

“Caso de Estudio – Construcción de grúa de 2 toneladas para horno vertical en Planta Huayco – Industrias Rocacem s.a. “

Autores:

Guillermo Soriano Idrovo¹ , Rodolfo Paz Mora²

¹Ingeniero Mecánico 2000.

² Director de Tópico, Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1978; Postgrado EEUU, Universidad Estatal de Minnesota, 1981; Postgrado Bélgica, Universidad de Gante, 1990; Profesor de ESPOL desde 1981.

Resumen^a

El presente trabajo consiste en documentar, en forma de caso de estudio, la construcción de una grúa de 2 toneladas para transporte de ladrillos refractarios en el horno vertical de la Planta Huayco - Industrias Rocacem s.a. – Este proyecto se lo realizó entre los meses de Noviembre y Diciembre de 1998, con el objeto de ahorrar a la empresa el rubro de alquiler de grúa, el cual era necesario para el transporte de ladrillos; esta grúa se la diseñó y construyó para subir palets de ladrillos refractarios a una altura de 20m y con un peso máximo de 2000 Kg.; se desarrollará el proceso de diseño y construcción, así como la importancia del proyecto en la compañía.

Introducción.

El presente trabajo trata del diseño y construcción de una grúa de dos toneladas de capacidad para manejo de ladrillos refractarios en el horno vertical de la Planta Huayco – Industrias Rocacem S. A:

El objetivo del trabajo es ilustrar sobre el rol del ingeniero mecánico en el medio ecuatoriano a los estudiantes de los primeros niveles de ingeniería.

Para ello se ha procedido a documentar el desarrollo de la solución de este problema de ingeniería; para esto se ha considerado todo el proceso, desde la identificación del problema, selección de la solución, especificación de la misma, proceso constructivo; y, por último el análisis de los resultados obtenidos.

Contenido

1. Identificación Del Problema:

1.1 Antecedentes

El horno vertical (ver figura 1) instalado en 1982, necesita repararse cada dos cada dos años aproximadamente las tres últimas reparaciones han sido llevadas a cabo en las siguientes fechas Julio de 1996, 18 de Diciembre de 1998 al 21 de Enero de 1999. Las reparaciones consisten en:

- ◆ Reparación íntegra del enladrillado refractario.
- ◆ Mantenimiento electromecánico de equipos auxiliares del horno.
- ◆ Mantenimiento electromecánico de equipos complementarios al horno

El proceso de subir las herramientas y los palets de ladrillos refractarios se lo llevaba a cabo con una grúa previamente contratada. Esta operación requería como mínimo 16 horas de trabajo de grúa, lo que ocasionaba ingentes gastos a la empresa además de los problemas de coordinación con las empresas proveedoras del servicio de grúa.



FIGURA 1. HORNO VERTICAL

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA ^b

2.1 Formulación del Problema.

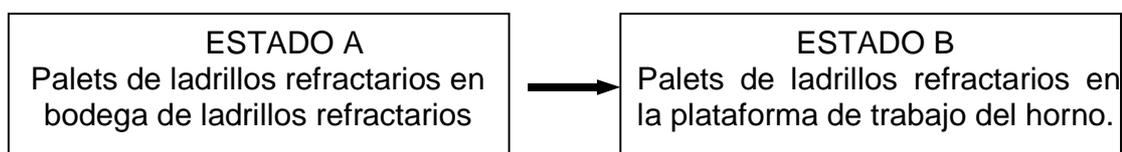
El primer paso en este proceso consistió en definir el problema en su forma más amplia y sin detalles. Generalmente la mayor parte de las ocasiones en que se decide enfrentar un problema se comienza buscando soluciones; esto, en la mayor cantidad de casos no nos lleva a la solución más satisfactoria por

diversos motivos, el principal de ellos es restringirnos a un campo limitado de soluciones.

Los objetivos de esta formulación del problema eran:

- ◆ Saber en qué consistía el problema.
- ◆ Determinar si dicho problema merecía nuestra atención.
- ◆ Obtener una buena perspectiva del problema para no restringirnos a un rango limitado de soluciones.

Nuestra metodología fue expresar el problema en los términos más generales posibles, identificando dos estados A y B. El estado A, inicial, que es donde nos encontramos en un principio; y el estado B, final, que es a dónde queremos llegar



2.2 Análisis del Problema.

Las variables de entrada, que son las características que permiten diferenciar entre los diferentes estados iniciales y que además influyen en la búsqueda y selección de soluciones, en nuestro caso serán:

- ◆ Número de palets a trasladar: 80
- ◆ Tamaño máximo del palet (H x W x L): 1.00 x 1.20 x 1.30 m.
- ◆ Peso máximo de Palet: 2011 Kg.
- ◆ Ubicación de Palets Bodega de Ladrillos Refractarios

Las variables de salida, que son las características que permiten diferenciar entre los diferentes estados finales y que además influyen en la búsqueda y selección de soluciones, en nuestro caso serán:

- ◆ Cantidad máxima de palets en sitio de trabajo: 6
- ◆ Ubicación de palet Plataforma de trabajo del horno.

Restricción es una característica que se fija previamente por una decisión, por la naturaleza, por requisitos legales o por cualquier otra disposición a la cual tenga

que ajustarse la persona encargada de encontrar una solución al problema; en resumen las restricciones a nuestro problema van a ser:

- ◆ La solución tendría que estar operativa a fines de la primera quincena del mes de Diciembre de 1998.(fecha impuesta desde el principio del proyecto por la gerencia de la empresa).
- ◆ En caso de usar energía eléctrica, debe de ser 440 Voltios, trifásica y utilizar una frecuencia de 60 Hertz. Esta es la alimentación eléctrica industrial más común en Ecuador.
- ◆ Debe en lo posible usar materiales que se encuentren en la empresa (malacate dado de baja anteriormente usado en una hormigonera, y perfiles recuperables ubicados en la chatarra).
- ◆ El costo de instalación no debe superar los U.S. \$ 5000, restricción impuesta por la gerencia.

Los criterios son las características o reglas que nos permitirán evaluar cada alternativa de solución, para poder escoger entre ellas la solución más óptima. En nuestro caso los criterios para evaluación de las diferentes alternativas de solución serán:

- ◆ Costos de instalación, operación y mantenimiento
- ◆ Seguridad
- ◆ Operabilidad
- ◆ Disponibilidad

2.3 Búsqueda de Soluciones.

Las soluciones propuestas fueron las siguientes:

1. **Instalación de grúa corrediza.** En esta alternativa la grúa se trasladará a lo largo de una viga transversal, la carga subirá a una altura superior a la de la plataforma de trabajo, y posteriormente se deslizará la grúa mediante ruedas en la viga transversal. (Ver figura 2 y3).
2. **Instalación de grúa estática.** En la cual el malacate quedará fijo en la parte superior de una estructura y con un sistema de poleas se subirán los palets. La carga quedará a una altura superior a la de la plataforma de trabajo y será asentada en un carrito que se moverá a lo largo de un par de vigas en voladizo, posteriormente los palets serán llevados en los carritos al sitio final de trabajo. (Ver figura 4 y 5).

3. **Alquilar grúa móvil**, la cual era la alternativa usada hasta ese momento, que consistía en alquilar uno de estos equipos a empresas proveedoras de este servicio

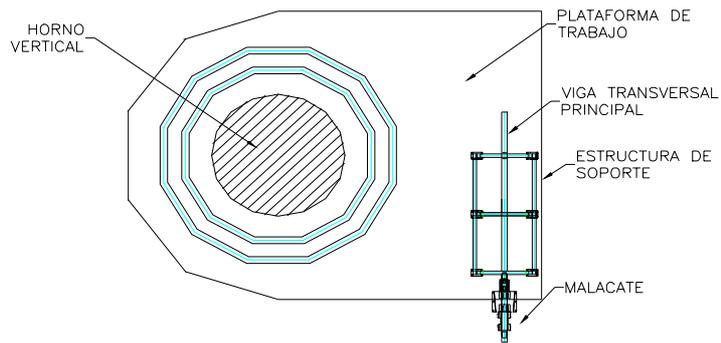


FIGURA 2 VISTA DE PLANTA DE GRÚA CORREDIZA.

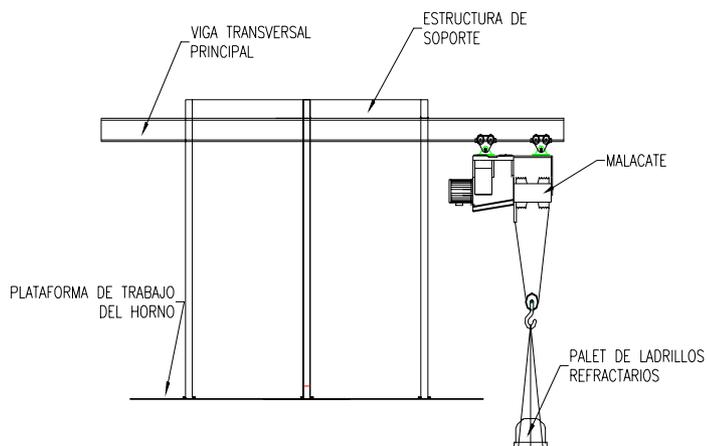


FIGURA 3. VISTA DE PERFIL DE GRÚA CORREDIZA.

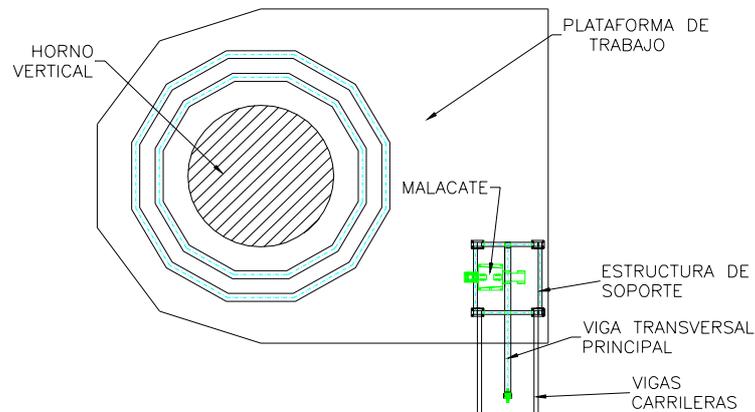


FIGURA 4. VISTA DE PLANTA DE GRÚA ESTÁTICA.

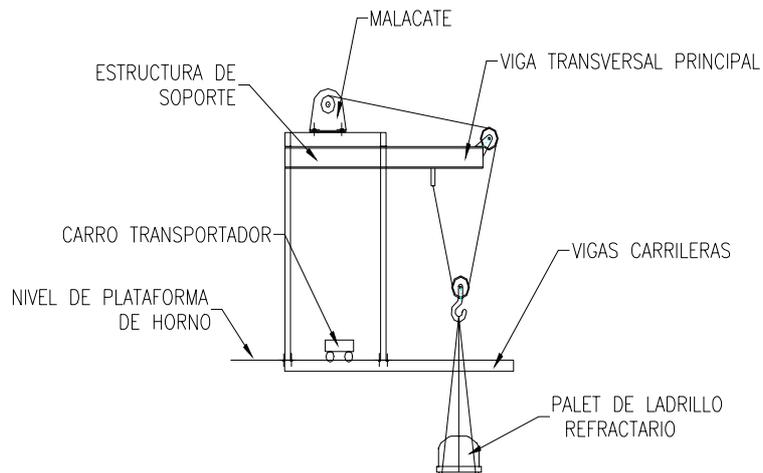


FIGURA 5. VISTA DE PERFIL DE GRÚA ESTÁTICA.

3.4 Selección de la Solución.

Para esto nosotros vamos a utilizar el siguiente procedimiento de selección de la alternativa de solución:

1. Seleccionar los criterios y determinar su importancia relativa;
2. Predecir el funcionamiento de las soluciones alternativas con respecto a tales criterios;
3. Comparar las alternativas sobre la base de los funcionamientos predichos,
4. Hacer la elección de la alternativa más conveniente.

En nuestro caso los criterios con los cuales se van a analizar cada alternativa serán (en orden de importancia relativa):

- ◆ **Costos de instalación, operación y mantenimiento:** los cuales se van a analizar en un período de cinco años (es decir; dos reparaciones del horno), siendo más conveniente la alternativa que tenga los menores costos. Este criterio tendrá una importancia relativa de 40 sobre 100 puntos posibles.
- ◆ **Operabilidad:** en este criterio se analizará subjetivamente por parte del diseñador, la facilidad de operación de la alternativa sugerida. Su importancia relativa será de 20 sobre 100 puntos posibles.
- ◆ **Seguridad:** en este criterio se analizará subjetivamente que tan seguro es la alternativa para el ser humano y para el medio ambiente. Su importancia relativa será de 20 sobre 100 puntos posibles.
- ◆ **Disponibilidad:** aquí se analizará la disponibilidad que se tiene del equipo. Su importancia relativa será de 20 sobre 100 puntos posibles.

La Tabla I muestra un resumen del puntaje asignado a cada una de las alternativas.

Tabla I Evaluación de Alternativas de Solución

	Costos de Instalación, Operación y Mantenimiento	Operabilidad	Seguridad	Disponibilidad	Total
Grúa Corrediza	40	18	20	20	98
Grúa Estática	36	10	10	20	76
Alquiler de Grúa	24	20	20	5	71

2.5 Especificación de la Solución^{c,d}.

En este punto se realiza un diseño de forma más detallado, se realizan los cálculos, se dimensionan los elementos a utilizar, y se realizan los planos del diseño final.

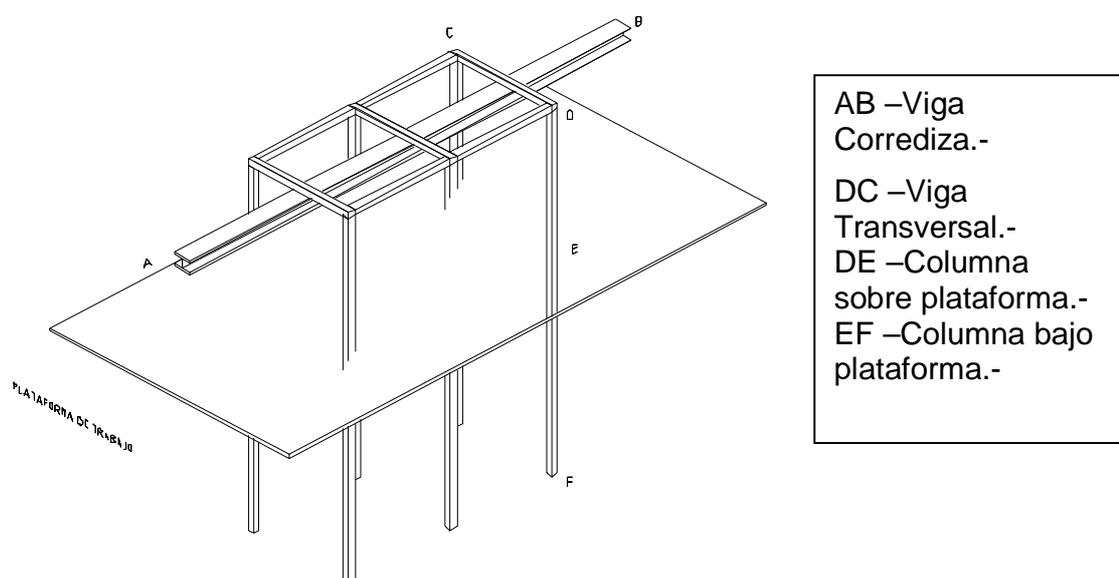
Para lograr este objetivo se ha decidido dividir la obra en tres secciones, cada una de las cuales tendrá sus propios análisis, cálculos, dimensionamiento de los elementos a utilizar y sus planos de diseño; estas partes son:

- ◆ Estructural

- ◆ Mecánica
- ◆ Eléctrica

Especificación Estructural de Grúa Corrediza.

La estructura sobre la cual se va a apoyar la grúa corrediza va a tener la siguiente forma:



AB –Viga Corrediza.-
 DC –Viga Transversal.-
 DE –Columna sobre plataforma.-
 EF –Columna bajo plataforma.-

FIGURA 6. Vista en tres dimensiones de estructura de grúa corrediza

Cabe anotar que esta estructura será construida con perfiles que utilicen acero estructural A-36,

En resumen en la parte estructural tenemos:

Tabla II Resumen de Elementos de estructura de grúa corrediza.

Elemento	Cantidad	Perfil a usar	Sección Transversal (cm ²)	Módulo Sección Transversal (cm ³)
Viga corrediza	1	IW 10 x 49		894
Vigas transversales	3	UPN 180		150
Columna de plataforma de trabajo	6	Perfil U doble 100 x 100 x 4	14.94	
Columna de cabina del horno	6	Perfil IPN 160	22,8	

Especificación Mecánica de Grúa Corrediza.

En lo referente a la parte mecánica del conjunto será necesario enfocarnos en tres puntos:

- 1.- Verificar la capacidad del malacate dado de baja, el cual va a ser usado para transmitir potencia a la grúa.
- 2.- Seleccionar el tamaño del cable metálico a usar en el malacate. Elegimos un cable de 6x19 ϕ 14mm.
- 3.- Dimensionamiento del tambor del malacate.

Especificación Eléctrica de Grúa Corrediza .

En la especificación eléctrica nos enfocaremos en dos puntos:

- 1.- Selección de tipo y dimensionamiento de elementos de arrancador eléctrico del motor.
- 2.- Selección de cable conductor para la línea de fuerza. Se elige cable de 4 * 12.

El arrancador es como sigue:

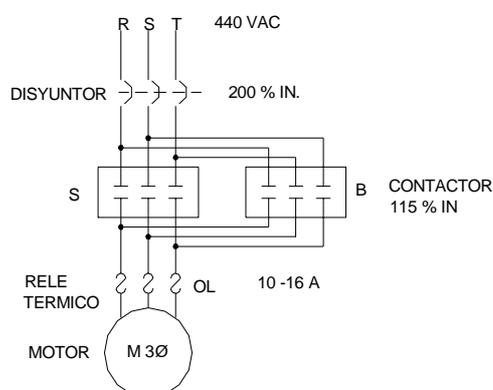


FIGURA 7. Arrancador de motor eléctrico de grúa para refractarios

3. PROCESO DE CONSTRUCCIÓN.

3.1 Implantación de la solución.

La construcción de la solución escogida en el capítulo anterior, será realizada en tres etapas:

- Construcción de la estructura de soporte de la grúa, la cual será realizada por personal externo, y bajo la dirección de la persona encargada de la realización del diseño.

- Trabajos de tipo mecánico, tales como mantenimiento del malacate, fabricación de tambor colector de cable, montaje de trolleys, serán realizados por el personal propio de mantenimiento mecánico de la empresa y bajo la dirección de la persona encargada de la realización del diseño.
- Trabajos de tipo eléctrico, que incluyen instalación de la alimentación eléctrica, del arrancador del motor y su control respectivo, serán realizados por el personal propio de mantenimiento eléctrico de la empresa y bajo la dirección de la persona encargada de la realización del diseño.

FIGURA 8. Planificación de construcción de grúa de ladrillos refractarios

Actividad	Tiempo (semanas)										
	28 Sep. – 4 Oct	5 –11 Oct.	12 – 18 Oct.	19 – 25 Oct.	26 Oc – 1 Nov.	2 – 8 Nov.	9 – 15 Nov.	16 –22 Nov.	23 – 29 Nov.	30 Nov. – 6 Dic.	
Diseño de grúa	■										
Obtención de materiales		■	■	■	■						
Contratación de mano de obra			■								
Construcción de estructura						■	■	■			
Trabajos Mecánicos						■	■	■			
Trabajos Eléctricos									■		
Pruebas con carga										■	

3.2 Organización de la construcción.

Los recursos que se necesitan para la ejecución del proyecto son: materiales, mano de obra, tiempo, todo esto asociado al respectivo costo de cada factor nombrado anteriormente.

En lo concerniente a materiales, luego de efectuarse el diseño del equipo se obtuvo un listado de requerimientos para la construcción. El listado de materiales se detalla a continuación en la tabla siguiente:

Tabla III Listado de materiales para construcción de grúa para ladrillos refractarios

Item	Descripción	Cant.	Unidad	COSTO US\$
1	Perfil en I W10x49	1	C/U	-
2	Canal 80x70x5 mm	4	C/U	-
3	Canal 100x50x4 mm	4	C/U	\$123,75
4	Perfil IPN 160	2	C/U	\$104,75
5	Pernos M16x50	16	C/U	\$6,50
6	Soldadura AWS 7018 ϕ 5/32"	12	Kg.	\$22,50
7	Pintura anticorrosiva	2	Gl	\$26.5
8	Cable de acero 5/8"	70	Mts.	\$390
9	Trolley mecánico de 2000 Kg.	2	C/U	\$398,50
10	Polea para cable con gancho	1	C/U	\$100
11	Grilletes para cable de 5/8"	4	C/U	\$10
12	Cable 4 hilos calibre 12	50	Mts.	\$55
13	Contactores 15 A, bobina 120V	2	C/U	\$56,25
14	Relé térmico 8 –12 A	1	C/U	\$32,80
15	Disyuntor de 3 polos , 30 A	1	C/U	\$38,60
16	Fin de carrera	2	C/U	\$78
17	Pulsador de marcha	1	C/U	\$9
18	Tablero OT-3	1	C/U	\$47

En lo referido a mano de obra, los requerimientos para la construcción se detallan a continuación en la tabla siguiente:

Tabla IV Requerimiento de personal para construcción de grúa para refractarios

Personal	Cant	Horas-hombre requeridas
Mecánico soldador (para estructura)	2	150
Mecánico montaje (para trabajos mecánicos)	2	100
Electricista	1	30
Encargado de proyecto	1	-

El personal está dispuesto en turnos de 8 horas diarias, cinco días a la semana, durante el periodo de tiempo que durará la construcción de la grúa.



FIGURA 9. VISTA LATERAL DEL MALACATE USADO EN LA GRÚA



FIGURA 10. VISTA SUPERIOR DE LA GRÚA

CONCLUSIONES

- De acuerdo al trabajo realizado, la grúa cumplió satisfactoriamente el propósito para el cual fue diseñada.
- En los trabajos de ingeniería tenemos que apartarnos de la solución técnicamente más apropiada por motivo de las restricciones. Por ejemplo: Uso de materiales usados que no son los más apropiados, en nuestro caso perfiles y malacate.
- El manejo de recursos (tiempo, materiales, humano) constituye una habilidad fundamental para todo ingeniero en el desempeño de su profesión.

Referencias

- a. G. Soriano, “ Caso de estudio – Construcción de grúa de dos toneladas para horno vertical Planta Huayco –Industrias Rocacem s.a.” (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral , 2000)
- b. Krick V. Edward, Introducción a la Ingeniería y al Diseño en la Ingeniería, Limusa Noriega Editores, tercera edición, México, 1994.
- c. Larburu Nicolás, Máquinas Prontuario, , Editorial Paraninfo, séptima edición, Madrid, 1995.
- d. Shigley Joseph Edward – Mischke Charles R., Diseño en Ingeniería Mecánica , McGraw – Hill, quinta edición (cuarta en español), México, 1995.