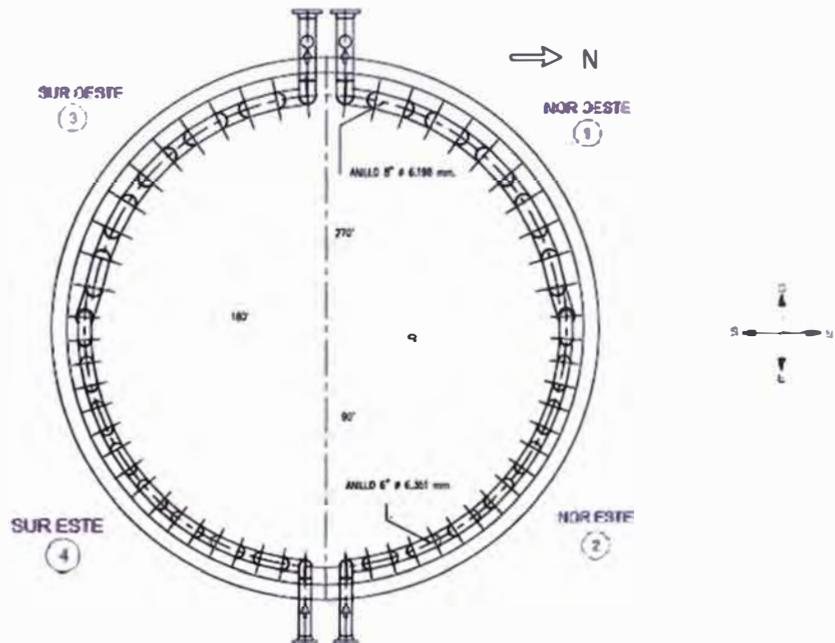


Figura 4.14 Secuencia de montaje de Serpentines.

Para lo cual se emplearon los siguientes equipos mayores:

- Grúa 80 Ton
- Grúa 200 Ton
- Camión plataforma extensible

Como trabajo preliminar, se acondicionaron los andamios en la parte interior del horno para tener acceso a los soportes y guías del serpentín, así como a los aparejos de la maniobra, para que al finalizar la maniobra se puedan retirar.

La ejecución de las maniobras de montaje se realizó según los esquemas mostrados en las figura 4.15, 4.16 y 4.17.

Los equipos de izaje se posicionaron en las ubicaciones mostradas en la figura 4.15. A continuación la grúa de 200 Ton montó el serpentín 1, la grúa de 200 Ton levantó el extremo superior del serpentín mientras que la grúa de 80 Ton

mantuvo sujeto el extremo inferior del mismo, simplemente acompañando el movimiento, ver figura 4.16

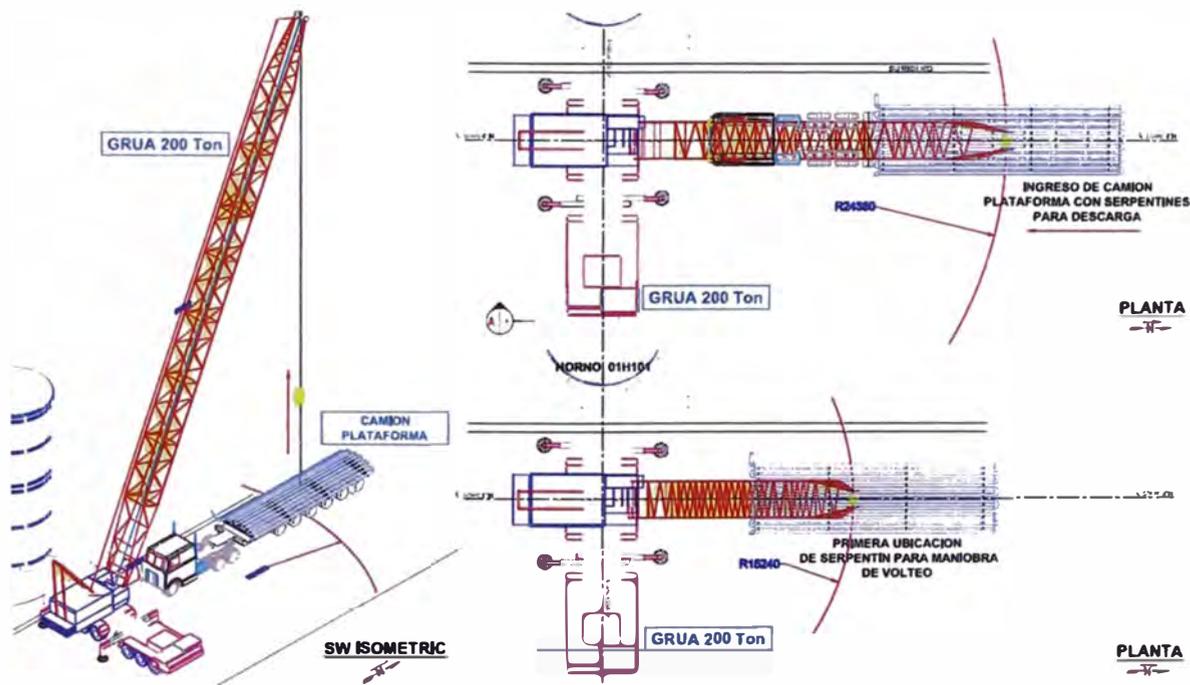


Figura 4.15 Posición de equipos para maniobra de montaje de Serpientes.

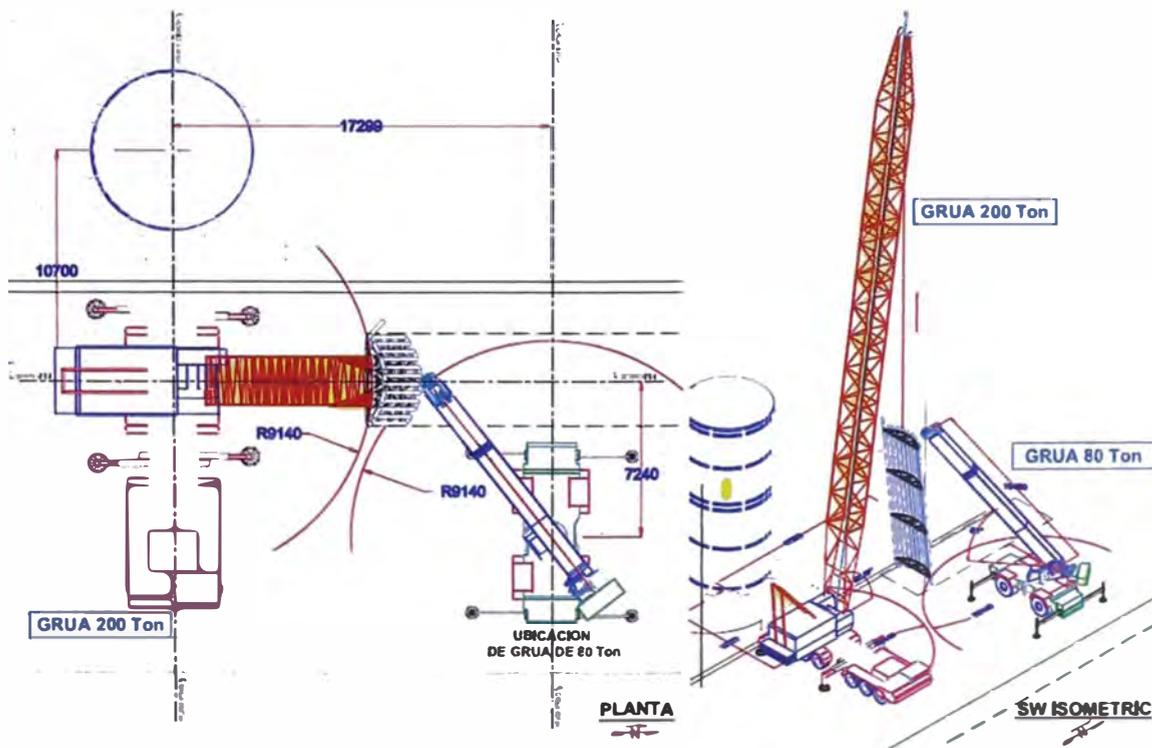


Figura 4.16 Maniobra de montaje del Serpentin 1.

Luego los serpentines fueron introducidos por la parte superior de la sección radiante, ver figura 4.17. Los tubos guías fueron introducidos en los tinteros ubicados en la corona del fondo y se colocarán las anclas de las guías asegurándolas con sus respectivos bujes.

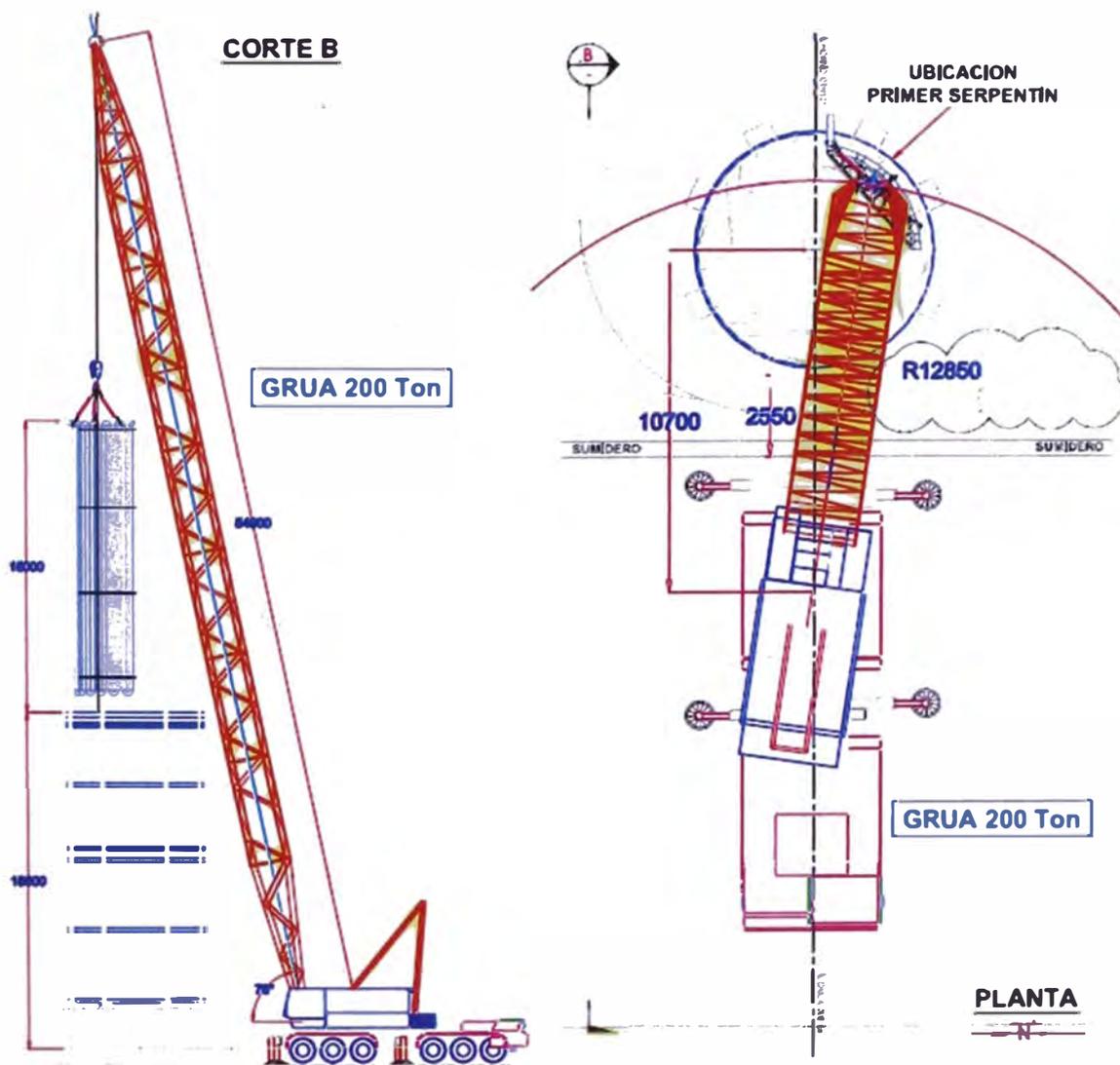


Figura 4.17 Posición final del serpentín 1.

El mismo procedimiento de montaje del serpentín 1 se repitió para el montaje de los demás serpentines.

Una vez montados todos los serpentines, se armaron las juntas de interconexión de los serpentines. En este punto se le otorgó al cliente un

intervalo de 3 días útiles para que procedan con la soldadura, tratamiento térmico y pruebas radiográficas de las referidas juntas.

ii. Cálculos y selección de aparejos

- Eslingas

Datos.-

- ✓ Peso de la carga a izar = 7,000 kg (Peso de un Serpentin).
- ✓ N° de eslingas = 2.
- ✓ Longitud de eslinga necesaria = 10 m.

Utilizando la ecuación (6) para calcular el peso al que va estar sometida cada eslinga.

$$F1 = \frac{F}{(\text{N}^\circ \text{ de eslingas}) \times \text{Cos } 45^\circ}; \text{ en kg} \quad (6)$$

$$F1 = \frac{7,000}{2 \times \text{Cos } 45^\circ}; \text{ en kg}$$

$$F1 = 4,950 \text{ kg}$$

Para calcular la capacidad de carga que tienen que tener las eslingas hacemos uso de la ecuación (8)

$$\text{Capacidad de carga de eslingas} \geq \frac{6 \times F1}{5} \quad (8)$$

$$\text{Capacidad de carga de eslingas} \geq \frac{6 \times 4,950 \text{ kg}}{5}$$

$$\text{Capacidad de carga de eslingas} \geq 5,940 \text{ kg}$$

De la tabla 2.2, seleccionamos eslingas cuya capacidad de carga supere los 5,940 kg (13,095 lb) calculadas.

Elegimos la eslinga EEF4-903 que es una eslinga 3" de ancho x 4 capas y capacidad de carga de 6,386 kg (14,080 lb) en modo Choker.

- % de utilización de la Grúa

Datos para montaje de serpentines, montajes con grúa de 200 Ton.

- ✓ Long de Boom = 54.9 m = 180 pies
- ✓ Radio de giro.-
  - Posición Inicial = 9.14 m = 30 pies
  - Posición Final = 12.85 m = 42 pies

De la tabla 2.6 tenemos que:

- ✓ Para Boom 180 pies y Radio de giro 30 pies la capacidad de carga es 160,230 lb (72,679 kg).
- ✓ Para Boom 180 pies y Radio de giro 42 pies la capacidad de carga es 103,070 lb (46,752 kg) (maniobra crítica).

Calculo de porcentaje de utilización de la grúa para la maniobra crítica

Aparejos: 2 eslingas de 3" ancho x 4 capas x 10 m, cable y gancho de la grúa.

Utilizando la ecuación (9)

$$\text{Peso Total} = F + F_{\text{aparejos}} \quad (9)$$

$$\text{Peso Total} = 7,000 \text{ kg} + 3,320 \text{ kg} = 10,320 \text{ kg}$$

Utilizando la ecuación (10)

$$\% \text{ de Utilización} = \frac{\text{Peso Total}}{\text{Capacidad de Carga}} \leq 90\% \quad (10)$$

$$\% \text{ de Utilización} = \frac{10,320 \text{ kg}}{46,752 \text{ kg}}$$

$$\% \text{ de Utilización} = 22\% \leq 90\%$$

#### **d. Montaje de Techo**

Como trabajo previo El Cliente, a través de su subcontratista designado, deberá aplicar refractario a las partes que conforman el techo.

Para el montaje del techo se emplearán los siguientes equipos mayores:

- Grúa 200 Ton
- Andamios

El Cliente, a través de su subcontratista designado, instalará la junta cerámica en la unión del techo con la pared de la sección radiante.

A continuación montamos y soldamos las secciones del techo.

#### **e. Montaje de Fondo**

Se armaron andamios por debajo del nivel del fondo de manera que sirvieron de respaldo para apuntalar y soldar las dos mitades que conforman el fondo.

#### **f. Montaje de Convectiva Inferior**

##### **i. Descripción del Montaje**

Luego de haber terminado la soldadura del Techo de la Sección Radiante se procedió a montar la parte inferior de la Sección Convectiva, según los esquemas mostrados en las figuras 4.18 y 4.19

Para lo cual se emplearon los siguientes equipos mayores:

- Grúa 200 Ton
- Camión cama baja 80 Ton

Una vez posicionada y nivelada la convectiva inferior, se procedió a soldar las planchas que forman el ducto de paso entre la Sección Radiante y la Sección Convectiva (Cuello); para ello preliminarmente se tuvo que armar andamios en el interior y desde el piso de la sección radiante.

Terminado la soldadura del cuello se retiraron todos los andamios y se procedió a liberar el fondo de la Sección Radiante al cliente, que a través de su subcontratista designado procedió a instalar el refractario.

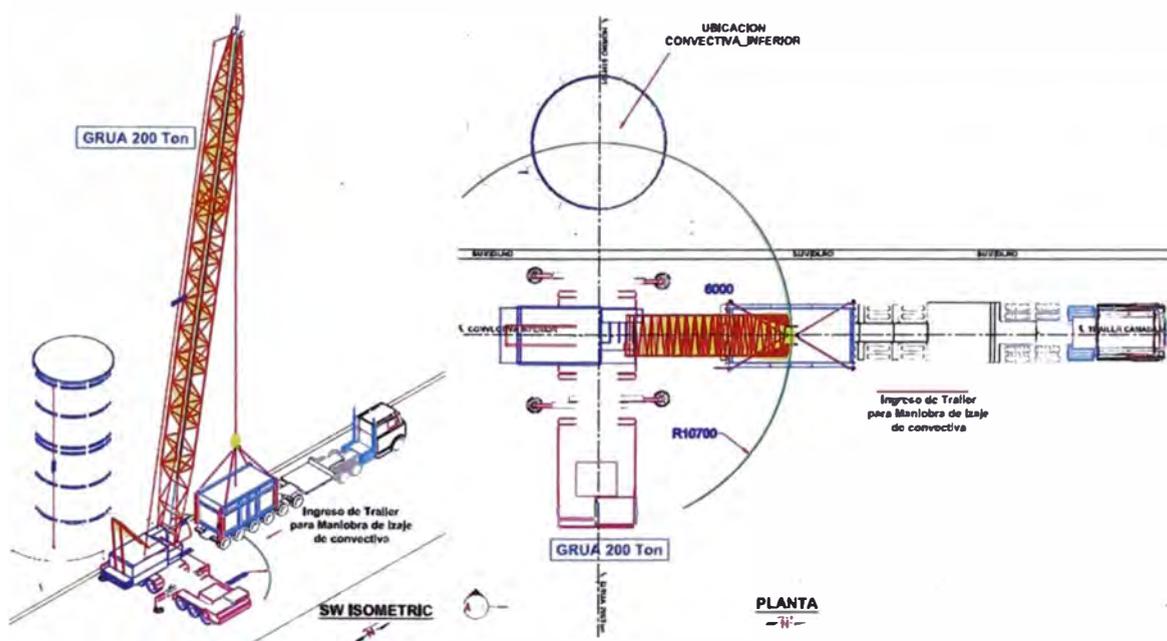


Figura 4.18 Posición de equipos para maniobra de montaje de Conectiva Inferior.

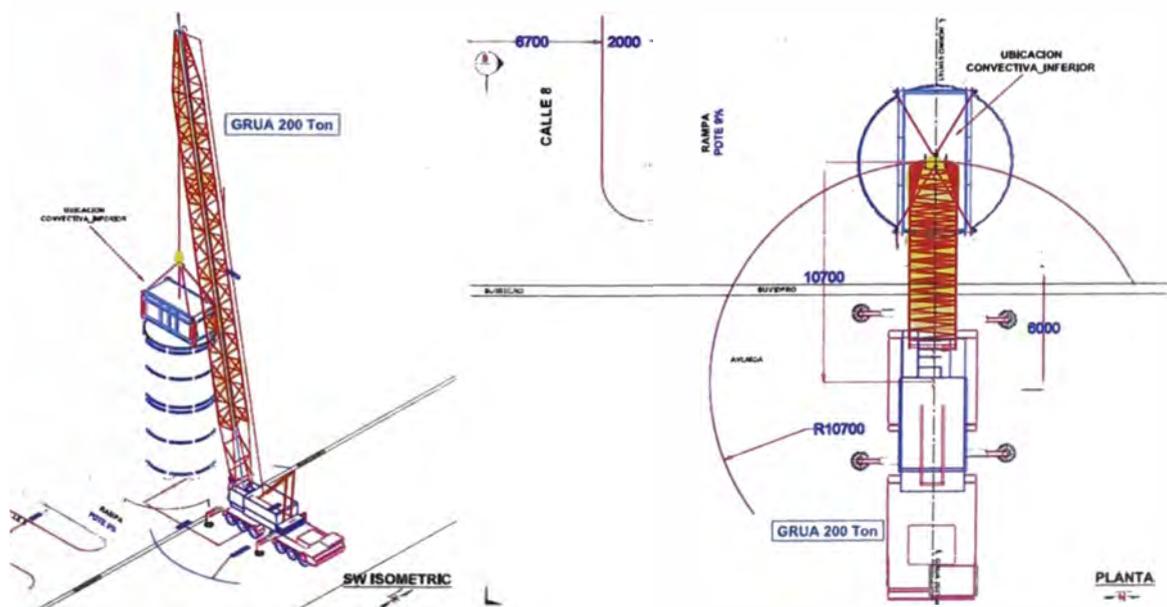


Figura 4.19 Posición final de Conectiva Inferior.

## ii. Cálculos y selección de aparejos

- Estrobos

Datos.-

- ✓ Peso de la carga a izar = 54,500 kg (Peso de Convectiva Inferior).
- ✓ N° de estrobos = 4.
- ✓ Longitud de estrobo necesaria = 12 m.
- ✓ Tipos de accesorios a usarse para unir los estrobos, se unirán en el gancho de la grúa.

Utilizando la ecuación (2) para calcular el peso al que va estar sometido cada estrobo.

$$F1 = \frac{F}{(\text{N}^\circ \text{ de estrobos}) \times \text{Cos } 45^\circ}; \text{ en kg} \quad (2)$$

$$F1 = \frac{54,000}{4 \times \text{cos } 45^\circ}; \text{ en kg}$$

$$F1 = 19,268 \text{ kg}$$

Para calcular la capacidad de carga que tienen que tener los estrobos hacemos uso de la ecuación (4)

$$\text{Capacidad de carga de estrobos} \geq \frac{6 \times F1}{5} \quad (4)$$

$$\text{Capacidad de carga de estrobos} \geq \frac{6 \times 19,268 \text{ kg}}{5}$$

$$\text{Capacidad de carga de estrobos} \geq 23,122 \text{ kg}$$

De la tabla 2.1, seleccionamos estrobos cuya capacidad de carga supere los 23,122 kg calculados, con un ángulo crítico de 90°.

Elegimos los estrobos cuyos diámetros sean  $\varnothing 1 \frac{3}{4}$ " y capacidad de carga de 28,000 kg (28 Ton), con un factor de seguridad superior al requerido.

- Grilletes

Datos.-

- ✓  $F1 = 19,268 \text{ kg}$

De la tabla 2.4, seleccionamos grilletes cuya capacidad de carga supere los 19,268 kg a izar por grillete.

Seleccionamos el grillete lira con pin y tuerca con pasador de  $\varnothing 1 \frac{3}{4}$ " que tiene la capacidad de izar 25,000kg (25 Ton), con factor de seguridad 6.

- % de utilización de la Grúa

Datos para Convectiva Inferior, montajes con grúa de 200 Ton.

- ✓ Long de Boom= 54.9 m = 180 pies

- ✓ Radio de giro.-

- Posición Inicial = 10.7 m = 35 pies

- Posición Final = 10.7 m = 35 pies

De la tabla 2.6 tenemos que:

- ✓ Para Boom 180 pies y Radio de giro 35 pies la capacidad de carga es 159,210 lb (72,216 kg).

Calculo de porcentaje de utilización de la grúa para la maniobra crítica

Aparejos: 4 estrobos de  $\varnothing 1 \frac{3}{4}$ " x 12m, 4 grilletes de  $\varnothing 1 \frac{3}{4}$ ", cable y gancho de la grúa.

Utilizando la ecuación (9)

$$\text{Peso Total} = F + F_{\text{aparejos}} \quad (9)$$

$$\text{Peso Total} = 54,500 \text{ kg} + 3,498 \text{ kg} = 57,998 \text{ kg}$$

Utilizando la ecuación (10)

$$\% \text{ de Utilización} = \frac{\text{Peso Total}}{\text{Capacidad de Carga}} \leq 90\% \quad (10)$$

$$\% \text{ de Utilización} = \frac{57,998 \text{ kg}}{72,216 \text{ kg}}$$

$$\% \text{ de Utilización} = 80\% \leq 90\%$$

### **g. Montaje de Convectiva Superior**

#### **i. Descripción del Montaje**

Después de haber terminado el montaje, la verificación topográfica y la soldadura de la parte inferior de la Sección Convectiva, el cliente a través de su subcontratista designado procedió a instalar la manta cerámica en la unión de las dos partes de la Sección Convectiva, es una especie de sello que va entre las secciones inferior y superior de la Convectiva.

Luego procedimos a montar la Parte Superior de la Sección Convectiva, según los esquemas mostrados en las figuras 4.20 y 4.21.

Para lo cual se emplearon los siguientes equipos mayores:

- Grúa 200 Ton
- Camión cama baja 80 Ton

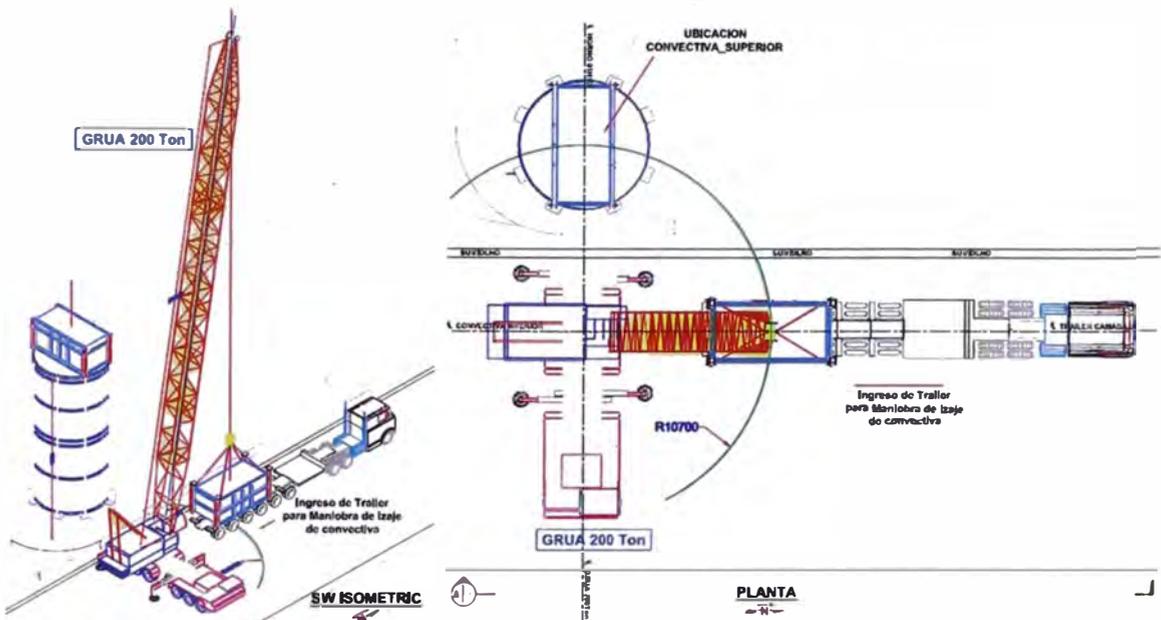


Figura 4.20 Posición de equipos para maniobra de montaje de Conectiva Superior.

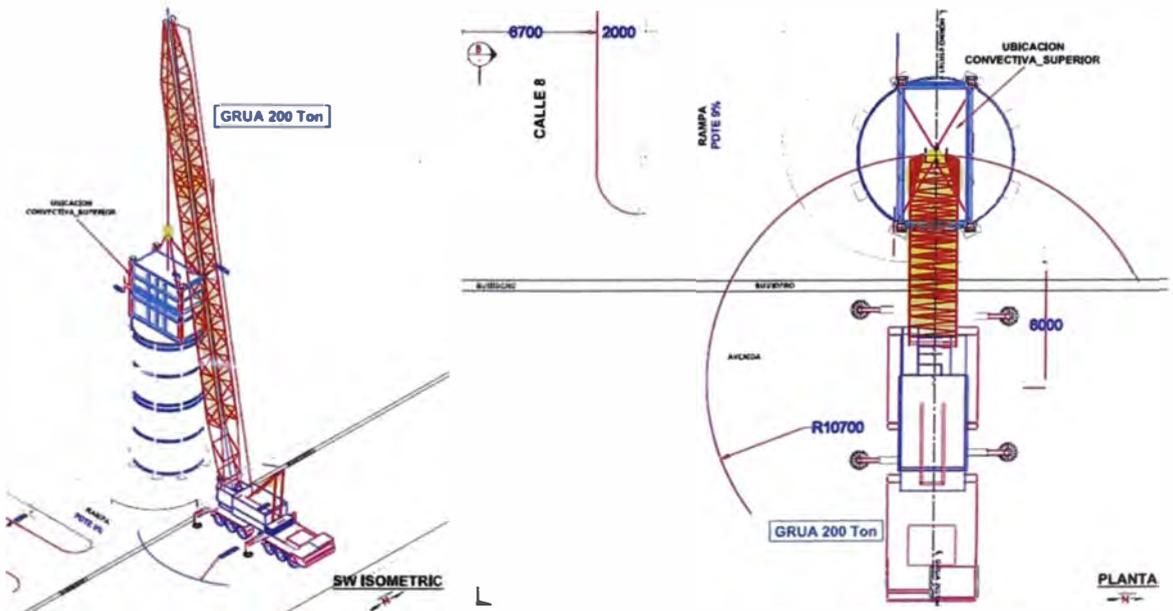


Figura 4.21 Posición final de Conectiva Superior.

## ii. Cálculos y selección de aparejos

- Estrobos

Datos.-

- ✓ Peso de la carga a izar = 45,000 kg (Peso de Convectiva Superior).
- ✓ N° de estrobos = 4.
- ✓ Longitud de estrobo necesaria = 12 m.
- ✓ Tipos de accesorios a usarse para unir los estrobos, se unirán en el gancho de la grúa.

Utilizando la ecuación (2) para calcular el peso al que va estar sometido cada estrobo.

$$F1 = \frac{F}{(N^{\circ} \text{ de estrobos}) \times \text{Cos } 45^{\circ}}; \text{ en kg} \quad (2)$$

$$F1 = \frac{45,000}{4 \times \text{Cos } 45^{\circ}}; \text{ en kg}$$

$$F1 = 15,910 \text{ kg}$$

Para calcular la capacidad de carga que tienen que tener los estrobos hacemos uso de la ecuación (4)

$$\text{Capacidad de carga de estrobos} \geq \frac{6 \times F1}{5} \quad (4)$$

$$\text{Capacidad de carga de estrobos} \geq \frac{6 \times 15,910 \text{ kg}}{5}$$

$$\text{Capacidad de carga de estrobos} \geq 19,092 \text{ kg}$$

De la tabla 2.1, seleccionamos estrobos cuya capacidad de carga supere los 19,092 kg calculados, con un ángulo crítico de 90°.

Elegimos los estrobos cuyos diámetros sean  $\varnothing 1 \frac{1}{2}$ " y capacidad de carga de 21,000 kg (21 Ton), con un factor de seguridad superior al requerido.

- Grilletes

Datos.-

$$\checkmark F1 = 15,910 \text{ kg}$$

De la tabla 2.4, seleccionamos grilletes cuya capacidad de carga supere los 15,910 kg a izar por grillete.

Seleccionamos el grillete lira con pin y tuerca con pasador de  $\varnothing 1 \frac{1}{2}$ " que tiene la capacidad de izar 17,000 kg (17 Ton), con factor de seguridad 6.

- % de utilización de la Grúa

Datos para Convectiva Superior, montajes con grúa de 200 Ton.

$$\checkmark \text{ Long de Boom} = 54.9 \text{ m} = 180 \text{ pies}$$

$$\checkmark \text{ Radio de giro. -}$$

$$\circ \text{ Posición Inicial} = 10.7 \text{ m} = 35 \text{ pies}$$

$$\circ \text{ Posición Final} = 10.7 \text{ m} = 35 \text{ pies}$$

De la tabla 2.6 tenemos que:

$$\checkmark \text{ Para Boom } 180 \text{ pies y Radio de giro } 35 \text{ pies la capacidad de carga es } 159,210 \text{ lb } (72,216 \text{ kg}).$$

Calculo de porcentaje de utilización de la grúa para la maniobra crítica

Aparejos: 4 estrobos de  $\varnothing 1 \frac{1}{2}$ " x 12m, 4 grilletes de  $\varnothing 1 \frac{1}{2}$ ", cable y gancho de la grúa.

Utilizando la ecuación (9)

$$\text{Peso Total} = F + F_{\text{aparejos}} \quad (9)$$

$$\text{Peso Total} = 45,000 \text{ kg} + 3,498 \text{ kg} = 48,498 \text{ kg}$$

Utilizando la ecuación (10)

$$\% \text{ de Utilización} = \frac{\text{Peso Total}}{\text{Capacidad de Carga}} \leq 90\% \quad (10)$$

$$\% \text{ de Utilización} = \frac{48,498 \text{ kg}}{72,216 \text{ kg}}$$

$$\% \text{ de Utilización} = 67\% \leq 90\%$$

#### h. Montaje de Capota de Humos

Previamente al montaje de la Capota de Humos, instalamos las plataformas y escaleras de la Sección Radiante y Convectiva.

#### i. Descripción del Montaje

Montamos la Capota de Humos de según los esquemas mostrados en las figuras 4.22 y 4.23

Para lo cual se emplearon los siguientes equipos mayores:

- Grúa 200 Ton
- Camión cama baja 80 Ton

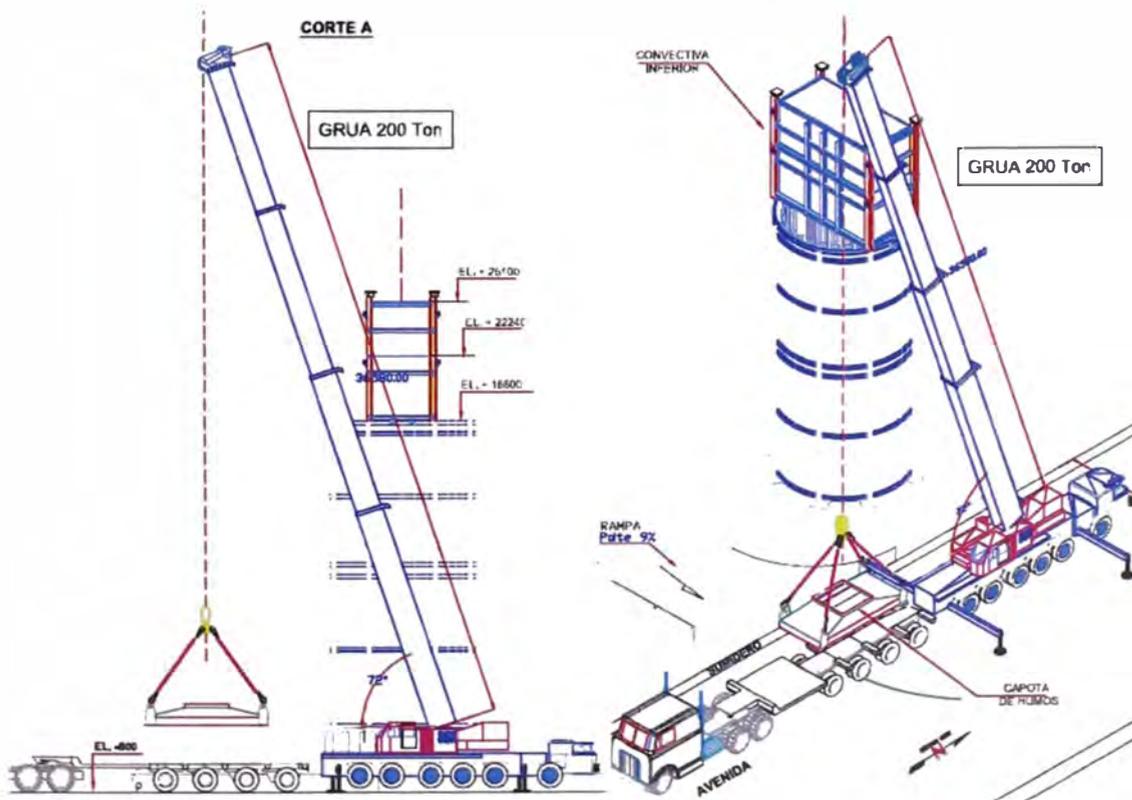


Figura 4.22 Posición de equipos para maniobra de montaje de Capota de Humos.

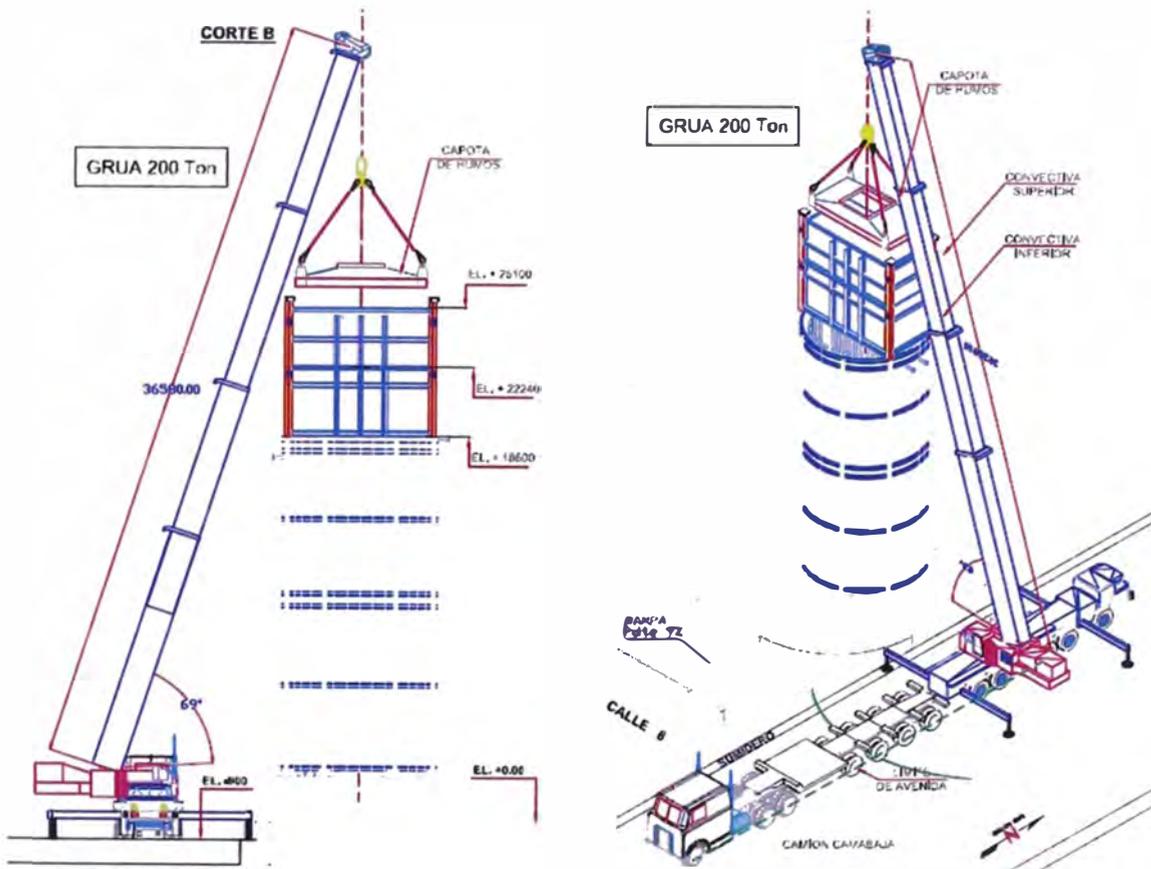


Figura 4.23 Posición final de Capota de Humos.

Una vez posicionada y nivelada, se procedió con la soldadura de sello en todo el perímetro.

## ii. Cálculos y selección de aparejos

- Estrobos

Datos.-

- ✓ Peso de la carga a izar = 6,000 kg (Peso de Capota de Humos).
- ✓ N° de estrobos = 4.
- ✓ Longitud de estrobo necesaria = 12 m.
- ✓ Tipos de accesorios a usarse para unir los estrobos, se unirán en el gancho de la grúa.

Utilizando la ecuación (2) para calcular el peso al que va estar sometido cada estrobo.

$$F1 = \frac{F}{(\text{N}^\circ \text{ de estrobos}) \times \text{Cos } 45^\circ}; \text{ en kg} \quad (2)$$

$$F1 = \frac{6,000}{4 \times \text{Cos } 45^\circ}; \text{ en kg}$$

$$F1 = 2,122 \text{ kg}$$

Para calcular la capacidad de carga que tienen que tener los estrobos hacemos uso de la ecuación (4)

$$\text{Capacidad de carga de estrobos} \geq \frac{6 \times F1}{5} \quad (4)$$

$$\text{Capacidad de carga de estrobos} \geq \frac{6 \times 2,122 \text{ kg}}{5}$$

$$\text{Capacidad de carga de estrobos} \geq 2,546 \text{ kg}$$

De la tabla 2.1, seleccionamos estrobos cuya capacidad de carga supere los 2,546 kg calculados, con un ángulo crítico de 90°.

Elegimos los estrobos cuyos diámetros sean  $\varnothing 5/8"$  y capacidad de carga de 3,900 kg (3.9 Ton), con un factor de seguridad superior al requerido.

- Grilletes

Datos.-

$$\checkmark F1 = 2,122 \text{ kg}$$

De la tabla 2.4, seleccionamos grilletes cuya capacidad de carga supere los 2,122 kg a izar por grillete.

Seleccionamos el grillete lira con pin y tuerca con pasador de  $\varnothing 5/8"$  que tiene la capacidad de izar 3,250 kg (3.25 Ton), con factor de seguridad 6.

- % de utilización de la Grúa

Datos para Capota de Humos, montajes con grúa de 200 Ton.

- ✓ Long de Boom = 54.9 m = 180 pies
- ✓ Radio de giro.-
  - Posición Inicial = 10.7 m = 35 pies
  - Posición Final = 10.7 m = 35 pies

De la tabla 2.6 tenemos que:

- ✓ Para Boom 180 pies y Radio de giro 35 pies la capacidad de carga es 159,210 lb (72,216 kg).

Calculo de porcentaje de utilización de la grúa para la maniobra crítica

Aparejos: 4 estrobos de Ø 5/8" x 12m, 4 grilletes de Ø 5/8", cable y gancho de la grúa.

Utilizando la ecuación (9)

$$\text{Peso Total} = F + F_{\text{aparejos}} \quad (9)$$

$$\text{Peso Total} = 6,000 \text{ kg} + 3,320 \text{ kg} = 9,320 \text{ kg}$$

Utilizando la ecuación (10)

$$\% \text{ de Utilización} = \frac{\text{Peso Total}}{\text{Capacidad de Carga}} \leq 90\% \quad (10)$$

$$\% \text{ de Utilización} = \frac{9,320 \text{ kg}}{72,216 \text{ kg}}$$

$$\% \text{ de Utilización} = 12.9\% \leq 90\%$$

### i. Montaje de Chimenea Inferior

#### i. Descripción del Montaje

Después de que sea montó la Capota de Humos y antes de montar la chimenea inferior se montó la estructura soporte de la chimenea.

La conexión entre la estructura soporte y la chimenea se realizó mediante una brida ubicada en la elevación 26,200 mm (la elevación 0 se ubica en el piso).

Una vez traída la chimenea inferior a obra, ésta no fue montada directamente si no que fue apoyada verticalmente sobre unos tacos de madera para instalar las plataformas de las elevaciones 30,800 mm y 36,800 mm alrededor, para luego izar el conjunto directamente desde esa ubicación.

Montamos la Chimenea Inferior según los esquemas mostrados en las figuras 4.24, 4.25 y 4.26.

Para lo cual se emplearon los siguientes equipos mayores:

- Grúa 50 Ton
- Grúa 200 Ton
- Camión cama baja 80 Ton

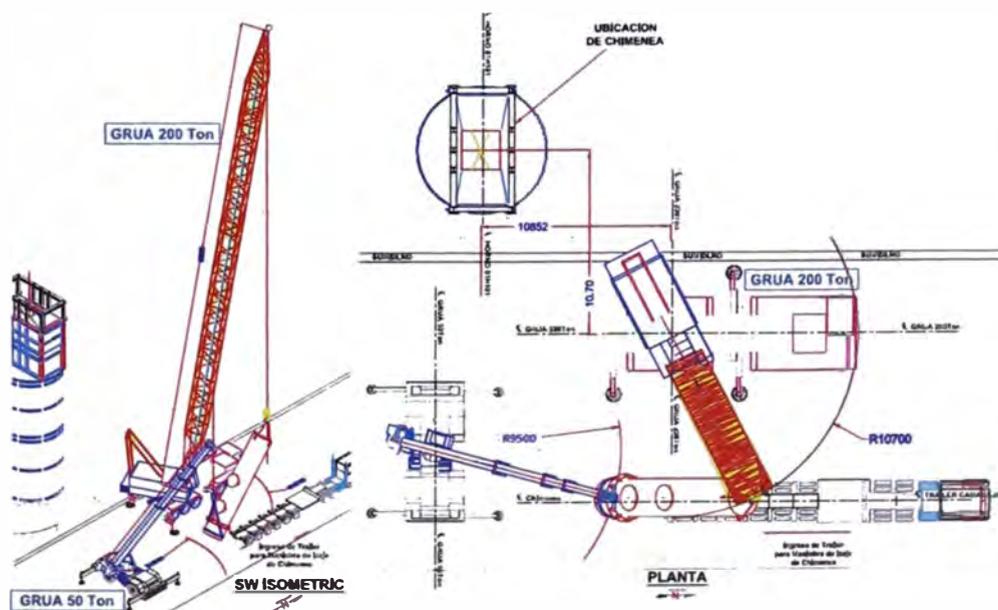


Figura 4.24 Posición de equipos para maniobra de montaje de Chimenea Inferior.

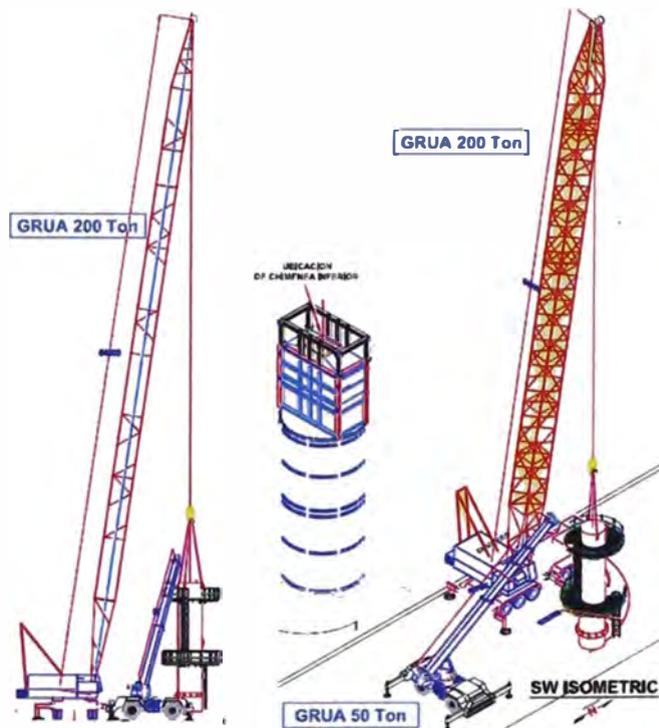


Figura 4.25 La Chimenea es apoyada sobre tacos de madera para instalar las plataformas de las elevaciones 30,800 mm y 36,800 mm.

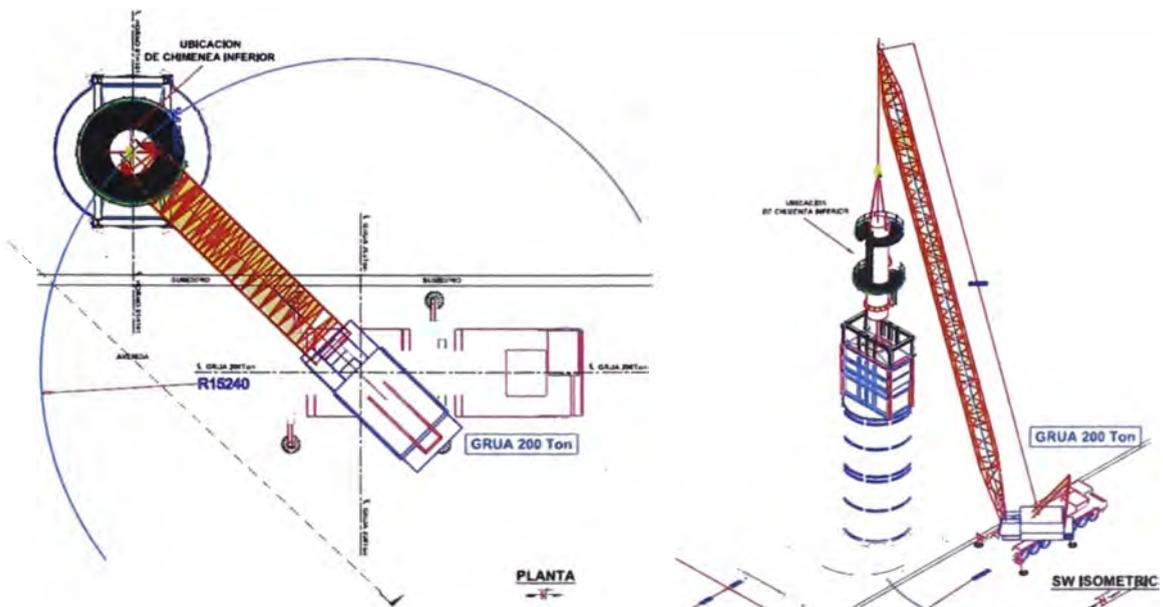


Figura 4.26 Posición final de Chimenea Inferior.

La brida, antes mencionada, fue enviada suelta de taller, inicialmente esta brida se empernó con la chimenea y una vez nivelada la chimenea se procedió a soldar la brida con la estructura soporte.

ii. Cálculos y selección de aparejos

- Estrobos

Datos.-

- ✓ Peso de la carga a izar = 18,819 kg (Peso de Chimenea Inferior).
- ✓ N° de estrobos = 4.
- ✓ Longitud de estrobo necesaria = 12 m.
- ✓ Tipos de accesorios a usarse para unir los estrobos, se unirán en el gancho de la grúa.

Utilizando la ecuación (2) para calcular el peso al que va estar sometido cada estrobo.

$$F1 = \frac{F}{(N^{\circ} \text{ de estrobos}) \times \text{Cos } 45^{\circ}}; \text{ en kg} \quad (2)$$

$$F1 = \frac{18,819}{4 \times \text{Cos } 45^{\circ}}; \text{ en kg}$$

$$F1 = 6,654 \text{ kg}$$

Para calcular la capacidad de carga que tienen que tener los estrobos hacemos uso de la ecuación (4)

$$\text{Capacidad de carga de estrobos} \geq \frac{6 \times F1}{5} \quad (4)$$

$$\text{Capacidad de carga de estrobos} \geq \frac{6 \times 6,654 \text{ kg}}{5}$$

$$\text{Capacidad de carga de estrobos} \geq 7,985 \text{ kg}$$

De la tabla 2.1, seleccionamos estrobos cuya capacidad de carga supere los 7,985 kg calculados, con un ángulo crítico de 90°.

Elegimos los estrobos cuyos diámetros sean  $\varnothing$  1" y capacidad de carga de 9,800 kg (9.8 Ton), con un factor de seguridad superior al requerido.

- Grilletes

Datos.-

- ✓  $F1 = 6,654 \text{ kg}$

De la tabla 2.4, seleccionamos grilletes cuya capacidad de carga supere los 6,654 kg a izar por grillete.

Seleccionamos el grillete lira con pin y tuerca con pasador de  $\varnothing$  1" que tiene la capacidad de izar 8,500 kg (8.5 Ton), con factor de seguridad 6.

- % de utilización de la Grúa

Datos para Capota de Humos, montajes con grúa de 200 Ton.

- ✓ Long de Boom = 64 m = 210 pies

- ✓ Radio de giro.-

- Posición Inicial = 10.7 m = 35 pies

- Posición Final = 15.24 m = 50 pies (maniobra crítica)

De la tabla 2.6 tenemos que:

- ✓ Para Boom 210 pies y Radio de giro 35 pies la capacidad de carga es 117,060 lb que equivale a 53,097 kg.

- ✓ Para Boom 210 pies y Radio de giro 50 pies la capacidad de carga es 91,440 lb (41,476 kg) (maniobra crítica).

Calculo de porcentaje de utilización de la grúa para la maniobra crítica

Aparejos: 4 estrobos de  $\varnothing$  1" x 12m, 4 grilletes de  $\varnothing$  1", cable y gancho de la grúa.

Utilizando la ecuación (9)

$$\text{Peso Total} = F + \text{Faparejos} \quad (9)$$

$$\text{Peso Total} = 18,819 \text{ kg} + 3,391 \text{ kg} = 22,210 \text{ kg}$$

Utilizando la ecuación (10)

$$\% \text{ de Utilización} = \frac{\text{Peso Total}}{\text{Capacidad de Carga}} \leq 90\% \quad (10)$$

$$\% \text{ de Utilización} = \frac{22,210 \text{ kg}}{41,476 \text{ kg}}$$

$$\% \text{ de Utilización} = 54\% \leq 90\%$$

## j. Chimenea Superior

### i. Descripción del Montaje

Tanto la parte Superior e Inferior de la Chimenea se fabricaron con una cartelas de posicionamiento que fueron retiradas una vez concluido el montaje.

Terminado el montaje de la chimenea inferior, El cliente a través de su Subcontratista designado, instaló una junta cerámica que conecta ambas chimeneas, en la elevación 38,300 mm, luego se siguió con el montaje de la parte superior de la chimenea.

Montamos la chimenea superior según los esquemas mostrados en las figuras 4.27, 4.28 y 4.29.

Para lo cual se emplearon los siguientes equipos mayores:

- Grúa 50 Ton
- Grúa 200 Ton
- Camión cama baja 80 Ton

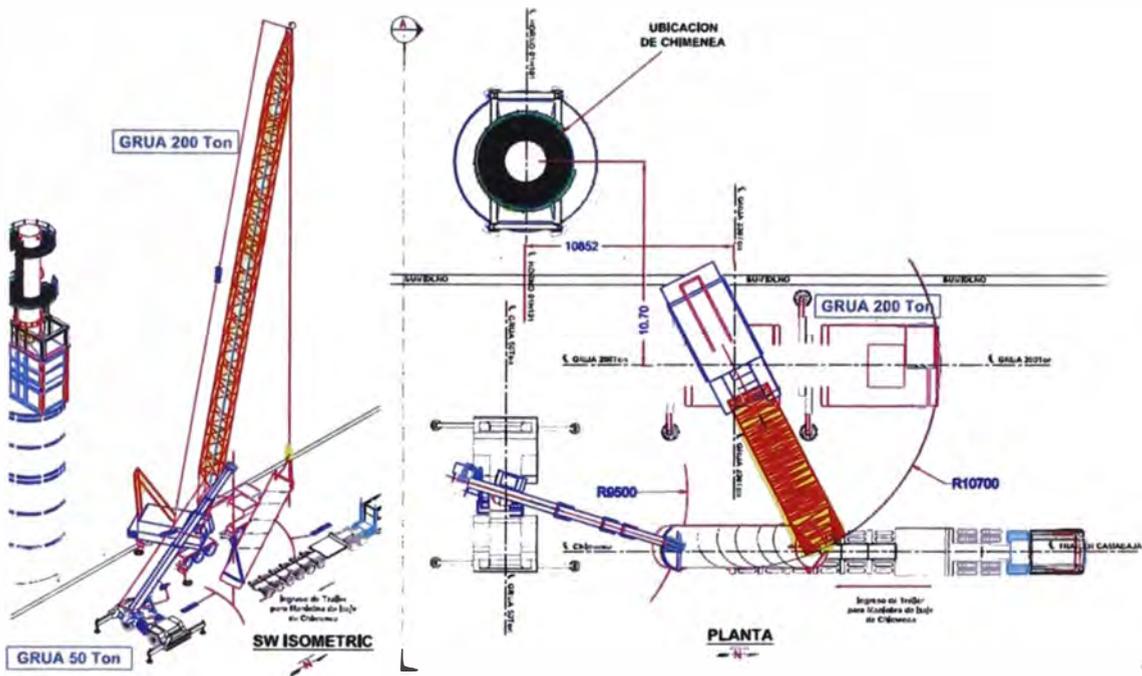


Figura 4.27 Posición de equipos para maniobra de montaje de Chimenea Superior.

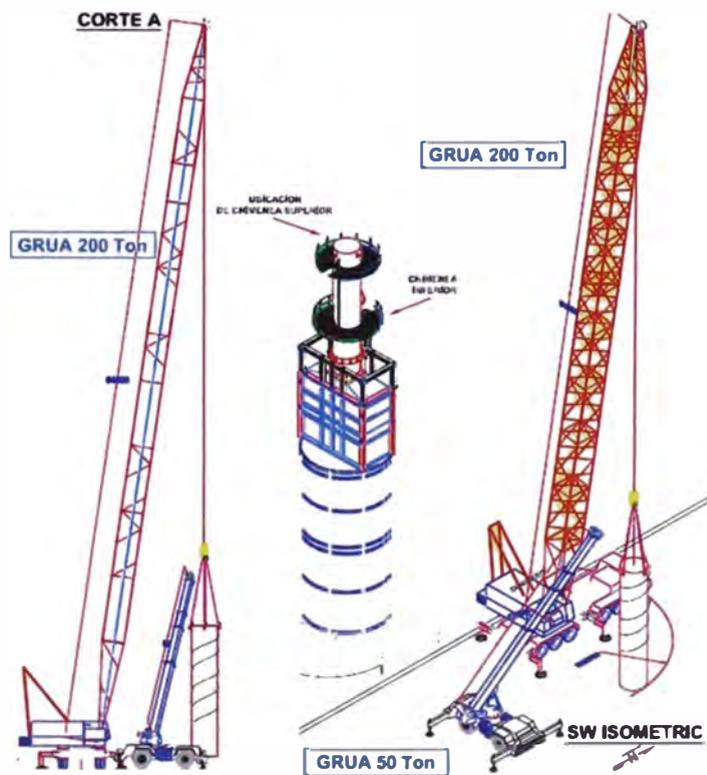


Figura 4.28 La Chimenea es apoyada sobre tacos para luego llevarla a su posición final

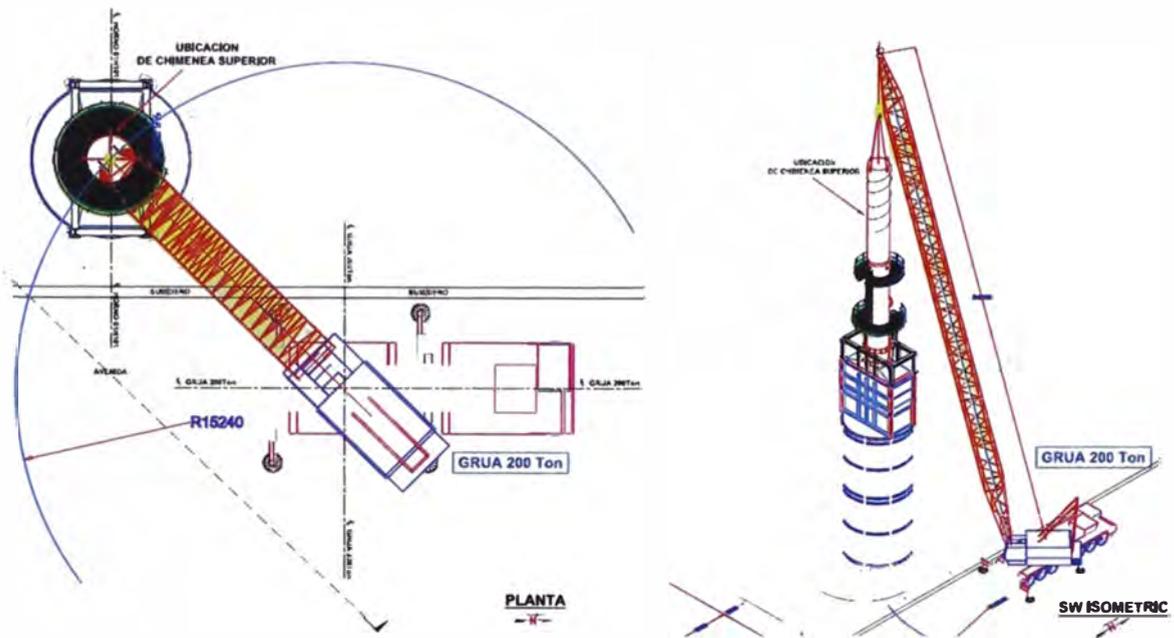


Figura 4.29 Posición final de Chimenea Superior.

La parte superior se aproximó a la inferior y nuestro personal, ubicado en la plataforma de la elevación 36,800 mm unió temporalmente las dos partes de la chimenea utilizando las cartelas de posicionamiento y pernos con sus respectivas tuercas.

Una vez alineada y verticalizada la parte superior de la chimenea, se procedió con la soldadura de ambas partes.

## ii. Cálculos y selección de aparejos

- Estrobos

Datos.-

- ✓ Peso de la carga a izar = 11,542 kg (Peso de Chimenea Superior).
- ✓ N° de estrobos = 4.
- ✓ Longitud de estrobo necesaria = 12 m.
- ✓ Tipos de accesorios a usarse para unir los estrobos, se unirán en el gancho de la grúa.

Utilizando la ecuación (2) para calcular el peso al que va estar sometido cada estrobo.

$$F1 = \frac{F}{(\text{N}^\circ \text{ de estrobos}) \times \text{Cos } 45^\circ}; \text{ en kg} \quad (2)$$

$$F1 = \frac{11,542}{4 \times \text{Cos } 45^\circ}; \text{ en kg}$$

$$F1 = 4,081 \text{ kg}$$

Para calcular la capacidad de carga que tienen que tener los estrobos hacemos uso de la ecuación (4)

$$\text{Capacidad de carga de estrobos} \geq \frac{6 \times F1}{5} \quad (4)$$

$$\text{Capacidad de carga de estrobos} \geq \frac{6 \times 4,081 \text{ kg}}{5}$$

$$\text{Capacidad de carga de estrobos} \geq 4,897 \text{ kg}$$

De la tabla 2.1, seleccionamos estrobos cuya capacidad de carga supere los 4,897 kg calculados, con un ángulo crítico de 90°.

Elegimos los estrobos cuyos diámetros sean Ø 3/4" y capacidad de carga de 5,600 kg (5.6 Ton), con un factor de seguridad superior al requerido.

- Grilletes

Datos.-

$$\checkmark F1 = 4,081 \text{ kg}$$

De la tabla 2.4, seleccionamos grilletes cuya capacidad de carga supere los 4,081 kg a izar por grillete.

Seleccionamos el grillete lira con pin y tuerca con pasador de Ø 3/4" que tiene la capacidad de izar 4,750 kg (4.75 Ton), con factor de seguridad 6.

- % de utilización de la Grúa

Datos para Capota de Humos, montajes con grúa de 200 Ton.

- ✓ Long de Boom = 64 m = 210 pies
- ✓ Radio de giro.-
  - Posición Inicial = 10.7 m = 35 pies
  - Posición Final = 15.24 m = 50 pies (maniobra crítica)

De la tabla 2.6 tenemos que:

- ✓ Para Boom 210 pies y Radio de giro 35 pies la capacidad de carga es 117,060 lb que equivale a 53,097 kg.
- ✓ Para Boom 210 pies y Radio de giro 50 pies la capacidad de carga es 91,440 lb (41,476 kg) (maniobra crítica).

Calculo de porcentaje de utilización de la grúa para la maniobra crítica

Aparejos: 4 estrobos de Ø 3/4" x 12m, 4 grilletes de Ø 3/4", cable y gancho de la grúa.

Utilizando la ecuación (9)

$$\text{Peso Total} = F + F_{\text{aparejos}} \quad (9)$$

$$\text{Peso Total} = 11,542 \text{ kg} + 3,391 \text{ kg} = 14,933 \text{ kg}$$

Utilizando la ecuación (10)

$$\% \text{ de Utilización} = \frac{\text{Peso Total}}{\text{Capacidad de Carga}} \leq 90\% \quad (10)$$

$$\% \text{ de Utilización} = \frac{14,933 \text{ kg}}{41,476 \text{ kg}}$$

$$\% \text{ de Utilización} = 36\% \leq 90\%$$

## CAPITULO V

### COSTOS

#### **5.1 Gestión de los Costos del Proyecto**

La Gestión de los Costos del Proyecto nos permitió estimar y presupuestar el costo del proyecto en la etapa de licitación, para que una vez adjudicado el proyecto a nuestra empresa lo controlemos y podamos obtener el margen esperado, la secuencia que se siguió fue:

- **Estimar los Costos.-** es una aproximación de los recursos necesarios como supervisión, equipos, mano de obra, materiales, etc. para completar cada actividad del proyecto. Esta actividad fue desarrollada durante la etapa de licitación.
- **Determinar el Presupuesto.-** consiste en sumar los costos estimados de actividades individuales o paquetes de trabajo para establecer una línea base de costo autorizada. Esta actividad fue desarrollada durante la etapa de licitación. Ver Tabla 5.1.

Tabla 5.1: Resumen de Presupuesto de Montaje de un Horno.

RESUMEN DE PRESUPUESTO MONTAJE DE UN HORNO				
Tipo	Concepto	Monto (US\$)		
Costo Indirecto	Implantación (60%) y retirada (40%) de instalaciones temporales de obra	3,913.62		
	Movilización (60%) y desmovilización (40%) de maquinaria y equipos	5,218.40		
	Equipo completo de personal con cargo a costes indirectos	122,767.85		
	Utilidad	68,704.02		
		<b>Monto por (US\$)</b>	<b>200,603.89</b>	
Precios Unitarios	1.1 Sección Radiante	243,425.95		
	1.2 Sección Convectiva	44,528.50		
	1.3 Capota de Humos	11,242.69		
	1.4 Chimenea	36,633.66		
	1.5 Plataformas y Escaleras	148,000.30		
		<b>Monto por Precios Unitarios (US\$)</b>	<b>483,831.10</b>	
		<b>Presupuesto del Proyecto (US\$)</b>	<b>684,434.99</b>	

- **Controlar los Costos.-** consiste en monitorear la situación del proyecto para actualizar el presupuesto del mismo y gestionar cambios a la línea base de costo. Esta actividad fue desarrollada en la etapa de ejecución.

Tabla 5.2: Costo Presupuestado y Real por Semanas.

Semana N°	Costo Presupuestado		Costo Real	
	Costo (\$) por Semana	Costo (\$) Acumulado por Semana	Costo (\$) por Semana	Costo (\$) Acumulado por Semana
Semana 01	11,626.43	11,626.43	3,116.99	3,116.99
Semana 02	50,003.04	61,629.47	48,972.82	52,089.80
Semana 03	53,490.84	115,120.31	52,460.62	104,550.43
Semana 04	37,280.99	152,401.30	52,460.62	157,011.05
Semana 05	32,645.05	185,046.35	35,205.72	192,216.76
Semana 06	32,651.50	217,697.85	35,205.72	227,422.48
Semana 07	51,157.84	268,855.69	49,068.06	276,490.54
Semana 08	53,702.72	322,558.42	55,648.69	332,139.23
Semana 09	51,536.88	374,095.29	54,504.01	386,643.24
Semana 10	42,635.56	416,730.85	52,672.50	439,315.74
Semana 11	33,573.95	450,304.80	43,419.33	482,735.08
Semana 12	37,672.35	487,977.15	50,513.11	533,248.19
Semana 13	37,672.35	525,649.50	42,369.25	575,617.43
Semana 14	36,017.55	561,667.04	37,283.15	612,900.58

Semana N°	Costo Presupuestado		Costo Real	
	Costo (\$) por Semana	Costo (\$) Acumulado por Semana	Semana N°	Costo (\$) por Semana
Semana 15	41,354.06	603,021.10	44,861.61	657,762.19
Semana 16	12,709.87	615,730.97	42,590.63	700,352.82
Semana 17	0.00	615,730.97	41,025.44	741,378.26
Semana 18	0.00	615,730.97	19,877.02	761,255.29
Semana 19	0.00	615,730.97	7,250.58	768,505.87

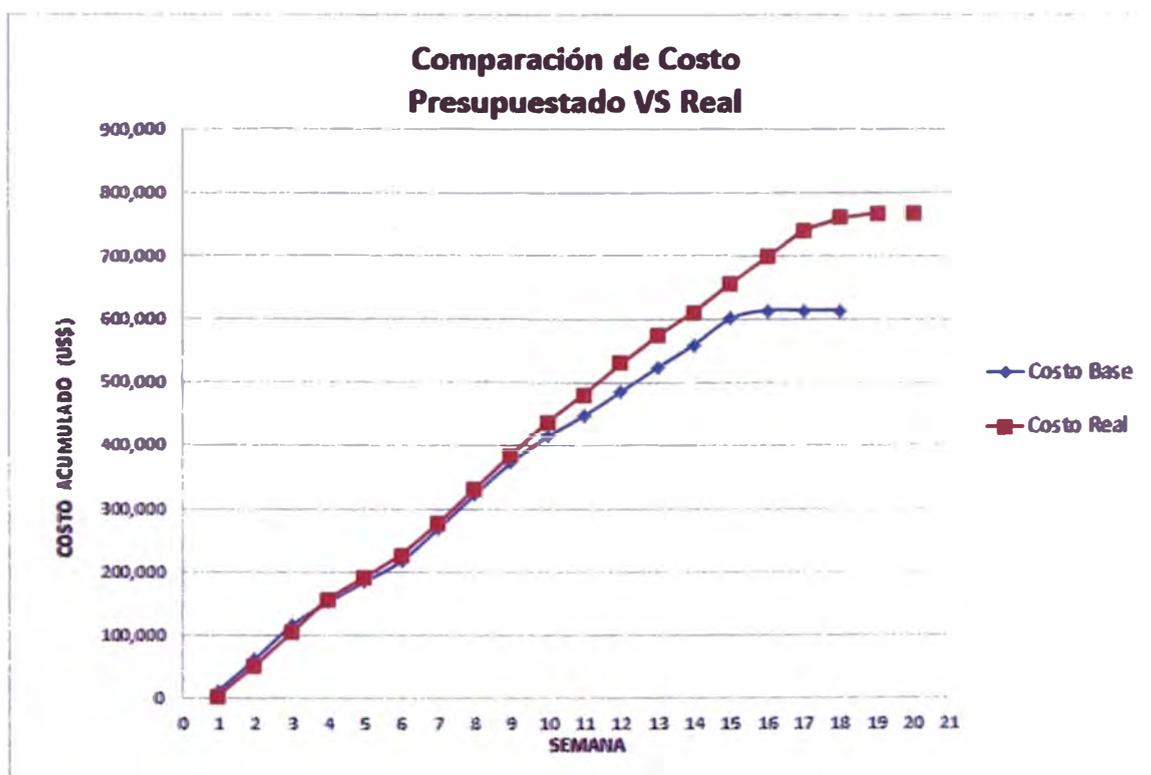


Figura 5.1 Comparación de Costo Presupuestado (Línea Base) vs Costo Real.

- **Calculo del Margen del Proyecto.**- definimos el margen como la Utilidad dividida entre la Venta.

Venta: Monto que nos paga el cliente en US\$ por el trabajo realizado, el trabajo contractual, adicionales y/o reclamos.

Costo: Monto incurrido para completar las actividades del proyecto:

Supervisión, mano de obra, equipos, materiales y gastos generales.

Utilidad: Es la resta entre la Venta y el Costo.

$$\% \text{Margen} = \frac{\text{Utilidad}}{\text{Venta}} = \frac{\text{Venta} - \text{Costo}}{\text{Venta}} \quad (11)$$

La tabla 5.3 nos muestra el margen considerado en el presupuesto y el margen conseguido en el proyecto.

Tabla 5.3: Costo Presupuestado y Real por Semanas.

	<b>Presupuestado (US\$)</b>	<b>Real (US\$)</b>
Venta Contractual	684,434.99	684,434.99
Venta por Reclamos*	0.00	155,136.03
Venta Total	684,434.99	839,571.02
Costo	615,730.97	768,505.87
Utilidad	68,704.02	71,065.15
<b>% Margen</b>	<b>10.0%</b>	<b>8.46%</b>

\* Los reclamos realizados fueron por mayor Gastos Generales (Supervisión), mayor permanencia de equipos y mano de obra directa, esto debido a que el presupuesto se hizo en base a un calendario laboral de trabajo de lunes a sábado y 10 horas diarias lo que nos daría un total de 60 horas a la semana, pero ya en el proyecto se modificó el régimen laboral, indicando que solo se podía trabajar de lunes a viernes y 10 horas diarias lo que nos dio un total de 50 horas a la semana, la disminución de horas trabajadas a la semana produjo un incremento de días en el programa incrementando también los costos mencionados.

## CONCLUSIONES

1. El plan de gestión de proyectos nos permitió controlar el proyecto para no desviarnos de las líneas bases de alcance, tiempo, costo y calidad, alcanzando un margen de 8.46 % del 10% presupuestado, como se indica en la tabla 5.3.
2. El plan de gestión del Calidad nos permitió realizar el aseguramiento y control de calidad del proyecto. Gracias al plan de inspección y ensayo se siguió un orden adecuado en la toma de controles de los entregables. (Ver Anexo D).
3. La secuencia y cálculos del montaje nos permitieron realizar un montaje seguro libre de daños a la propiedad, medio ambiente y personal, alcanzando el objetivo de la empresa de cero accidentes durante el proyecto.

## RECOMENDACIONES

1. Antes de iniciar la ejecución del proyecto se tiene que realizar un plan de gestión del proyecto, esto nos ayudará a generar líneas bases de alcance, tiempo, costo y calidad, al cual podremos medirnos durante la etapa de ejecución y poder tomar acción en caso de desviaciones.
2. Definir claramente el alcance, esto nos permitirá saber si una actividad se encuentra es contractual o adicional, realizar una curva S base de tiempo y costo para que nos sirva de guía durante el proyecto y poder tomar acción en caso de desviaciones.
3. Es sumamente importante realizar y hacer aprobar por el cliente el plan de inspección y ensayo (PIE) ya que este plan nos indica en qué etapa y donde realizar los controles, cualquier control adicional no indicado en el PIE se tiene que cobrar al cliente el costo asociado.
4. Realizar la secuencia y cálculos del montaje nos permitirá realizar un montaje seguro libre de daños a la propiedad, medio ambiente y personal, alcanzando el objetivo de toda empresa de cero accidentes durante el proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Canta Rojas Guillermo Martin, **Montaje de dos hornos de calentamiento de petróleo en una parada de planta en operaciones Conchan, informe de suficiencia**, Lima, 2011.
2. Condori Roque Freddy Rafael, **Fabricación, montaje de estructuras e instalación de horno para Clinker bajo el enfoque del PMBOK**, informe de suficiencia, Lima, 2010.
3. Flores Yenque Luis Alberto, **Recuperación Mejorada de Petróleo (EOR) Mediante Inyección de Nitrógeno en el noroeste Peruano**, Tesis de Grado, Lima, 2009.
4. Rivas Janqui, Eimar, **Montaje Mecanico de un Horno Rotatorio en la planta de calcinación en el Proyecto Bongara de CPSAA**, informe de suficiencia, Lima, 2009.
5. Segovia Canales Víctor Andrés, **Montaje de un tanque cilindro vertical de acero soldado para almacenamiento de 90 000 barriles**, informe de suficiencia, Lima, 2009.
6. Cazar Rivera Eduardo Santiago, **Auditoria y Propuesta de un Plan de Ahorro Energético en el Horno PH1 (300189), de la Planta Parsons de la Refinería la Libertad**, Tesis de Grado, Ecuador, 2007.

7. CS Beaver S.A.C, Catálogo de selección de aparejos de montaje, Lima, 2011.
8. Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos, Cuarta Edición, 2008.
9. Norma ISO 9001 – “International Organization for Standardization”, 2008.
10. Direcciones electrónicas
  - [http://es.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%BAa\\_\(m%C3%A1quina\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%BAa_(m%C3%A1quina))
  - <http://www.csbeaver.com/>
  - <http://amarengo.org/linkarg/industria-de-la-construccion-en-el-peru-vive-un-boom.html>

## **ANEXOS**

1. **Anexo A**, Formato de Control de Cambios del Alcance.
2. **Anexo B**, Cronograma del Proyecto.
3. **Anexo C**, Plan de Inspección y Ensayo.
4. **Anexo D**, Plan de Gestión de Calidad.
5. **Anexo E**, Plantilla métrica de Calidad y Línea Base de Control de Calidad.

## ANEXO A, Formato de Control de Cambios del Alcance.

<b>Nombre del Proyecto:</b>		
<b>Preparado por:</b>		
<b>Fecha:</b>		
<b>Persona(s) que solicita(n) el cambio:</b>		
<b>Número del Cambio:</b>		
<b>Descripción detallada del cambio solicitado en el alcance:</b>		
<b>Justificación de la solicitud del cambio:</b>		
<b>Efectos en el costo del Proyecto:</b>		
<input type="checkbox"/> <b>Sobre costo proyectado:</b> _____ % aproximado		
<input type="checkbox"/> <b>Estimación de reducción del Costo:</b> _____ % aproximado		
<b>Efectos en el Cronograma:</b>		
<input type="checkbox"/> <b>Fecha de término planeada del proyecto:</b>		
<input type="checkbox"/> <b>Nueva fecha de término del proyecto:</b>		
<b>Comentarios adicionales:</b>		
<b>Aprobación</b>	<b>Gerente del Proyecto</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Aprobación</b>	<b>Persona autorizada</b>	<b>Fecha:</b>

Anexo B, Cronograma del Proyecto

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	25 ene '10   08 feb '10   22 feb '10   08 mar '10   22 mar '10   05 abr '10   19 abr '10   03																			
					21	25	29	02	06	10	14	18	22	26	30	03	07	11	15	19	23	27	01	05
1	<b>MONTAJE DE UN HORNO</b>	<b>84 días</b>	<b>lun 25/01/10</b>	<b>sáb 01/05/10</b>	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
2	1.0 Horno	84 días	lun 25/01/10	sáb 01/05/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
3	1.1 Seccion Radiante	48 días	lun 25/01/10	sáb 20/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
4	1.1.1 Pared (Tejas)	14 días	lun 25/01/10	mar 09/02/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
5	1.1.1 A01 TEJA 01: Transporte y Montaje	2 días	lun 25/01/10	mar 26/01/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
6	1.1.1 A02 TEJA 02: Transporte y Montaje	2 días	mié 27/01/10	jue 28/01/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
7	1.1.1 A03 TEJA 03: Transporte y Montaje	2 días	vie 29/01/10	sáb 30/01/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
8	1.1.1 A04 TEJA 04: Transporte y Montaje	2 días	lun 01/02/10	mar 02/02/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
9	1.1.1 A05 Armado y Soldeo de Tejas	6 días	mié 03/02/10	mar 09/02/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
10	1.1.2 Serpentin	13 días	sáb 27/02/10	sáb 13/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
11	1.1.2 A01 Serpentin 01 Transporte y Montaje	1 día	sáb 27/02/10	sáb 27/02/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
12	1.1.2 A02 Serpentin 02 Transporte y Montaje	1 día	lun 01/03/10	lun 01/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
13	1.1.2 A03 Serpentin 03 Transporte y Montaje	1 día	mar 02/03/10	mar 02/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
14	1.1.2 A04 Serpentin 04 Transporte y Montaje	1 día	mié 03/03/10	mié 03/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
15	1.1.2 A05 Armado y Soldeo de Serpentes	6 días	jue 04/03/10	mié 10/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
16	1.1.2 A06 Prueba Hidraulica de Serpentes	3 días	jue 11/03/10	sáb 13/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
17	1.1.3 Techo	4 días	lun 15/03/10	jue 18/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
18	1.1.3 A01 Primera mitad Transporte y Montaje	1 día	lun 15/03/10	lun 15/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
19	1.1.3 A02 Segunda mitad Transporte y Montaje	1 día	mar 16/03/10	mar 16/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
20	1.1.3 A03 Soldeo de Cierre	2 días	mié 17/03/10	jue 18/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
21	1.1.4 Fondo	2 días	vie 19/03/10	sáb 20/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
22	1.1.4 A01 Transporte y Montaje	1 día	vie 19/03/10	vie 19/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
23	1.1.4 A02 Soldeo de Cierre	1 día	sáb 20/03/10	sáb 20/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
24	1.2 Seccion Convectiva	8 días	vie 19/03/10	sáb 27/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
25	1.2.1 Convectiva Inferior	4 días	vie 19/03/10	mar 23/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
26	1.2.1 A01 Transporte	1 día	vie 19/03/10	vie 19/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
27	1.2.1 A02 Montaje	1 día	sáb 20/03/10	sáb 20/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
28	1.2.2 A03 Soldeo con Seccion Radiante	2 días	lun 22/03/10	mar 23/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
29	1.2.2 Convectiva Superior	4 días	mié 24/03/10	sáb 27/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
30	1.2.2 A01 Transporte	1 día	mié 24/03/10	mié 24/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
31	1.2.2 A02 Montaje	1 día	jue 25/03/10	jue 25/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
32	1.2.2 A03 Solde con Seccion Inferior de la Convecti	2 días	vie 26/03/10	sáb 27/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
33	1.3 Capota de Humos	2 días	lun 29/03/10	mar 30/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
34	1.3 A01 Transporte y Montaje	1 día	lun 29/03/10	lun 29/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
35	1.3 A02 Soldeo	1 día	mar 30/03/10	mar 30/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
36	1.4 Chimenea	8 días	vie 23/04/10	sáb 01/05/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
37	1.4.1 Chimenea Parte Inferior	4 días	vie 23/04/10	mar 27/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
38	1.4.1 A01 Transporte	1 día	vie 23/04/10	vie 23/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
39	1.4.1 A02 Montaje	1 día	sáb 24/04/10	sáb 24/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
40	1.4.1 A03 Soldeo con Seccion Convectiva	2 días	lun 26/04/10	mar 27/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
41	1.4.2 Chimenea Parte Superior	4 días	mié 28/04/10	sáb 01/05/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
42	1.4.2 A01 Transporte	1 día	mié 28/04/10	mié 28/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
43	1.4.2 A02 Montaje	1 día	jue 29/04/10	jue 29/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
44	1.4.2 A03 Soldeo con Chimenea Parte Inferior	2 días	vie 30/04/10	sáb 01/05/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
45	1.5 Plataformas y Escaleras	62 días	mié 10/02/10	jue 22/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
46	1.5.1 Plataformas Seccion Radiante	44 días	mié 10/02/10	jue 01/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
47	1.5.1.1 Plataforma EL.+2700	4 días	mié 10/02/10	sáb 13/02/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
48	1.5.1.1 A01 Transporte	1 día	mié 10/02/10	mié 10/02/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
49	1.5.1.1 A02 Pre-Ensamble	1 día	jue 11/02/10	jue 11/02/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
50	1.5.1.1 A03 Montaje	2 días	vie 12/02/10	sáb 13/02/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
51	1.5.1.2 Plataforma EL.+6600	2 días	lun 15/02/10	mar 16/02/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
52	1.5.1.2 A01 Transporte	0.5 días	lun 15/02/10	lun 15/02/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
53	1.5.1.2 A02 Pre-Ensamble	0.5 días	lun 15/02/10	lun 15/02/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
54	1.5.1.2 A03 Montaje	1 día	mar 16/02/10	mar 16/02/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
55	1.5.1.3 Plataforma EL.+11600	4 días	mié 17/02/10	sáb 20/02/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
56	1.5.1.3 A01 Transporte	1 día	mié 17/02/10	mié 17/02/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
57	1.5.1.3 A02 Pre-Ensamble	1 día	jue 18/02/10	jue 18/02/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
58	1.5.1.3 A03 Montaje	2 días	vie 19/02/10	sáb 20/02/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
59	1.5.1.4 Plataforma EL.+14636	2 días	lun 22/02/10	mar 23/02/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
60	1.5.1.4 A01 Transporte	0.5 días	lun 22/02/10	lun 22/02/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
61	1.5.1.4 A02 Pre-Ensamble	0.5 días	lun 22/02/10	lun 22/02/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
62	21A03 Montaje	1 día	mar 23/02/10	mar 23/02/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
63	1.5.1.5 Plataforma EL.+18600	4 días	lun 29/03/10	jue 01/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
64	1.5.1.5 A01 Transporte	1 día	lun 29/03/10	lun 29/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
65	1.5.1.5 A02 Pre-Ensamble	1 día	mar 30/03/10	mar 30/03/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
66	1.5.1.5 A03 Montaje	2 días	mié 31/03/10	jue 01/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
67	1.5.2 Plataformas Seccion Convectiva	10 días	vie 02/04/10	mar 13/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
68	1.5.2.1 Plataforma EL.+21500	5 días	vie 02/04/10	mié 07/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
69	1.5.2.1 A01 Transporte	1 día	vie 02/04/10	vie 02/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
70	1.5.2.1 A02 Pre-Ensamble	1 día	sáb 03/04/10	sáb 03/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
71	1.5.2.1 A03 Montaje	3 días	lun 05/04/10	mié 07/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
72	1.5.2.2 Plataforma EL.+25500	5 días	jue 08/04/10	mar 13/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
73	1.5.2.2 A01 Transporte	1 día	jue 08/04/10	jue 08/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
74	1.5.2.2 A02 Pre-Ensamble	1 día	vie 09/04/10	vie 09/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
75	1.5.2.2 A03 Montaje	3 días	sáb 10/04/10	mar 13/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
76	1.5.3 Plataformas Chlmenea	8 días	mié 14/04/10	jue 22/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
77	1.5.3.1 Plataforma EL.+27600	4 días	mié 14/04/10	sáb 17/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
78	1.5.3.1 A01 Transporte	1 día	mié 14/04/10	mié 14/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
79	1.5.3.1 A02 Pre-Ensamble	1 día	jue 15/04/10	jue 15/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
80	1.5.3.1 A03 Montaje	2 días	vie 16/04/10	sáb 17/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
81	1.5.3.2 Plataforma EL.+30800	6 días	mié 14/04/10	mar 20/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
82	1.5.3.2 A01 Transporte	1 día	mié 14/04/10	mié 14/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
83	1.5.3.2 A02 Pre-Ensamble	1 día	jue 15/04/10	jue 15/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
84	1.5.3.2 A03 Montaje	2 días	lun 19/04/10	mar 20/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
85	1.5.3.3 Plataforma EL.+36800	8 días	mié 14/04/10	jue 22/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
86	1.5.3.3 A01 Transporte	1 día	mié 14/04/10	mié 14/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
87	1.5.3.3 A02 Pre-Ensamble	1 día	jue 15/04/10	jue 15/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			
88	1.5.3.3 A03 Montaje	2 días	mié 21/04/10	jue 22/04/10	[Barra horizontal de inicio a fin]																			

## ANEXO C, Plan de Inspección y Ensayo.

1.- IDENTIFICACION							REGISTRO N°: PIMO							
PROYECTO: Montaje de un Horno		Aprb Consorcio:					FECHA: 05/01/10							
		Aprb. Cliente.:					CLIENTE: Refineria							
2.- PLAN DE INSPECCION Y ENSAYOS														
N°	PROCESO A SER INSPECCIONADO	DESCRIPCION PUNTOS DE INSPECCION Y ENSAYOS	METODO DE INSPECCION O ENSAYO	CRITERIO DE ACEPTACION	DOCUMENTO DE REFERENCIA		RESPONSABLE	AUTORIDADES DE INSPECCION						
					PLANOS, ESPECIF. PROCED.	FORMATO		1	2	3	4	5		
1	Revisión de los planos de fabricación y de los procesos a emplear	-Geometría de las juntas -Tipos de materiales	V, revisión de documentos	WPS/P1-P1/001	Planos aprobados para construcción Norma ASME Secc. VIII Div. 1	---	JCO,SCO,SOB	R	R					
2	Selección de proceso a emplear	-Comparativo de procesos de soldadura (SMAW,SAW,GMAW,FCAW,GTAW) -Disponibilidad de equipos y mano de obra calificada.	V, revisión de documentos	WPS/P1-P1/001	Norma ASME Secc IX Catálogos, hojas técnicas, manuales (equipos y electrodos).	---	JCO,SCO,SOB	R	R					
	Elaboración de especificaciones de procedimiento de soldadura (WPS)	-Material base -Material de Aporte -Variables de soldadura -Detalle de Junta	V, revisión de documentos	Certificados	Norma ASME Secc. IX	RESO-01-F001	JCO,SCO,SOB	I/R	I	H/R				
3	Proceso de calificación de procedimiento de soldadura	-Probeta(s): tipo y dimensiones -Geometría de la junta -Verificación de parámetros de soldadura	V	Norma ASME Secc IX.	Norma ASME Secc IX.	---	JCO,SCO,SOB	I/R	I	H/R				
	Ejecución de ensayos mecánicos	-Tipos de ensayos -Criterios de aceptación	V	Norma ASME Secc VIII.	Norma ASME Secc V. Norma ASME Secc VIII.	---	JCO,SOB	R		R				
	Elaboración de registro de calificación de procedimiento (PQR)	-Dimensiones y rango calificado -Parámetros de soldadura -Criterios de aceptación	V, revisión de documentos	Norma ASME Secc IX.	Norma ASME Secc IX.	RESO-01-F002	JCO,SOB	I/R		R				
4	Calificación de Soldadores	-Dimensiones de las probetas -Material Base -Posición de soldadura -Destreza/ técnica -Pruebas a realizar -Ejecución de soldadura en probetas -Parámetros de soldadura	V,INST-revisión de documentos	Norma ASME Secc IX.	Norma ASME Secc IX.	RESO-01-F003	JCO,SCO,SOB	I/R	I	H/R				
	Elaboración de registro de calificación de soldadores	-Resultado de ensayos a probetas	V-revisión de documentos	Norma ASME Secc IX.	Norma ASME Secc IX.	RESO-01-F003	JCO,SOB	I/R		R				

1.- IDENTIFICACION							REGISTRO N°: PIMO							
PROYECTO: Montaje de un Horno		Aprb Consorcio:					FECHA: 05/01/10							
		Aprb.Cliente.:					CLIENTE: Refineria							
2.- PLAN DE INSPECCION Y ENSAYOS														
N°	PROCESO A SER INSPECCIONADO	DESCRIPCION PUNTOS DE INSPECCION Y ENSAYOS	METODO DE INSPECCION O ENSAYO	CRITERIO DE ACEPTACION	DOCUMENTO DE REFERENCIA		RESPONSABLE	AUTORIDADES DE INSPECCION						
					PLANOS, ESPECIF. PROCED.	FORMATO		1	2	3	4	5		
5	Elaboración de lista de soldadores calificados	-Registros de Calificación de soldadores	V, revisión de documentos	---	---	RESO-02-F001	JCO,SCO,SOB	I/R	I	R				
6	Calificación del personal y procedimiento NDT	-Certificaciones vigentes -Procedimiento de RT.UT	V, revisión de documentos	Según ASNT SNT -TC-1A	Certificado de Nivel II en RT,UT según ASNT SNT -TC-1A	---	JCO,SOB	R		R				
7	Control dimensional	-Dimensiones de Partes casco de radiación cuerpo de convección	V,D	circularidad tolerancia máxima 20mm para un diámetro interior 7208mm. circunferencia tolerancia se adjunta Norma AS 4458-1997 addenda 1999	Norma Australiana AS 4458-1997 addenda 1999 Pressure Equipment Manufacture	RE-0C0-2048-003 ;RE-0C0-2048-001	JCO,SCO,SOB	I/R	I	I/R				
		-Dimensiones de Partes chimenea	V,D,INST	Desalineamiento entre planchas junta a tope hasta plancha de ¼" Tol. ¼" Deformaciones cilíndricas Tol. Max 6mm. Redondez la diferencia de diámetros máximo y mínimo no debe exceder al 2% del diámetro.	ASME STS-1 2003	RE-0 C0-2048-003 ;RE-0C0-2048-001	JCO,SCO,SOB	I/R	I	I/R				
8	Topografía	-Verticalidad casco de radiación -Verticalidad cuerpo de convección	V, revisión de documentos	1mm/m(línea fuera a plomo). Comprobación final la tolerancia de nivel será como máximo 0.3mm/m.	EC-B50 rev.2	RE-0C0-2048-001 ;RE-0C0-2048-002	JCO,SCO,SOB	R	R	I/R				
		-Verticalidad de la chimenea	V, revisión de documentos	Verticalidad 2" en 30m.	ASME STS-1 2003	RE-0C0-2048-001 ;RE-0C0-2048-002	JCO,SCO,SOB	R	R	I/R				
9	Proceso de Ensamble y Apuntalado	-WPS Aplicable -Geometría de la junta -Abertura de raíz -Alineamiento	V,INST-revisión de documentos	---	Planos aprobados para construcción.	REME-01-F001	JCO,SCO,SOB	I/R	I	I/R				

<b>1.- IDENTIFICACION</b>		REGISTRO N°: PIMO	
PROYECTO: <b>Montaje de un Horno</b>	Aprb Consorcio:	FECHA: 05/01/10	
	Aprb.Cliente.:	CLIENTE: Refineria	

<b>2.- PLAN DE INSPECCION Y ENSAYOS</b>														
N°	PROCESO A SER INSPECCIONADO	DESCRIPCION PUNTOS DE INSPECCION Y ENSAYOS	METODO DE INSPECCION O ENSAYO	CRITERIO DE ACEPTACION	DOCUMENTO DE REFERENCIA		RESPONSABLE	AUTORIDADES DE INSPECCION						
					PLANOS, ESPECIF. PROCED.	FORMATO		1	2	3	4	5		
10	Proceso de Soldadura	-Secuencia de soldadura -Parametros de soldadura -Limpieza entrepases	V	WPS aprobado. PQR aprobado.	WPS aprobado. PQR aprobado.	RESO-01-F001	JCO,SCO,SOB	R	I	I/R				
11	Identificación, Marcado de la junta	-Estampa del Soldadura	V-revisión de documentos	---	Planos aprobados para construcción.	RESO-02-F008 RESO-02-F005	JCO,SCO,SOB	R	I	M				
12	Inspeccion visual de soldadura	-Discontinuidades de soldadura -Acabado	V,INST-revisión de documentos	Norma ASME Secc VIII Div. 1	Norma ASME Secc VIII Div. 1	RESO-02-F002 RESO-02-F003	JCO,SOB	I/R		I/R				
13	Ensayos no destructivos	-Tintes Penetrantes	END	Norma ASME Secc VIII DIV.1 apendice 8 (100% costuras longitudinales del casco de radiación ; costura circunferencial del cuerpo de la convección y de la chimenea y 5% costuras en filete)	Norma ASME Secc V Art. 6	RESO-02-F006	JCO,SOB	I/R		I/R				
14	Ensayos no destructivos	-Radiografía RT	END	Norma ASME Secc VIII Div. 1 UW52 apendice 4 (chimenea 100% longitud de costura circunferencial).	Norma ASME Secc V Art. 2	Reporte de la empresa END	JCO,SOB	R		R				
15	Control de No conformidades	-ISO 9001:2008	revisión de documentos	---	Registro	RE-SGC-00-F005	JCO,SOB	R		R				

<b>3. ABREVIATURAS</b>									
METODOS DE INSPECCION		METODOS DE ENSAYOS/ PRUEBAS		AUTORIDAD DE INSPECCION			CODIGOS DE INSPECCION		
V	VISUAL	C	COMPRESION DE TESTIGOS	1	Jefe de Calidad en Obra, (JCO)	M	MONITOR: Verifica Aleatoriamente para asegurar el cumplimiento de los requerimientos del proyecto		
D	DIMENSIONAL	END	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS						
EP	ESPESOR DE PINTURA	ED	ENSAYOS DESTRUCTIVOS	2	Jefe/ Supervisor (construccion) ,(SCO)	I	INSPECCION: Atestigua y aprueba		
T	TORQUE								
P	SEGUN ESPECIFICACIONES DEL PROVEEDOR			3	QA QC Cliente, (SOB)	H	HOLD POINT: No debe efectuarse la actividad sin ser Atestiguado 100% por Autoridad de Inspección		
INST	KIT DE INSPECCION DE SOLOADURA								
						R	REVISION: Revision de la Inspección y/o reportes de pruebas		

### ANEXO D, Plan de Gestión de la Calidad

Nombre del Proyecto	Siglas del Proyecto
<b>MONTAJE DE UN HORNO</b>	<b>MNH</b>

**Política de Calidad del Proyecto:** Especificar la intención de dirección que formalmente tiene el equipo de proyecto con la calidad del proyecto.

El proyecto se debe cumplir con los requisitos de calidad requeridos por REFINERIA., y culminar el proyecto dentro del tiempo y el presupuesto planificados.

**Línea base de calidad del proyecto:** Especificar los factores de calidad relevantes para el producto del proyecto y para la gestión del proyecto. Para cada factor de calidad relevante definir los objetivos de calidad, las métricas a utilizar, y las frecuencias de medición y de reporte.

Ver Anexo E Plantilla de Métricas de Calidad  
y Línea Base de la Calidad

**Plan de Mejora de Procesos:** especificar los pasos para analizar procesos, los cuales facilitarán la identificación de actividades que generan o que no agregan valor.

1. Delimitar el proceso
2. Determinar la oportunidad de mejora
3. Tomar información sobre el proceso
4. Analizar la información levantada
5. Definir las acciones correctivas para mejorar el proceso
6. Aplicar las acciones correctivas
7. Verificar si las acciones correctivas han sido efectivas
8. Estandarizar las mejoras logradas para hacerlas parte del Proceso

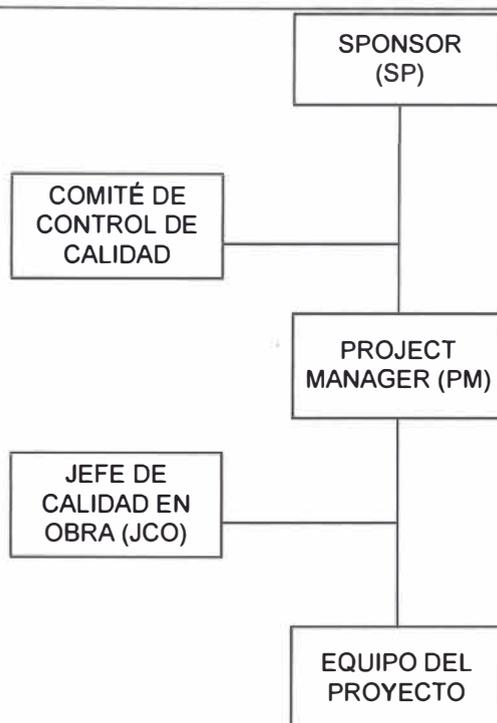
**Matriz de Actividades de Calidad:** Especificar para cada paquete de trabajo si existe un estándar o norma de calidad aplicable a su elaboración. Analizar la capacidad del proceso que generará cada entregable y diseñar actividades de prevención y de control que asegurarán la obtención de entregables con el nivel de calidad requerido (Ver matriz adjunta)

Paquete de Trabajo	Estándar o Norma de Calidad Aplicable	Actividades de Prevención	Actividades de Control
Ver Anexo C Planes de Inspección y Ensayos			

<b>Roles para la Gestión de la Calidad:</b> Especificar los roles que serán necesarios en el equipo de proyecto para desarrollar los entregables y actividades de gestión de la calidad. Para cada rol especificar: objetivos, funciones, niveles de autoridad, a quien reporta, a quien supervisa, requisitos de conocimientos, habilidades, y experiencia para desempeñar el rol	
<p>Rol No 1: Promotor del Proyecto</p>	<i>Objetivos del Rol:</i> Responsable Ejecutivo final por la calidad del proyecto.
	<i>Funciones del Rol:</i> Revisar, aprobar, y tomar acciones correctivas para mejorar la calidad.
	<i>Niveles de autoridad:</i> Facilitar a discreción los recursos para el proyecto, renegociar contratos.
	<i>Reporta a:</i> Directorio de la empresa.
	<i>Supervisa a:</i> Project Manager
	<i>Requisitos de conocimientos:</i> Gestión de Proyectos
	<i>Requisitos de habilidades:</i> Liderazgo, Comunicación, Negociación, Motivación, y Solución de Conflictos.
	<i>Requisitos de experiencia:</i> más de 20 años de experiencia en ese cargo.
<p>Rol No 2: Project Manager o Jefe de Proyecto (PM o JP)</p>	<i>Objetivos del Rol:</i> Gestionar el Plan de Calidad.
	<i>Funciones del Rol:</i> Revisar estándares, revisar entregables, aceptar entregables o disponer su reproceso, deliberar para generar acciones correctivas, aplicar acciones correctivas.
	<i>Niveles de autoridad:</i> Aplicar a discreción los recursos para el proyecto, renegociar contratos. Exigir el cumplimiento de entregables a los miembros del equipo.
	<i>Reporta a:</i> Promotor del Proyecto
	<i>Supervisa a:</i> Equipo del Proyecto
	<i>Requisitos de conocimientos:</i> Gestión de Proyectos
	<i>Requisitos de habilidades:</i> Liderazgo, Comunicación, Negociación, Motivación, y Solución de Conflictos.
<i>Requisitos de experiencia:</i> más de 10 años de experiencia en ese cargo.	

<p>Rol No 3: Jefe de Oficina de Calidad (JOC)</p>	<p><i>Objetivos del Rol:</i> Responsable final por la calidad del Montaje del Nuevo Horno de Crudo</p>
	<p><i>Funciones del Rol:</i> Revisar estándares, revisar entregables, aceptar entregables o disponer su reproceso, deliberar para generar acciones correctivas, aplicar acciones correctivas.</p>
	<p><i>Niveles de autoridad:</i> Aplicar los recursos de la empresa para la ejecución de los trabajos de campo. Exigir el cumplimiento de entregables a los miembros del equipo.</p>
	<p><i>Reporta a:</i> Project Manager o Jefe de Proyecto</p>
	<p><i>Supervisa a:</i> Equipo del Proyecto</p>
	<p><i>Requisitos de conocimientos:</i> Estándares y Normas Internacionales de calidad como el ISO, etc.</p>
	<p><i>Requisitos de habilidades:</i> Liderazgo, Comunicación, Negociación, Motivación, y Solución de Conflictos.</p>
<p>Rol No 3: Miembros del Equipo del Proyecto</p>	<p><i>Objetivos del Rol:</i> Elaborar los entregables con la calidad requerida y según estándares establecidos por el Sistema de Gestión de Calidad de la empresa</p>
	<p><i>Funciones del Rol:</i> Elaborar entregables</p>
	<p><i>Niveles de autoridad:</i> Aplicar los recursos que se le han asignado</p>
	<p><i>Reporta a:</i> Project Manager o Jefe de Proyecto</p>
	<p><i>Supervisa a:</i></p>
	<p><i>Requisitos de conocimientos:</i> Gestión de Proyectos, y las inherentes al desarrollo de los entregables que se les ha asignado</p>
	<p><i>Requisitos de habilidades:</i> Específicas según el entregable asignado</p>
<p><i>Requisitos de experiencia:</i> más de 2 años de experiencia en ese cargo.</p>	

**Organización para la Calidad del Proyecto:** Especificar organigrama del proyecto indicando claramente donde están situados claramente los roles para la Gestión de la Calidad.



**Documentos Normativos para la Calidad:** especificar que documentos normativos registrarán los procesos y actividades de Gestión de la Calidad

Procedimientos	1.- Control Documental del Sistema de Gestión de Calidad (SGC)
	2.- Identificación y Trazabilidad de las partes de la Instalación
	3.- Inspección y Ensayos
	4.- Tratamiento de las No Conformidades del Producto
	5.- Gestión de la No Conformidad del SGC
	6.- Control de Registros de Calidad
	7.- Capacitación de Personal
	8.- Recepción de Equipos y Materiales en Obra
	9.- Manipulación, almacenamiento, mantenimiento y despacho de materiales y equipos en el almacén de obra
	10.- Control de los Procesos
	11.- Selección y evaluación de Subcontratistas
Plantillas	1.- Para la elaboración de informes técnicos

	2.- Para la elaboración de metrados
	3.- Para la elaboración cronogramas
	4.- Para la elaboración de costos
Formatos	1.- Para dibujos de Planos
	2.- Para registros de calidad
CheckLists	1.- Lista de revisión de Planos
	2.- Lista de verificación del contenido de informes técnicos
Otros Documentos	1.-
<b>Procesos de Gestión de la Calidad:</b> Especificar el enfoque para realizar los procesos de Gestión de la Calidad indicando el Qué, Quién, Cómo, Cuándo, Dónde, Con Qué, y Por Qué.	
Enfoque de Aseguramiento de la Calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ El aseguramiento de la Calidad se hará monitoreando continuamente la performance del trabajo, los resultados del control de calidad, y sobre todo las métricas del proyecto.</li> <li>✓ De esta manera se descubrirá tempranamente cualquier necesidad de auditoría de procesos, o de mejora de procesos.</li> <li>✓ Los resultados se formalizarán como Solicitudes de Cambio.</li> <li>✓ Asimismo se verificará dichas Solicitudes de Cambio.</li> </ul>
Enfoque de Control de Calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ El control de calidad se ejecutará revisando los entregables para ver si están conformes o no.</li> <li>✓ Los resultados de las mediciones se consolidarán y enviarán al proceso de aseguramiento de la calidad.</li> <li>✓ Asimismo en este proceso se hará la medición de las métricas y se informarán al proceso de aseguramiento de la calidad.</li> <li>✓ Los entregables que han sido reprocesados se volverán a revisar para verificar si ya se han vuelto conformes.</li> <li>✓ Para los defectos se tratará de detectar las causas raíces de los defectos para eliminar las fuentes del error, los resultados y conclusiones se formalizarán como solicitudes de cambio.</li> </ul>
Enfoque de Mejora de Procesos	<p>Cada vez que se requiera mejorar un proceso se seguirá lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Delimitar el proceso</li> <li>2. Determinar la oportunidad de mejora</li> <li>3. Tomar información sobre el proceso</li> <li>4. Analizar la información levantada</li> <li>5. Definir las acciones correctivas para mejorar el proceso</li> <li>6. Aplicar las acciones correctivas</li> <li>7. Verificar si las acciones correctivas han sido efectivas</li> <li>8. Estandarizar las mejoras logradas para hacerlas parte del proceso</li> </ol>

## ANEXO E, Plantilla de Métricas de Calidad y Línea Base de Control de Calidad

<b>Métrica de:</b>			
Producto		Proyecto	x
<b>Factor de Calidad Relevante:</b> Especificar cuál es el factor de calidad relevante que da origen a la métrica.			
- Performance del Proyecto y del Entregable			
<b>Definición del Factor de Calidad:</b> Definir el factor de calidad involucrado en la métrica y especificar porqué es relevante.			
La performance del Proyecto y de los entregables, se definen como el cumplimiento del cronograma y del presupuesto del proyecto. Este factor de calidad es relevante pues permitirá al equipo de proyecto lograr la margen de utilidad que ha sido calculado para el proyecto, caso contrario el proyecto podría no generar utilidades o más aún, podría generar pérdidas.			
<b>Propósito de la Métrica:</b> Especificar para qué se desarrolla la métrica?			
La métrica se desarrolla para monitorear la performance del proyecto en cuanto al cumplimiento del cronograma y del presupuesto, y poder tomar las acciones correctas en forma oportuna			
<b>Definición operacional:</b> Definir como operará la métrica, especificando el Quién, Qué, Cuándo, Dónde, Cómo?			
El Jefe de Planeamiento y Control actualizará las hojas de cálculo de Gestión del Proyecto, Los días 30 de cada mes con corte al 25 del mismo mes, y calculará el CPI (Cost Performance Index) y del SPI (Schedule Performance Index), obteniendo de esta forma los ratios de performance del proyecto, los cuales se tendrán disponibles para revisión por el Project Manager los 30 de cada mes.			
<b>Método de Medición:</b> Definir los pasos y las consideraciones para efectuar la medición			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se recabará información de avances reales, valor ganado, fechas de inicio y fin real, trabajo real, y costo real, los cuales se ingresarán en las hojas de cálculo de Gestión del Proyecto.</li> <li>2. La hoja de cálculo de Gestión del Proyecto calculará los índices de CPI y SPI.</li> <li>3. Estos índices se trasladarán al informe semanal del Proyecto.</li> <li>4. Se revisará el informe con el Patrocinador y se tomarán las acciones correctivas y/o preventivas pertinentes.</li> <li>5. Se informará al cliente de dichas acciones de ser el caso.</li> </ol>			
<b>Resultado Deseado:</b> Especificar cuál es el objetivo o resultado deseado para la métrica			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Para el CPI se desea un valor acumulado no menor a 0.85</li> <li>2. Para el SPI se desea un valor acumulado no menor a 0.85</li> </ol>			

<p><b>Enlace con Objetivos Organizacionales:</b> Especificar cómo se enlaza la métrica y el factor de calidad relevante con los objetivos de la organización.</p>
<p>El cumplimiento de las métricas es indispensable para poder obtener la utilidad deseada de los proyectos, lo cual a su vez posibilitará el crecimiento de la empresa y la mejora de sus productos y servicios.</p>
<p><b>Responsable del Factor de Calidad:</b> Definir Quién es la persona responsable de vigilar el factor de calidad, los resultados de la métrica, y de promover las mejoras de procesos que sean necesarias.</p>
<p>La persona operativamente responsable de vigilar el factor de calidad, los resultados de la métrica, y de promover las mejoras de procesos que sean necesarias para lograr los objetivos de calidad planteados, es el Project Manager en primera instancia, pero la responsabilidad última de lograr la rentabilidad del proyecto y el cumplimiento de los plazos recae en forma ejecutiva en el Sponsor del Proyecto.</p>

LÍNEA BASE DE CONTROL DE CALIDAD				
Factor de Calidad Relevante	Objetivo de Calidad	Métrica a Utilizar	Frecuencia y Momento de Medición	Frecuencia y Momento de Reporte
Performance del Proyecto	$CPI \geq 0.85$	CPI= Cost Performance Index Acumulado	Los días 30 de cada mes con corte al 25 del mismo mes, se calculará el CPI obteniendo de esta forma los ratios de performance del proyecto.	Frecuencia mensual Reporte, 30 de cada mes.
Performance del Proyecto	$SPI \geq 0.85$	SPI= Schedule Performance Index Acumulado	Los días 30 de cada mes con corte al 25 del mismo mes, se calculará el SPI obteniendo de esta forma los ratios de performance del proyecto.	Frecuencia mensual Reporte, 30 de cada mes.