



UNIVERSIDAD MICHOCÁNA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS PROFESIONAL:

“Proceso constructivo de la nave para la ampliación de la plaza textil Mega Cuitzeo”

Que para obtener el título de
INGENIERO CIVIL

Presenta:

P.I.C. ANDRES RÍOS OCHOA

Director de tesis:

M.D.U. PEDRO ÁNGEL LÓPEZ MONROY

Morelia, Mich. Marzo 2020



UNIVERSIDAD MICHOCÁNA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS PROFESIONAL:

“Proceso constructivo de la nave para la ampliación de la plaza textil Mega Cuitzeo”

Que para obtener el título de
INGENIERO CIVIL

Presenta:

P.I.C. ANDRES RÍOS OCHOA

Director de tesis:

M.D.U. PEDRO ÁNGEL LÓPEZ MONROY

Morelia, Mich. Marzo 2020



Agradecimientos

A Dios.

A mi Esposa.

A mis Hijos.

A mis Padres.





Dedicatoria.

A todas y cada una de las personas que por sus acciones me han motivado e impulsado a crecer en cada uno de los aspectos profesionales.





Resumen.

La presente investigación recaba la información detallada de los procesos constructivos utilizados en la construcción de la plaza textil “Mega Cuitzeo”, se describen todos y cada uno de ellos, desde los métodos de mejoramientos de terreno, cimentaciones, montaje de elementos estructurales hasta la aplicación de soldadura en las conexiones. Valorando la implementación de una metodología constructiva que favorezca a las condiciones actuales de la obra apoyándose en la experiencia constructiva aportada por el ingeniero constructor, basada en cumplir los reglamentos de construcción vigentes aplicables a la obra.

Se presentan además propuestas para la optimización de las técnicas constructivas aplicadas en base a la experiencia obtenida en dicha construcción, tal que se agilicen procesos constructivos generales.

Palabras Clave:

Procedimiento constructivo, nivelación, plataformas, cimentación, estructura metálica, soldadura, columnas, cubierta.

Abstract

The present investigation collects the detailed information of the construction processes used in the construction of the “Mega Cuitzeo” textile square, each and every one of them is described, from the methods of land improvements, foundations, assembly of structural elements to the application of welds in the connections. Assessing the implementation of a construction methodology that favors the current conditions of the work supported by the construction experience provided by the construction engineer, based on complying with the current construction regulations applicable to the work.

Proposals are also presented to improve the construction techniques applied based on the experience gained in said construction, such that general construction processes are streamlined.





Keywords

Construction procedure, leveling, platforms, foundation, metal structure, welding, columns, roof.





Índice

Portada.....	i
Contraportada	ii
Agradecimientos.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Resumen.....	v
Palabras Clave:.....	v
Abstract	v
Keywords.....	vi
Índice.....	vii
Índice de figuras	x
Objetivo General	1
Objetivos específicos	1
Justificación.....	1
Área de investigación	1
Planteamiento del problema.....	2
Formulación de hipótesis	2
1.-Introducción.....	3
1.1 Descripción del predio.....	4
2. Marco teórico.....	6
2.1.- Preparación del terreno de desplante	6
2.1.1.-Desmante.....	6
2.1.2.-Despalme.....	7
2.1.3.- Capa estabilizadora y de rompimiento capilar	7
2.1.4.- Base.....	8
2.2.- Cimentación	9
2.2.1.- Suelo-cemento	9
2.2.2.- Zapata aislada	10
2.2.3.- Excavación.....	10
2.2.4.-Excavación manual.....	11
	vii





2.2.5.- Excavación mecánica	12
2.2.6.- Cimbra	12
2.3.-Nave industrial	12
2.3.1.- Columna.....	13
2.3.2.- Soldadura.....	21
2.3.3.-Armadura	22
2.3.4.- Largueros de apoyo	22
2.3.5.- Cubierta	23
3.-Estado del arte	24
3.1.- Preparación y mejoramiento del suelo.....	24
3.2.- Cimentación.....	25
3.3.-Estructuras metálicas.....	26
3.4.-Tipos y métodos de soldadura.....	26
4.-Metodología y procesos aplicados.....	29
4.1.- Preparación del terreno	30
4.1.1.- Trazo.....	31
4.1.2.- Excavación.....	31
4.1.3.- Carga y Acarreo.....	32
4.1.4.- Nivelación	32
4.2.- Mejoramiento de subrasante	33
4.3.- Proceso de mejoramiento de suelo.....	33
4.3.1.-Capa de sub-base.....	34
4.3.2.- Base.....	34
4.4.- Cimentación.....	36
4.4.1.- Habilitado de acero	36
4.4.2.- Excavación de cepas.....	36
4.4.3.-Capas de mejoramiento del suelo.....	37
4.4.4.-Zapatatas aisladas.....	37
4.5.- Elementos estructurales.....	39
4.5.1.- Columnas.....	39
4.5.2.- Trabes principales.....	40





4.5.3.- Trabes secundarias	42
4.5.4.-Armadura	43
4.5.5.- Larguero de soporte.....	45
4.5.6.- Canalón.	45
4.5.7.- Cubierta	46
4.5.8.- Fachadas	47
5. Análisis de resultados.....	48
6.- Conclusiones.....	50
7.- Anexos	52
7.1.-Anexo 1.....	53
7.2.- Anexo 2.....	55
7.3.-Anexo 3.....	57
7.4.-Anexo 4.....	62
7.5.- Anexo 5.....	66
7.6.- Anexo 6.....	71
7.7.- Anexo 7.....	73
8.-Bibliografía	77





Índice de figuras

Fig. 1. Deficiencia en el proceso constructivo de losa maciza. Nuñez G. A., Ruiz G. J. (2017)	4
Fig. 2 Sección de Excavación para alojar una zapata aislada	11
Fig. 3 Excavación manual (Fuente: SENA,2012	11
Fig. 4 Columnas en Nave Industrial	21
Fig. 5 Virtualización de armadura en proyecto	22
Fig. 6 Virtualización de largueros de proyecto en techumbre.....	23
Fig. 7 Cubierta en una estructura metálica.....	23
Fig. 8 Esquema de metodología desarrollada.....	30
Fig. 9 Excavación, carga y acarreo con excavadora 330 CAT y góndola.	32
Fig. 10 Compactación con Vibro compactador de tambor mejorando el terreno natural	33
Fig. 11 Tendido de base.....	35
Fig. 12 Zapata aislada en proceso de armado y cimbrado.....	38
Fig. 13 Maniobra de desmonte, excavación (Excavadora 330 y Tractor D8R)	54
Fig. 14 Suministro de material sub-base y tendido para plataforma.....	54
Fig. 15 Mejoramiento con base, tendido con motoconformadora.....	56
Fig. 16 Retiro de material que no cumple con la calidad necesaria	56
Fig. 17 Trazo del área de excavación	58
Fig. 18 Excavación para zapatas aisladas por medios mecánicos.....	58
Fig. 19 Habilitado de acero en zapata aislada y cimbrado de frontera.....	59
Fig. 20 Colado de Zapata Aislada con canaleta.....	59
Fig. 21 Cimbra en dados empleando grapas con varillas.....	60
Fig. 22 Zapata Aislada terminada.....	60
Fig. 23 Perspectiva general del proceso de 4 zapatas aisladas.....	61
Fig. 24 Patio de fabricación de columnas en el lado poniente.	63
Fig. 25 Conformación de cartabones en placa base.	63
Fig. 26 Conformación de Vigas proceso de alineación y escuadra de piezas.....	64
Fig. 27 Biselado a 45° en empate de vigas.	64
Fig. 28 Conformación de la plantilla para la armadura.	65
Fig. 29 Almacenamiento de arcos en sitio.....	65
Fig. 30 Traslado de vigas principales y previa colocación en columnas.	67
Fig. 31 Traslado de armadura con excavadora 330 CAT.....	67
Fig. 32 Montaje de vigas principales con grúa titán.....	68
Fig. 33 Montaje de arco en columnas con grúa Liebherr	69
Fig. 34 Trabajo extraordinarios para lograr llegar a la meta.....	69
Fig. 35 Perspectiva Frontal poniente en montaje al 85% del montaje del arco.	70

x





Fig. 36 Colocación de largueros en vigas principales.	72
Fig. 37 Colocación de flambeos en arco	72
Fig. 38 Fabricación de lámina R101 con acanaladora en campo.....	74
Fig. 39 Izaje de láminas empleando dos grúas	75
Fig. 40 Tendido de lámina pintora de 38 metros de longitud.....	76
Fig. 41 Colocación de lámina en el arcotecho.....	76



Objetivo General

El presente trabajo se realizó con la finalidad de describir de manera general los procesos constructivos utilizados en la construcción de una nave industrial.

Objetivos específicos

- Aportar material que sirva como referencia sobre los procesos constructivos que se siguen en la ejecución de una nave industrial.
- Generar líneas de investigación futuras en los procesos de construcción actuales y la dificultad que se presenta en las construcciones de este tipo, para así mejorar los diversos procesos constructivos, optimizándolos, hacerlos más prácticos y eficientes.

Justificación

La presente investigación se fundamenta en la problemática que encontramos en la práctica de los procesos constructivos aplicados en la ingeniería civil mexicana, estos se derivan principalmente debido al desconocimiento de las buenas prácticas que se requieren aplicar en la ejecución de un proyecto; partiendo de la premisa que en la enseñanza de la ingeniería civil en México se ha enfocado en su mayor parte al conocimiento teórico, dejando de lado el enfoque práctico. Esto ha generado una desconexión entre el conocimiento adquirido en las aulas y el conocimiento práctico que requieren las empresas que se dedican al área de construcción, por lo tanto, la presente investigación pretende contribuir como una fuente de información sobre la correcta aplicación de los procesos constructivos para un proyecto en específico, aportando soluciones a problemáticas encontradas dentro de un proyecto real, y enfatizando en el criterio de los ingenieros constructores.

Área de investigación

Las áreas de investigación implicadas durante el proceso de construcción de la nave industrial en cuestión son: movimiento de tierras, cimentación con zapatas aisladas,





estructura metálica a base de marcos rígidos, estructura compuesta con armadura y cubierta metálica.

Planteamiento del problema

La problemática en cualquier proceso de construcción suele ser el desconocimiento de las actividades a ejecutar por cada grupo; el seguimiento en el control de calidad de las actividades. Por lo cual se debe definir cada actividad para encontrar las deficiencias que se pueden presentar en los siguientes ámbitos:

- Aspecto técnico.
- Programación de mano obra, material, maquinaria y equipo para cada actividad.
- Capacitación y certificación del personal que ejecutara la actividad.
- Control de calidad y seguimiento de actividades.

La mala ejecución de procesos constructivos afecta la eficiencia de las actividades, especificar cada uno de ellos nos permitirá identificar la problemática y las condiciones que se encuentra, así como el planteamiento de los diferentes aspectos técnicos y prácticos que se tienen que seguir para la correcta ejecución de los mismos.

Formulación de hipótesis

El proceso constructivo es diferente para cada tipo de obra debido a que se deben considerar muchos factores como los son el tipo de construcción a ejecutar, necesidades del cliente, financiamiento, el clima, tipo de terreno, lugar de ejecución, disponibilidad de mano de obra calificada, herramientas, equipos, entre otros. Por lo cual definir el proceso de construcción antes de la realización de una obra es de gran importancia ya que nos ayudará a identificar las necesidades que deben ser atendidas y prevenir contratiempos.





1.-Introducción

Los procesos constructivos actuales son producto de los avances tecnológicos que se han implementado con el paso del tiempo, desde los equipos, materiales, mano de obra y herramientas de trabajo. Los procesos se han reglamentado con las crecientes demandas de calidad a nivel nacional e internacional, con lo cual se aplican protocolos de calidad que permiten la certificación en cada una de las actividades de los diferentes ramos de la construcción.

Debido a la amplitud existente en este campo de conocimiento, se crearon instituciones que se encargan de documentar, analizar, estudiar cada procedimiento especializándose en cada una de las áreas, con la finalidad de optimizar los recursos, mejorar la calidad y las técnicas.

A medida que las tecnologías y las investigaciones van avanzando, los reglamentos de construcción también han ido ampliándose, siendo más específicos en las necesidades que cada proyecto debe de cumplir. Actualmente los códigos de construcción son escritos por conjuntos de instituciones especializadas en los temas, a nivel nacional se tienen especificados reglamentos para cada estado, los cuales lamentablemente están desactualizados a las normativas vigentes internacionales, las normas más actualizadas en el ámbito de la construcción, asociaciones como el Instituto Mexicano de la construcción del acero (IMCA), La sociedad mexicana de ingeniería estructural (SMIE), la sociedad mexicana de ingeniería sísmica (SMIS), Sociedad mexicana de ingeniera geotécnica (SMIG), etc., son las encargadas de validar las normas de construcción y estandarizar procesos y reglamentos.

En la actualidad muchos de los procesos constructivos de se encuentran estandarizados y se debe de cumplir además con las normativas de construcción vigentes, esto con la finalidad de tener un control en la aplicación de diferentes



procesos, garantizando la aplicación correcta de los mismos, generando consigo un control en la calidad de las construcciones que se tienen a lo largo del país.

Se ha puesto énfasis en las últimas décadas en los procesos constructivos, ya que se han encontrado que muchas fallas en las construcciones se deben principalmente a procesos deficientes, como ejemplo las edificaciones afectadas por el sismo del 19 de septiembre del año 2017 en México, al cual se deben las últimas modificaciones a las especificaciones de construcción.



Fig. 1. Deficiencia en el proceso constructivo de losa maciza. Nuñez G. A., Ruiz G. J. (2017)

1.1 Descripción del predio

Según las especificaciones del estudio de mecánica de suelos: El sitio en estudio se localiza geográficamente a una altura promedio de 1841 m.s.n.m., en las coordenadas geográficas 20°04'13.65" de latitud norte y 101° 09' 32.79" de longitud oeste.



El terreno en estudio se localiza al norte del municipio, aproximadamente a 11.49 km de la Plaza Municipal de Cuitzeo, en la Carr. Federal No. 43, Morelia-Moroleón, a la altura de la Comunidad de Cuaracurio, Mpio. de Cuitzeo, Mich. Cuitzeo colinda al norte con el Estado de Guanajuato específicamente con el Mpio. De Moroleón, al poniente con Huandacareo, Copándaro, al sur con Tarímbaro y Álvaro Obregón y al oriente con Santa Ana Maya y el Estado de Guanajuato (Acámbaro). El clima que predomina en la zona en estudio es el clima Templado, de régimen térmico aproximado de 14 a 18°C y una precipitación pluvial total anual de 700 a 1,000 mm, cuya vegetación corresponde a zonas de matorrales subtropicales, localizados hacia la parte septentrional del estado, las que se caracterizan por sus cultivos de temporal. Donde topográficamente el terreno es de lomerío de ligera pendiente. En la zona en estudio el suelo está compuesto superficialmente por un mejoramiento y como terreno natural una arcilla inorgánica de alta plasticidad (CH) y subyaciendo se tiene limos inorgánicos de alta compresibilidad preconsolidado (MH).





2. Marco teórico

Los procesos constructivos van determinados por la normativa aplicable a cada una de las actividades. A continuación, se hace una breve descripción de los elementos y procesos específicos que fueron utilizados:

2.1.- Preparación del terreno de desplante

Antes de comenzar cualquier tipo de proyecto u obra es necesario hacer una visita de campo o más si es requerido, para inspeccionar visualmente el terreno en busca de detalles que puedan aportar para una buena planeación. Posteriormente a la visita de obra surge los preparativos para el terreno como los son: los accesos para el terreno, la disposición para el material a remover, la instalación de oficinas operativas, bodegas y patios de maniobras o según sea el caso.

Primeramente, se deberá adecuar el terreno para alojar la maquinaria, el material, las instalaciones, por lo cual se procede a la limpieza del terreno con las siguientes actividades;

2.1.1.-Desmante

El desmante es la remoción de la vegetación existente (...) en las áreas que estén destinadas a instalaciones o edificaciones, con objeto de eliminar la presencia de material vegetal, impidiendo daños a la obra y mejorar la visibilidad. (SCT, 2011)

Los trabajos de limpieza se deben ejecutar en toda el área. La limpieza del terreno natural inicia con el retiro de basura, escombros y desperdicios que existan en el predio. El desmante o desyerbe se debe realizar para el retiro de maleza, plantas de campo, cactus y en general toda la vegetación, sin incluir árboles, que exista en los terrenos destinados a la construcción de los edificios. (CONAVI, 2010)





El desmonte según la normativa SCT comprende de las siguientes actividades:

- Tala de árboles y arbustos.
- Corte y retiro de maleza, hierba, zacate o residuos de siembras.
- Retiro de troncos o tocones con o sin raíces.
- Limpieza y disposición final del material producto del desmonte

Nota aclaratoria: En su mayoría para el empleo de conceptos referentes a movimiento de tierras, limpieza, mejoramiento del terreno se empleó la Normativa de la SCT debido a que esta normativa mayormente me ha sido útil en la construcción de plataformas de desplante, por el proceso que sugiere y he empleado a través de los años.

2.1.2.-Despalme

El despalme debe ejecutarse en terrenos que contengan material tipo I o II. El espesor de la capa a despalar debe ser aproximadamente de 20 cm o el que especifique el proyecto (CONAVI 2010). El propósito del despalme es evitar que el material de las terracerías se mezcle con materia orgánica o con depósitos de material no utilizable.

2.1.3.- Capa estabilizadora y de rompimiento capilar

Capa de materiales pétreos seleccionados que se conforman sobre la sub-rasante de proyecto, cuyas funciones es proporcionar un apoyo uniforme a las capas de mejoramiento y soportar las cargas que estas transmiten aminorando los esfuerzos





inducidos y distribuyéndolos adecuadamente en el terreno natural. Además, nos ayuda a combatir la capilaridad.

2.1.4.- Base

Capa de materiales pétreos seleccionados (...) cuyas funciones principales son proporcionar un apoyo uniforme (...), soportar las cargas que esta le trasmite aminorando los esfuerzos inducidos y distribuyéndolos adecuadamente a la capa inmediata inferior, proporcionar la estructura para evitar deformaciones excesivas, drenar el agua que se pueda infiltrar e impedir el ascenso capilar del agua subterránea. (SCT,2012)

El proceso de mejoramiento de terreno natural y estructura del pavimento utilizando sub-base y base es el siguiente:

- Inmediatamente antes de iniciar la conformación de la capa, la superficie sobre la que se colocará estará debidamente terminada, sin irregularidades y reparados satisfactoriamente los baches que hubieran existido.
- Se buscan los bancos de material más cercano y que cumplan con las especificaciones que nos señala la normativa.
- Suministro de material de banco. Los acarreos de los materiales hasta el sitio de su utilización se harán de tal forma que el tránsito sobre la superficie donde se construirá el filtro se distribuya sobre todo el ancho de la misma, evitando la concentración en ciertas áreas.
- Se descargará el material en cantidad prefija, en tramos que no sean mayores a los que, en un turno de trabajo, se puedan tender, conformar y compactar el material.
- Se prepara el material extendiéndolo parcialmente e incorporándole el agua necesaria para la compactación, por medio de riegos y mezclados sucesivos, hasta alcanzar la humedad adecuada.





-
- Inmediatamente después del preparado del material se extenderá a lo ancho y largo de la sección y se conformará de tal manera que se obtenga una capa de material sin compactar de espesor uniforme.
 - El material se extenderá en capas sucesivas, con un espesor no mayor que aquel que el equipo sea capaz de compactar al grado indicado.
 - Compactación: Se hará longitudinalmente, de las orillas hacia el centro en las tangentes y del interior al exterior en las curvas, con un traslape de cuando menos la mitad del ancho del compactador en cada pasada. La capa extendida se puede compactar con pata de cabra y rodillo liso.
 - Que el alineamiento, perfil y sección del filtro cumplan con lo establecido en el proyecto.
 - Una vez terminada la compactación se prepara para recibir la capa superior inmediata, se recomienda dar un riego con agua y una escarificación para hacer una transición entre la siguiente capa. (SCT,2012)

2.2.- Cimentación

La cimentación es el elemento estructural cuyo propósito es transmitir las cargas de la estructura hacia el terreno natural, que presentará un sistema de esfuerzos y deformaciones que deberán ser resistidos con seguridad y sin presentar asentamientos considerables o en dado caso con asentamientos permisibles.

Se llama cimentación al conjunto de elementos estructurales que forman la subestructura, tales como zapatas, contratrabes, trabes de liga, losas, pilas, pilotes, etc. y que tienen como fin el transmitir adecuadamente al terreno, las acciones de carga permanente y accidental de una construcción. (INIFED, 2014)

2.2.1.- Suelo-cemento

El suelo-cemento es la mezcla íntima y homogénea de suelo pulverizado con determinadas cantidades de cemento portland y agua, y que luego de compactado,





para obtener densidades altas, y curado, para que se produzca un endurecimiento más efectivo, se obtiene un nuevo material resistente a los esfuerzos de compresión, prácticamente impermeable, termo aislante y estable en el tiempo. (TOIRAC,2008)

2.2.2.- Zapata aislada

Una zapata aislada es un tipo de cimentación superficial que sirve de soporte a elementos estructurales puntuales como es el caso de una columna. Por lo general son de geometría ortogonal (cuadrada o rectangular) y su armado se coloca de forma paralela a ambos planos. El refuerzo se calcula en base a las fatigas que las cargas del terreno producen en el elemento como son los esfuerzos de flexión, esfuerzo cortante y adherencia. (Barbará, 1986)

Es aquellas zapatas en la que descansa o recae un solo pilar. Encargada de transmitir a través de su superficie de cimentación las cargas al terreno. La zapata aislada comúnmente se utiliza para transportar la carga concentrada de una columna cuya función principal consiste en aumentar el área de apoyo en ambas direcciones. (ECURED, 2015)

2.2.3.- Excavación

Se entenderá por excavación al proceso de extracción de volúmenes de tierra y otros materiales. Con el objeto de conformar espacios donde se alojará la cimentación.

La excavación se ejecutará por medios mecánicos o manual, se hará de manera ordenada y a la profundidad que marque el proyecto.

Una vez realizada la excavación simple se controlará las dimensiones y los niveles utilizando mediciones de altura además de largo y ancho de excavación, se



procederá a rellenar o eliminar material para llegar a la profundidad deseada. (Sanchez, 2018)

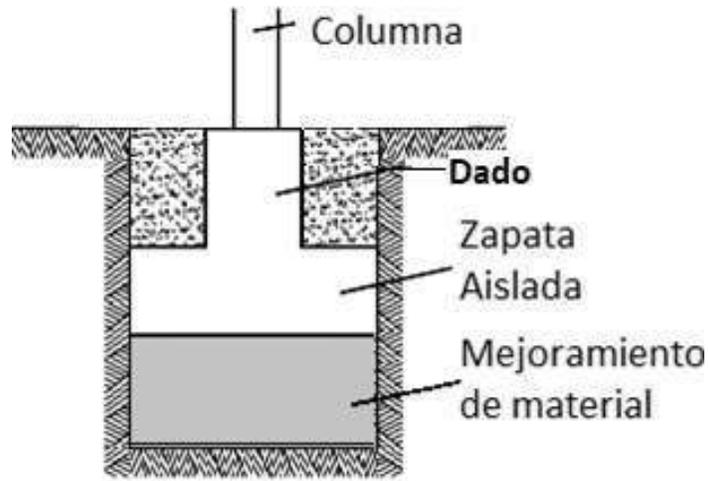


Fig. 2 Sección de Excavación para alojar una zapata aislada

2.2.4.-Excavación manual

La excavación manual se define como el proceso de retiro de material mediante el uso de fuerza física apoyado con herramientas mecánicas como son: pico, pala, carretilla, entre otros.

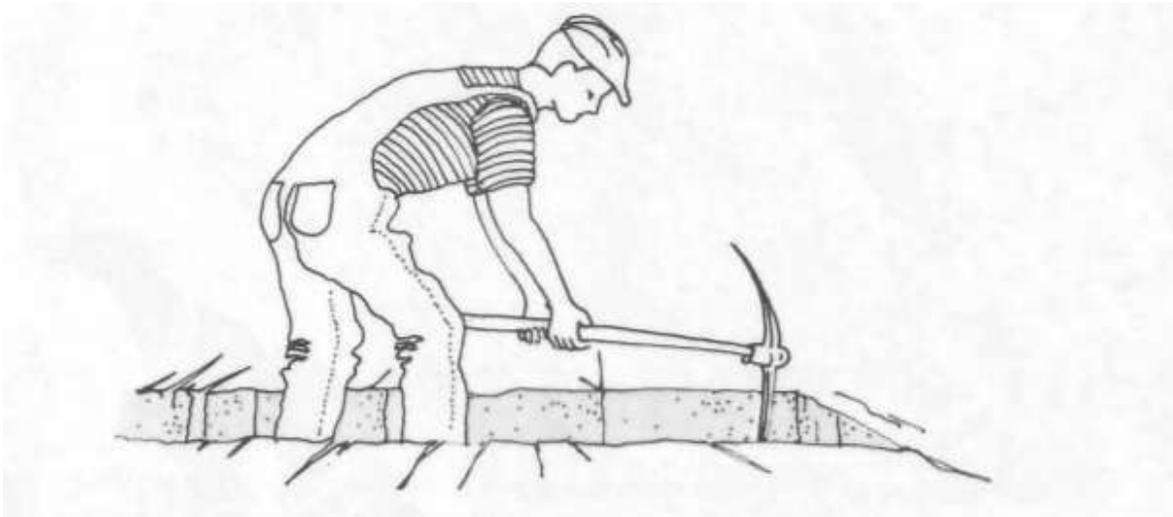


Fig. 3 Excavación manual (Fuente: SENA,2012)



2.2.5.- Excavación mecánica.

Se efectúa con equipo pesado o máquinas excavadoras. Tenga en cuenta que siempre que se está ejecutando cualquier excavación, la tierra que se saca aumenta de volumen entre un 20% a un 40% de acuerdo con la naturaleza del terreno. Por tal motivo se hace necesario colocar la tierra excavada retirada de los bordes de las excavaciones, para que no presenten peligros de derrumbes dentro de las mismas y dificulten el traslado de materiales. (SENA, 2002)

2.2.6.- Cimbra

Se conoce como cimbra aquella estructura temporal empleada para soportar el concreto fresco durante el tiempo que este tarda en alcanzar una resistencia determinada. (Código de edificación de vivienda, 2017)

2.3.-Nave industrial

Una nave industrial es un conjunto de elementos que se combinan para la construcción periférica de grandes almacenes, depósitos, plantas, etc. En la fabricación de una nave industrial se requiere de estructura metálica en techos aligerados y equipos (Gonzales, 2009)

Una nave industrial es una construcción propia para resolver los problemas de alojamiento y operación de una industria. También se define como la instalación física o edificación diseñada y construida para realizar actividades industriales de producción, transformación, manufactura, ensamble, procesos industriales, almacenaje y distribución.





Dependiendo del tipo de proceso que se vaya a realizar dentro de sus instalaciones, la geometría de las naves industriales puede ser de forma rectangular, cuadrada, en L, en H o en U. (Gonzales, 2009)

2.3.1.- Columna.

Previo al habilitado de las columnas, el proyecto ejecutivo debe contar como mínimo con la siguiente información:

- a. Plano topográfico.
- b. Planos estructurales y planos de taller.
- c. Planos arquitectónicos de plantas, secciones y elevaciones.

Se deben elaborar planos de habilitado y de montaje.

En los planos de fabricación también conocidos como planos de taller o de detalle se debe proporcionar toda la información necesaria para habilitar la columna en el taller.

Los planos de fabricación se deben preparar antes de iniciar la fabricación de la estructura.

Tanto en los planos de fabricación y de montaje como en los planos estructurales deben de indicarse el material de aporte por medio de símbolos que representen claramente, y sin ambigüedades, su posición, dimensiones, características, preparaciones en el metal base. Cuando sea necesario, esos símbolos se deben complementar con notas en el plano.

En todos los casos deben indicarse, con toda claridad, los remaches, tornillos o soldaduras que se coloquen en el taller y aquellos que deben instalarse en la obra.

Los dibujos de taller se deben hacer siguiendo la práctica más moderna y en su elaboración se tendrá en cuenta los factores de rapidez y economía en fabricación y montaje que sea significativos en cada caso.





Adicionalmente, se debe realizar lo siguiente:

- a. Analizar las características y particularidades del sitio de la obra.
- b. Zonificación de áreas para la instalación temporal de naves o áreas de fabricación en sitio, almacenes fijos o itinerantes, patios de maniobra, accesos y rutas de transportación. El proyecto de programación de obra debe considerar todos los aspectos relacionados con el montaje, desde las diferentes posiciones posibles de las grúas hasta las áreas de almacenamiento de los elementos y las diferentes fases del montaje.

Una vez previsto lo anterior, se procede al habilitado de las columnas, todo el material que se utilice en estructuras de acero debe enderezarse previamente a su utilización, excepto en los casos en que por las condiciones del proyecto tenga forma curva. El enderezado se debe hacer de preferencia en frío, por medios mecánicos, pero puede aplicarse también calor, en zonas locales. La temperatura de las zonas calentadas, medida por medio de procedimientos adecuados, no debe sobrepasar 923 K (650°C).

Los procedimientos de enderezado pueden utilizarse también para dar contraflecha a elementos estructurales que la requieran.

Inmediatamente y una vez enderezado el material se inicia la etapa del corte, los cortes pueden hacerse con cizalla, sierra, soplete, plasma, entre otros. según las dimensiones del acero; estos últimos son los más utilizados en el corte de piezas estructurales.

Los cortes con soplete requieren un buen acabado, libre de rebabas. Se admiten muescas o depresiones ocasionales de no más de 5mm de profundidad, pero todas las que tengan profundidades mayores deben eliminarse con esmeril o repararse con soldadura. Los cortes en ángulo deben hacerse con el mayor radio posible,





nunca menor de 25 mm, para proporcionar una transición continua y suave. Si se requiere un contorno específico, se debe indicar en los planos de fabricación.

Las preparaciones de los bordes de piezas en los que se vaya a depositar soldadura pueden efectuarse con soplete. Los extremos de piezas que transmiten compresión por contacto directo tienen que prepararse adecuadamente por medio de cortes muy cuidadosos, cepillado u otros medios que proporcionen un acabado semejante.

Las superficies en que se vaya a depositar la soldadura deben estar libres de costras, escoria, óxido, grasa, pintura o cualquier otro material extraño, debiendo quedar tersas, uniformes y libres de rebabas, y no presentar desgarraduras, grietas u otros defectos que puedan disminuir la eficiencia de la junta soldada; se permite que haya costras de laminado que resistan un cepillado vigoroso con cepillo de alambre, un recubrimiento anticorrosivo delgado, o un compuesto para evitar las salpicaduras de soldadura. Siempre que sea posible, la preparación de bordes por medio de soplete oxiacetilénico se debe efectuar con sopletes guiados mecánicamente.

Antes de depositar la soldadura, el metal base debe precalentarse a una temperatura suficiente para evitar la formación de grietas. Esa temperatura debe conservarse durante todo el proceso de colocación de la soldadura, en una distancia cuando menos igual al espesor de la parte soldada más gruesa, pero no menor de 75 mm, en todas las direcciones, alrededor del punto en el que se está depositando el metal de aportación.

Verificado lo anterior se procede a hacer el armado, las piezas entre las que se van a colocar soldaduras de filete deben ponerse en contacto; cuando esto no sea posible, su separación no debe exceder de 5 mm.

Si la separación es de 1.5mm, o mayor, el tamaño de la soldadura de filete se debe aumentar en una cantidad igual a la separación. La separación entre las superficies





en contacto de juntas traslapadas, así como entre las placas de juntas a tope y la placa de respaldo, no debe exceder de 1.5 mm.

En zonas de la estructura expuestas a la intemperie, que no puedan pintarse por el interior, el ajuste de las juntas que no estén selladas por soldaduras en toda su longitud debe ser tal que, una vez pintadas, no pueda introducirse el agua.

Las partes que se vayan a soldar a tope deben alinearse cuidadosamente, corrigiendo faltas en el alineamiento mayores que $1/10$ del grueso de la parte más delgada, y también las mayores de 3 mm. Siempre que sea posible, las piezas por soldar se deben colocar de manera que la soldadura se deposite en posición plana. Las partes por soldar se deben mantener en su posición correcta hasta terminar el proceso de soldadura, mediante el empleo de pernos, prensas, cuñas, tirantes, puntales u otros dispositivos adecuados, o por medio de puntos provisionales de soldadura. En todos los casos se deben tener en cuenta las deformaciones producidas por la soldadura durante su colocación. Los puntos provisionales de soldadura deben cumplir los mismos requisitos de las soldaduras finales; si se incorporan en éstas, se deben hacer con los mismos electrodos que ellas, y se deben limpiar cuidadosamente; en caso contrario, se deben remover con un esmeril hasta emparejar la superficie original del metal base. Al armar y unir partes de una estructura o de miembros compuestos se deben seguir procedimientos y secuencias en la colocación de las soldaduras que eliminen distorsiones innecesarias y minimicen los esfuerzos de contracción. Cuando no sea posible evitar esfuerzos residuales altos al cerrar soldaduras en conjuntos rígidos, el cierre se debe hacer en elementos que trabajen en compresión.

Todas las soldaduras, incluyendo los puntos provisionales, debe ser realizadas por personal calificado. Antes de depositar la soldadura deben revisarse los bordes de las piezas en los que se debe colocar, para cerciorarse de que los biseles, holguras y otros, son correctos y están de acuerdo con los planos. Una vez realizadas, las uniones soldadas deben inspeccionarse ocularmente, y se deben reparar todas las





que presenten defectos aparentes de importancia, tales como tamaño insuficiente, cráteres o socavaciones del metal base. Toda soldadura agrietada debe rechazarse. Cuando haya dudas, y en juntas importantes de penetración completa, la revisión se debe complementar por medio de ensayos no destructivos. En cada caso se debe hacer un número de pruebas no destructivas de soldaduras de taller suficiente para abarcar los diferentes tipos que haya en la estructura para formarse una idea general de su calidad. En soldaduras de campo se debe aumentar el número de pruebas, y éstas se deben efectuar en todas las soldaduras de penetración en material de más de 20 mm de grueso y en un porcentaje elevado de las soldaduras efectuadas sobre cabeza.

Después de inspeccionadas y aprobadas, y antes de salir del taller, todas las piezas que deben pintarse se limpian cepillándolas vigorosamente, a mano, con cepillo de alambre, o con chorro de arena, para eliminar escamas de laminado, óxido, escoria de soldadura, basura y, en general, toda materia extraña. Los depósitos de aceite y grasa se deben remover por medio de solventes. Las piezas que no requieran pintura de taller se deben limpiar también, siguiendo procedimientos análogos a los indicados en el párrafo anterior. A menos que se especifique otra cosa, las piezas de acero que vayan a quedar cubiertas por acabados interiores del edificio no necesitan pintarse, y las que vayan a quedar ahogadas en concreto no deben pintarse. Todo el material restante debe recibir en el taller una mano de pintura anticorrosiva, aplicada cuidadosa y uniformemente sobre superficies secas y limpias, por medio de brocha, pistola de aire, rodillo o por inmersión. El objeto de la pintura de taller es proteger el acero durante un periodo de tiempo corto, y puede servir como base para la pintura final, que se debe efectuar en obra. Las superficies que sean inaccesibles después del armado de las piezas deben pintarse antes. Todas las superficies que se encuentren a no más de 50 mm de distancia de las zonas en que se depositen soldaduras de taller o de campo deben estar libres de materiales que dificulten la obtención de soldaduras sanas o que produzcan humos perjudiciales. Cuando un elemento estructural esté expuesto a los agentes





atmosféricos, todas las partes que lo componen deben ser accesibles de manera que puedan limpiarse y pintarse.

Antes del arranque de la etapa de montaje, se deben realizar los siguientes trabajos preliminares:

- a. Inventario de elementos prefabricados.
 - i. Cantidad y codificación de los elementos prefabricados.
 - ii. Peso de los elementos.
 - iii. Tecnología de producción.
 - iv. Observaciones.
- b. Determinación del tipo de grúa y equipos auxiliares.
 - i. Grúa telescópica con rodado de neumáticos.
 - ii. Grúa con rodado de oruga.
 - iii. Grúa de tipo torre.
 - iv. Grúa especial de pórtico, mástiles y otros.
- c. Medios de almacenamiento y re-almacenamiento.
 - i. Transporte.
 - ii. Accesos.
 - iii. Almacenamiento.
 - iv. Re-almacenamiento.
 - v. Elaboración a pie de obra (in situ).
- d. Sistema de izaje.
 - i. Izaje de elementos livianos y semipesados.
 - ii. Izaje de elementos pesados.
 - iii. Izaje especial.

La selección de la grúa y los equipos o útiles auxiliares de montaje, como etapa importante y decisiva por su influencia en el resto de las etapas de montaje y en los resultados finales de la calidad del trabajo, debe tomar en cuenta lo siguiente:





-
- a. Determinar las dimensiones de los elementos más pesados, para seleccionar la grúa de mejor desempeño en función de los parámetros de costos, radio, giros y alcance de la pluma de los puntos de almacenamiento hacia la línea de montaje.
 - b. Precisar los parámetros de operación requeridos como longitud de pluma, altura, capacidad máxima de carga, radios máximos y mínimos de alcance y otros.
 - c. Elaborar un esquema para evaluar el comportamiento paramétrico de la grúa frente al esquema modular de la estructura del edificio.
 - d. Realizar un análisis de los puntos críticos y condiciones especiales de la obra, tales como líneas aéreas de energía eléctrica, construcciones existentes, infraestructura, árboles u obstáculos verticales entre otros.
 - e. Determinar, desde el punto de vista de la rapidez en el montaje, el mayor tiempo que la grúa pueda operar sin el empleo de los apoyos hidráulicos y con una longitud de pluma constante; pero sin descuidar la necesaria estabilidad de la grúa y la máxima seguridad durante su uso y operación.
 - f. Seleccionar los equipos auxiliares de montaje tales como unidades de transporte, sistema de suministro de energía eléctrica, poleas, tecles, malacates, cables, cadenas, ganchos, pasadores, estribos y otros.

Antes de realizar el izaje y montaje se deben de determinar los modos de transporte de los elementos prefabricados comunes y ligeros, se deben trasladar por medios de transporte convencionales como unidades ligeras de arrastre telescópico, camiones de plataforma y semirremolques de plataforma. Los elementos prefabricados semipesados y pesados o de grandes dimensiones, o aquellos de formas especiales, se deben trasladar en unidades especiales de transporte, tales como, tracto camiones con porta paneles, semirremolques o dollies, unidades pesadas de arrastre telescópico y otros. Para evitar sobrecostos de obra por concepto de traslado e inventarios, se deben reducir al mínimo los tiempos de almacenamiento y re-almacenamiento de los elementos prefabricados.





Posterior al transporte se procede a realizar el izaje de las columnas, para poder realizarlo se debe cumplir con las siguientes condiciones:

- a. Se prohíbe realizar tiros oblicuos, transportar elementos por encima del personal, mecer las cargas y realizar maniobras con vientos que afecten el correcto comportamiento de izaje.
- b. Todos los puntos de izaje deben estar asegurados con grilletes o ganchos. Se prohíbe asegurarlos directamente con cables.
- c. Se prohíbe emplear los mismos eslabones de la cadena portante en las eslingas de los ganchos.
- d. Los empalmes del cable deben estar asegurados, como mínimo, con tres nudos o perros de acero, a partir del punto muerto.
- e. Las eslingas de los ganchos deben colocarse hacia afuera de los puntos de sujeción del elemento.
- f. Las cargas deben estar equilibradas en cada tramo del cable o cadena de acero, para evitar sobreesfuerzos de tensión y ruptura del cable o de la cadena. (Código de Edificación de vivienda,2017)

Ya estando en el dado, se procede a dejar correctamente a plomeada la columna, esto se puede hacer con ayuda de aparatos topográficos o por métodos empíricos empleados por la experiencia de los maestros soldadores.





Fig. 4 Columnas en Nave Industrial

2.3.2.- Soldadura

El soldeo por arco con electrodos revestidos es un proceso en el que la fusión del metal se produce gracias al calor generado por un arco eléctrico establecido entre el extremo de un electrodo y el metal base de la unión a soldar. El material de aportación se obtiene por la fusión del electrodo en forma de pequeñas gotas. La protección se obtiene por la descomposición del recubrimiento en forma de gases y en forma de escoria líquida que flota sobre el baño de fusión y, posteriormente, solidifica. (AWS 1.1)

2.3.3.-Armadura

Las armaduras consisten en barras en tensión y elemento esbeltos tipo columna, usualmente dispuesto en forma triangular. Las armaduras planas se componen de miembros situados en el mismo plano y se usan a menudo para puente y techo, mientras que las armaduras espaciales tienen miembros en tres dimensiones y son apropiadas para grúas y torres. (Gonzales, 2009)



Fig. 5 Virtualización de armadura en proyecto

2.3.4.- Largueros de apoyo

Para soportar el peso de la lámina se utiliza unas vigas ligeras que denominamos largueros de apoyo. Para resolver los esfuerzos provocados en estas vigas se puede diseñar como armaduras pequeñas o como vigas prefabricadas sección monten o canal y si los claros son demasiado largos dos montenes o dos canales formando una sección de cajón. (Gonzales, 2009)

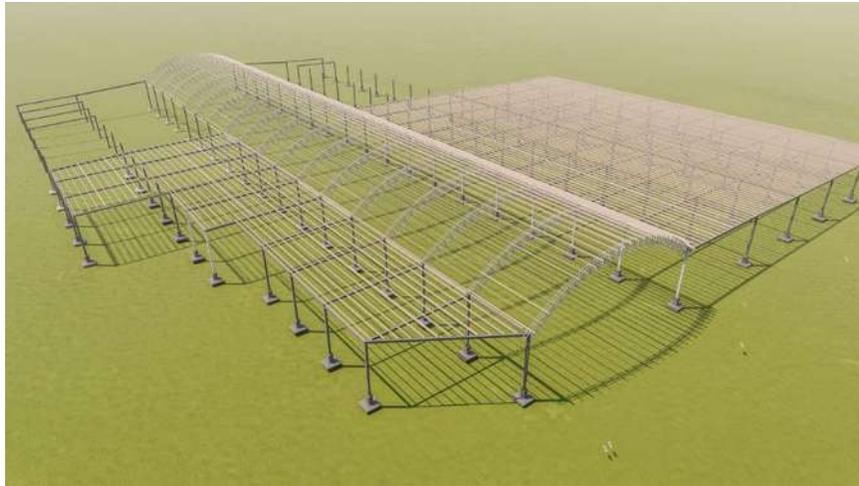


Fig. 6 Virtualización de largueros de proyecto en techumbre

2.3.5.- Cubierta

Se define por cubierta al conjunto de elementos estructurales que componen el cerramiento superior de una nave industrial y reciben la cubierta metálica o laminas.

En las naves industriales la techumbre o cubierta se hace con los elementos ligeros, usándose lámina ligera de diferentes tipos y todas ellas tienen una característica que es el poco peso.



Fig. 7 Cubierta en una estructura metálica



3.-Estado del arte

3.1.- Preparación y mejoramiento del suelo

Antes de aplicar un método de mejoramiento es importante definir qué aspectos del subsuelo se quieren modificar (...) Asimismo, hay que considerar la posibilidad del mejoramiento sea un proceso reversible, es decir, que el subsuelo pueda volver a tener sus condiciones mecánicas originales, en caso de requerirse. (RANGEL, 2010)

Para el mejoramiento de la cimentación se empleará una capa rompedora de capilaridad o drenante, posteriormente la capa superior será de suelo-cemento. “La capa drenante es una capa construida con materiales granulares de una determinada granulometría, (...) permite el flujo del agua subterránea, evitando las presiones neutras.” (SCT. 2011)

El material graduado que se coloca como filtro: “permite el paso del agua y permite su paso franco a través de él, impidiendo al mismo tiempo el arrastre de las partículas finas del suelo por proteger, previniendo su erosión, que puede provocar inestabilidad estructural. (SCT. 2001)

La normativa aplicable para este tipo de material cumplirá con la CMT: “Características de los materiales, Filtro, donde se aplicará las pruebas de calidad, la granulometría recomendada, la manera de almacenamiento y los criterios de rechazo” (SCT. 2001)





3.2.- Cimentación

Las cimentaciones pueden ser clasificadas de acuerdo a diferentes criterios, los cuales serán útiles si permiten identificar con precisión los elementos que transmitirán las cargas al suelo, así como el mecanismo de falla del suelo de cimentación, para la aplicación del método de cálculo adecuado, pero la forma más común de clasificar las cimentaciones es en función de la profundidad de los estratos a los que se transmite la mayor parte de las cargas que provienen de la construcción. (CRUZ, 2008)

En estos términos, tenemos la siguiente clasificación: Cimentaciones Superficiales con zapatas aisladas. Como su nombre lo indica, son aquéllas que se construyen sobre estratos resistentes superficiales, donde por lo general no se requiere de maquinaria pesada ni procedimientos constructivos especiales y su diseño no acepta esfuerzos de tensión, teniendo suficiente capacidad para resistir las cargas de la estructura. (CRUZ, 2008)

En este grupo se encuentran las zapatas que son ensanchamientos de la sección de la columna o muros con los que se distribuye la carga de éstos a un área mayor de suelo. Las zapatas pueden ser aisladas (bajo una sola columna), combinadas (bajo dos o más columnas) o corridas (bajo un muro o una contratrabe). Otro tipo de cimentación somera está constituido por las losas de cimentación en las que el apoyo se realiza sobre toda el área de la construcción. (CRUZ, 2008)

Conviene que las zapatas aisladas bajo columnas sean cuadradas en planta, ya que ésta es la forma para la cual los momentos flexionantes son menores, se recurrirá a forma rectangular sólo cuando las condiciones del predio impidan extenderse en alguna dirección o cuando la columna transmita, además de carga





axial, momentos flexionantes importantes. A este respecto hay que señalar que la zapata no es un elemento eficiente para transmitir al suelo momentos flexionantes de consideración, ya que ello implica aumentos importantes en el tamaño de las zapatas lo cual las hace ineficientes. (CRUZ, 2008)

3.3.-Estructuras metálicas

El uso de estructuras metálicas en la construcción de naves industriales se ha consolidado como una habitual estrategia de diseño debido a la versatilidad de soluciones que se pueden idear, mismas que presentan un alto grado de ingenio y esbeltez (Ormea, 1977).

“La constructibilidad (en inglés “constructability”) consiste básicamente en incorporar personas con experiencia y conocimiento de construcción en las etapas de un proyecto, de modo que mejore la actitud constructiva de una obra, debido a que la constructibilidad apunta hacia una ejecución más eficiente de los proyectos de construcción. (BRENA et al, 2002)

Para la construcción de la nave comercial a base de estructura metálica se realiza la construcción en 3 etapas principales, Cimentación, Estructura y Cubierta. Aplicando la constructibilidad se incorpora gente especializada en cada área para ejecutar de manera más eficiente y en menor tiempo.

3.4.-Tipos y métodos de soldadura

El tipo de electrodo utilizado es muy importante, y afecta decididamente las propiedades de la soldadura tales como resistencia, ductilidad y resistencia a la corrosión. Se fabrica un gran número de diferentes tipos de electrodos, y el tipo por utilizar en cierto trabajo depende del tipo de metal que se suelde, la cantidad de material que se necesita depositar, la posición del trabajo, etc. (BRENA et al, 2002)





Dentro de los electrodos más comunes tenemos la serie de electrodos ASTM A233 clase E60 y E70 entre ellos encontramos los siguientes recomendados para estructuras metálicas y elementos estructurales: Clasificación AWS: E 6011 electrodo para acero de carbono. Toda posición. Corriente continua, electrodo positivo, Corriente alterna. Revestimiento: blanco. Punto: Azul Características: Alta velocidad de soldadura. Eficiencia de depósito del metal superior al 70%. Gran facilidad de encendido, manejo del arco y firmeza en la copa. Excelente penetración. Fácil remoción de escoria. Produce un arco firme y estable, no afectándolo en corriente continua el fenómeno conocido por “soplo magnético”. USOS: “Este electrodo es apto para ser utilizado en todas las aplicaciones de soldadura de acero dulce, sobre todo cuando es necesario soldar en posición vertical o sobre cabeza, por su escoria de rápida solidificación” (BRENA et al, 2002).

Clasificación AWS: E 7018. Electrodo para aceros al carbón. Con hierro en polvo. Toda posición. Corriente continua. Electrodo positivo. Revestimiento: Gris Es un electrodo de bajo contenido de hidrógeno y resistente a la humedad. Está especialmente diseñado para soldadura que requiere control de radiográficos en toda posición. Su arco es suave y la pérdida por salpicadura es baja (BRENA et al, 2002).

Procedimiento para soldar: Para soldaduras de filetes horizontales y trabajos de soldadura en sentido vertical ascendente, debe usarse un arco corto. No se recomienda la técnica de arrastre. En la soldadura en posición sobre la cabeza debe usarse un arco corto con ligero movimiento oscilatorio en la dirección de avance. Debe evitarse la oscilación brusca del electrodo (BRENA et al, 2002).





Para asegurarse de una buena soldadura en un trabajo determinado, debe seguirse tres pasos: 1) establecer buenos procedimientos de soldadura, 2) usar soldadores calificados, y 3) emplear inspectores competentes en el taller y en la obra (BRENA et al, 2002).

Para lograr una buena soldadura existen una serie de factores entre los que pueden mencionarse la selección apropiada de electrodos, corriente y voltaje; propiedades del metal base y de aportación; posición de la soldadura. La práctica usual en los trabajos grandes es emplear soldadores que tienen certificado que demuestren su calificación. Una buena soldadura se aproximará a su color original después de enfriarse. Si se ha calentado demasiado, tendrá un tono mohoso a apariencia rojiza. Existen diversos métodos para determinar la calidad interna o sanidad de una soldadura. Estos métodos incluyen: tinturas penetrantes y partículas magnéticas, ensayos con ultrasonido y procedimientos radiográficos, los cuales permiten descubrir defectos internos tales como porosidades, falta de fusión o presencia de escoria. Todos los aparatos soldadores y los operadores de los mismos que vayan a ser empleados bajo estas especificaciones, deberán ser calificados previamente por medio de pruebas, según está ordenado en el apéndice D, partes II y III de la AWS D 2.0.

Las pruebas realizadas a la soldadura son del tipo no destructivo a base de líquidos penetrantes y se ejecutan con base a la norma. (NMX-B-133-CANACERO-2009)

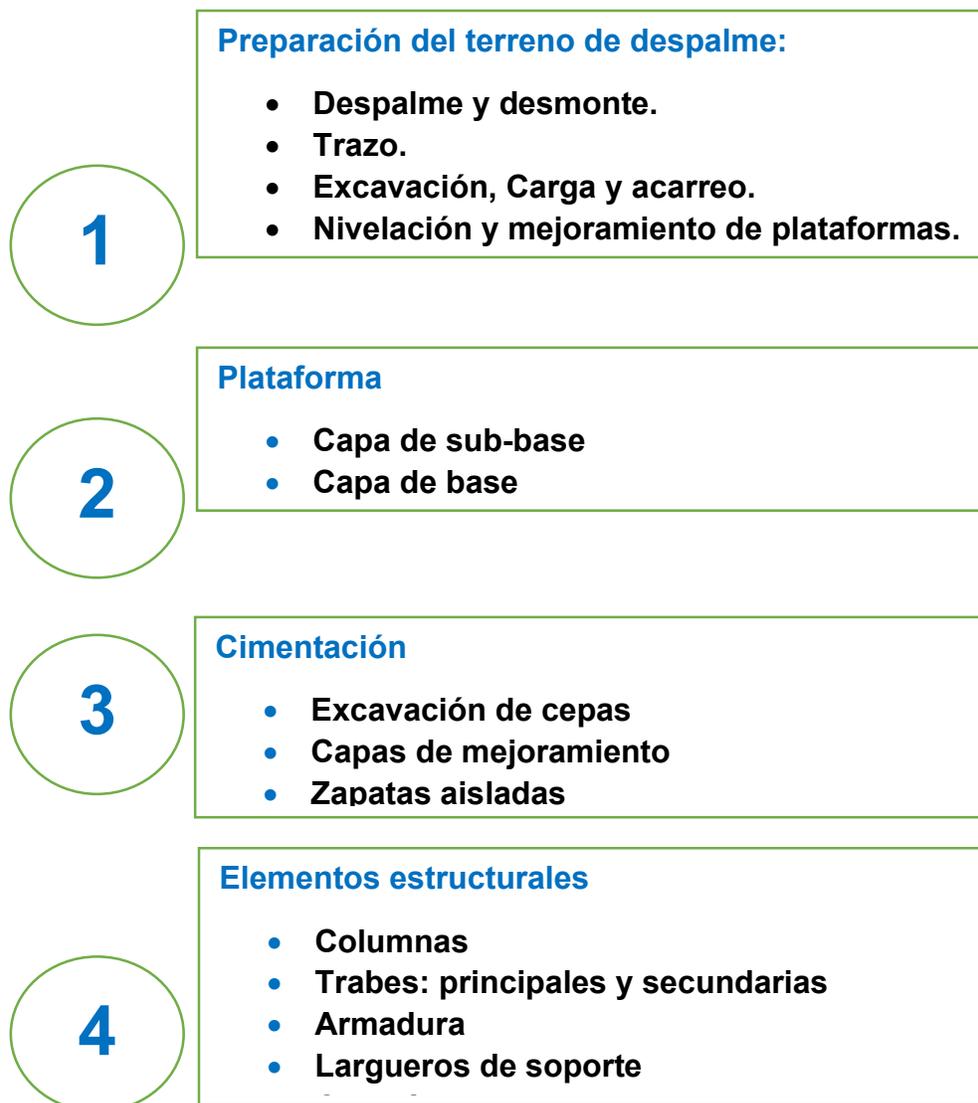




4.-Metodología y procesos aplicados

Esta metodología se realiza en base a distintas normas, lineamientos y leyes de construcción, analizando con criterio de eficiencia fundamentado en la experiencia que he adquirido a lo largo de mi trayectoria como constructor. Rescatando los pasos de mayor interés, reforzándolos y determinado los niveles técnicos y de calidad exigibles.

La metodología se compone de las siguientes secciones: preparación del terreno de despalme, plataforma, cimentación, columnas, traveses de ligadura, traveses principales, armadura, largueros o soportes, canalón, bajadas de agua pluvial, cubierta, fachada.





Otros

- **Canalón**
- **Bajadas de agua pluvial.**
- **Cubierta**
- **Fachada**

Fig. 8 Esquema de metodología desarrollada.

4.1.- Preparación del terreno

Este punto involucra a los trabajos previos a cualquier construcción, es la limpieza y trabajos pertinentes que se le aplican al terreno, de tal manera que el área esté libre de elementos que contaminen los trabajos posteriores. De acuerdo a esta metodología, los procedimientos necesarios se describen a continuación:

Para el desarrollo de los procesos constructivos se hicieron trabajos previos, principalmente de limpieza y desmonte, se hicieron de manera manual y por medios mecánicos, se utilizó un tractor empujador sobre orugas (D8R), y herramientas manuales. Para el acarreo de la maleza y los arbustos se utilizaron camiones de volteo, totalmente cubiertos con lonas, que evitaron la contaminación.

Inmediatamente terminado el proceso de desmonte se hizo el despalme, con la ayuda del mismo tractor empujador, y una motoniveladora, para poder obtener un terreno más estable y nivelado, se implementó un nivel óptico marca Bosch, marcando los niveles a secciones cerradas.





4.1.1.- Trazo

Ya que se limpió todo el terreno y se encontraba totalmente accesible, se procedió a hacer el trazo de donde se alojaría la plaza. El trazo siempre debe de ir acompañado de un conjunto de planos donde se establece la orientación, las dimensiones y posición de los elementos mediante cotas, ejes y retículas.

Además de los planos del proyecto, se requiere el plano topográfico actualizado del predio en el que se emplaza la construcción, preferentemente realizado digitalmente. Por ello se hizo con la ayuda de una estación total marca TopCon el modelo es Cygnus 2LS, y sus accesorios, se realizó el levantamiento topográfico, se trazaron los ejes y se establecieron bancos de nivel para la plataforma y los movimientos de tierras.

4.1.2.- Excavación

Inmediatamente que se ha trazado, se procede con las excavaciones que alojaran la plataforma, la excavación se puede hacer por medios mecánicos, con excavadoras, retroexcavadoras, moto conformadora o tractores, etc.

Para este caso en particular se realizó la excavación de un cajón con el mismo espesor de las capas de mejoramiento para que el nivel terminado coincida con el nivel de la plaza. Esta excavación se hizo con ayuda de maquinaria pesada como lo son excavadora, motoconformadora y cargador frontal. El material obtenido se acarrió con la ayuda de camiones completamente cubiertos con lonas para evitar contaminar o caído de material.



Debido a que material existente de la plaza son arcillas expansivas de alta plasticidad según el estudio de mecánica de suelos, se le hizo una previa compactación y nivelación, para poder alojar la capa siguiente.

4.1.3.- Carga y Acarreo

Los residuos producto del despalme, desmonte y de la excavación se cargaron con la ayuda de excavadoras, se cargan y transportan en vehículos con cajas cerradas y protegidos con lonas que impiden la contaminación del entorno o que se derramen.



Fig. 9 Excavación, carga y acarreo con excavadora 330 CAT y góndola.

4.1.4.- Nivelación

Se hizo en conjunto con la excavación y con la finalidad de dejar el terreno uniforme en cada capa colocada, respetando los niveles de proyecto y considerando un nivel terminado al final de la compactación, ya que el abundamiento puede afectar la uniformidad de la superficie se deben de verificar los grados de compactación y la humedad óptima para lograrlos, la nivelación se puede hacer con la ayuda de aparatos topográficos como son GPS en caso de requerir puntos de control que ayuden a determinar alturas sobre el nivel del mar y posicionamiento geográfico en base a satélites, estación total para replanteo de niveles en puntos estratégicos del proyecto y nivel óptico para pasar niveles con base a los bancos establecidos.

4.2.- Mejoramiento de subrasante

Una vez nivelado se proceden los trabajos de mejoramiento de la subrasante, los trabajos se hacen por medios mecánicos, de maquinaria pesada como: motoniveladora, excavadora y vibro- compactador, para adición de agua se utilizan pipas. En este punto comprende del retiro o adición de materiales, la mezcla, humedecimiento o aeración, compactación y perfilado final.



Fig. 10 Compactación con Vibro compactador de tambor mejorando el terreno natural

4.3.- Proceso de mejoramiento de suelo

Este punto involucra la incorporación de varias capas con diferentes espesores de materiales, el proceso constructivo se presenta a continuación:

Se empleó la normativa de la SCT que describe las características de los materiales (CMT) en cuanto a movimiento de tierras, mejoramiento de material, filtro y base debido a que en la experiencia adquirida en estos años han sido las normativas que mejor resultado han generado en los proyectos ejecutados.

Se usaron los bancos de material cercanos a la obra que cumplieran con la calidad establecida y exigida por el proyecto.



Una vez verificado lo anterior se programó el transporte del material del banco a la obra, se comenzó con el vaciado y tendido del material, se hizo de manera que los volúmenes de material fueran suficientes para el área a cubrir, calculando las distancias a las que debían de realizarse la deposición del material de cada viaje, tirando de manera gradual y no excediendo el espesor necesario, para que al momento de compactar el material logre tener el espesor de proyecto, cuidando además que fuese de tal manera que la motoniveladora tuviera el mayor rendimiento posible, inmediatamente después del tirado, la motoniveladora precedió a extender el material, se humedeció el material para mayor manejabilidad y mejor compactación, se compacto con la ayuda de un rodillo de tambor, de manera longitudinal y haciendo los empalmes de manera correcta para evitar escalonamientos, hasta llegar a la compactación establecida en el proyecto.

4.3.1.-Capa de sub-base

Para la colocación de la capa de sub-base se siguieron las instrucciones anteriormente mencionadas, el filtro se compone de granulometría con un porcentaje no mayor al 5% de partículas finas y un tamaño máximo no mayor a 1 ½” de diámetro según la norma de calidad de los materiales, capítulo de filtros (N·CMT·3·04·001/05), en esta norma se pueden consultar las gráficas de zona granulométrica recomendable, así como los requisitos de calidad que debe de cumplir el material, esta información es de gran ayuda al momento de la selección de los bancos que suministrarán los materiales.

4.3.2.- Base

Lo principal en la colocación de capas de mejoramiento es el material, ya que, aun teniendo un proceso adecuado, la calidad del material puede afectar la estabilidad de la superficie, por este motivo yo recomiendo apegarse a las calidades



establecidas por la normativa y a las zonas de granulometría recomendable. En algunos casos el material cumple con la calidad, pero la curva granulométrica se encuentra desfasada de la zona recomendable, aquí es donde el criterio del ingeniero puede resolver el problema ya que se puede combinar material de la granulometría deficiente para hacer que la gráfica de la granulometría se apegue a la zona recomendada, esto mismo viene como recomendación en la norma. Este tipo de decisiones evitan gastos innecesarios en transporte de material, porque traerlo desde un banco que cumpla en granulometría y calidad deseada puede aumentar el gasto de los recursos de tiempo y costo.

El proceso constructivo utilizado es el descrito anteriormente en el apartado de mejoramiento de suelo. Para el caso de la base específicamente se debe de tener un buen control de calidad y seguimiento de lo establecido en la normativa ya que esta capa que se encarga de soportar los esfuerzos ocasionados por las cargas en la carpeta asfáltica y transmitirlos a la siguiente capa, por esto mismo es que el material utilizado es de mejor calidad que el de capas inferiores.



Fig. 11 Tendido de base



4.4.- Cimentación

Este apartado comprende el conjunto de trabajos realizados para la obtención de la subestructura que deberá ser capaz de soportar las solicitaciones de la estructura y transmitir correctamente los esfuerzos al suelo, para la nave industrial que se construyó, se eligieron zapatas aisladas perfectamente diseñadas y proyectadas, a continuación, se presenta el proceso constructivo:

4.4.1.- Habilitado de acero

La cimentación se inició con el habilitado del acero empleado, principalmente se revisaron los planos del proyecto ejecutivo, para verificar dimensiones de las piezas a cortar, posteriormente se cortaron las piezas de las barras corrugadas (varillas), se utilizó herramienta menor y manual, tal es el caso de los corta pernos o comúnmente llamadas “cizalla”. Debido a que el plano especificaba algunos dobleces, se procedió a hacerlos en las piezas que lo requirieron, todos ellos se realizaron con herramienta menor manual comúnmente llamada llave grifa dobladora, en esta parte se debe tener un buen control de las medidas ya que se tiene que considerar la longitud de desarrollo de los dobleces, revisar que sean realizados de acuerdo a lo especificado en el plano y especificaciones del proyecto, además de siempre tener en cuenta que las longitudes de los dobleces cumplan con lo mínimo establecido en la normativa vigente.

4.4.2.- Excavación de cepas.

La excavación se hizo por medios mecánicos con la ayuda de una retroexcavadora marca Caterpillar modelo 416C, se le marcaron los niveles correspondientes con la ayuda de un nivel óptico marca Bosch, el perfilado y afinado se realizó de manera manual.





4.4.3.-Capas de mejoramiento del suelo

Debido a que en el sitio se presentan suelos poco estables, se incorporaron capas estabilizadoras, la primera capa colocada es una capa de filtro que sirve para romper la capilaridad del agua, esta capa se construyó con ayuda de la retroexcavadora, vertiendo el material en la excavación y realizando una ligera compactación para reacomodar el material, verificando el nivel terminado con ayuda del nivel.

La segunda capa es una capa de base estabilizada con cemento que mejora las capacidades mecánicas y plásticas, su fabricación se realizó con ayuda de la planta dosificadora, vertiendo la mezcla en el hueco de la zapata y compactando la capa por siguiente se debe de colocar los armados de las zapatas alineando con ejes de referencia a base de varillas y reventón.

4.4.4.-Zapatas aisladas

Inmediatamente y una vez posicionado el armado, las zapatas se cimbraron con elementos de madera como es regularmente usado en construcción de elementos de concreto, se amarraron las piezas con ayuda de alambre recocido y se apuntalaron con la ayuda de polines de madera, respetando las medidas de proyecto y los espaciamientos para el recubrimiento.

Una vez colocado el armado y la cimbra, se deben de colocar las anclas de colled rolled respetando la posición donde van a ir ancladas a la placa de base de la columna, esta posición se aseguró con una plantilla de madera con la misma forma de la placa base, colocada en el nivel de proyecto verificado con el nivel óptico y referenciado a un banco de nivel.



La mezcla de concreto se hizo con la planta dosificadora situada en obra, se vertió en la cimbra de madera, vibrando la mezcla con ayuda de un vibrador para concreto, esto ayuda a que el concreto se amolde uniformemente en la cimbra evitando que queden huecos, además el elemento tendrá un terminado monolítico, el vibrado es muy importante para un buen comportamiento de los elementos y en caso de no contar con uno se puede varillar constantemente la mezcla.



Fig. 12 Zapata aislada en proceso de armado y cimbrado



4.5.- Elementos estructurales.

Este apartado comprende los procesos de la construcción de todos los elementos estructurales: columnas, vigas, largueros, armaduras, etc. A continuación, se describe cada uno.

4.5.1.- Columnas

Se pidieron los planos de taller y se hizo un reconocimiento del lugar para poder alojar el taller donde sería habilitadas las piezas, tales como columnas, vigas, y largueros.

Con la ayuda de los planos se verificaron medidas y se seleccionaron las piezas para posteriormente continuar con el proceso de fabricación.

Se cortan las piezas a medida y como lo marcaba la selección de las piezas, se hizo con la ayuda del equipo de oxiacero; trazando la línea de corte con una tiza, encendiendo la boquilla y regulando los gases, calentando el material en la línea mencionada y realizando el corte manteniendo el fuego en uno de los extremos hasta que se funde el metal y se va recorriendo sobre la línea marcada de manera que el material fundido y el calor de la llama fundan el acero aledaño, colocando la dirección de 45 grados la llama para realizar biselado y a 90 grados para corte normal. Este proceso se hizo de manera correcta siguiendo cuidadosamente los pasos que nos marcó la metodología empleada.

En algunos elementos se necesitó empatar 2 piezas para lograr la altura necesaria en las alturas mayores; para realizar los empates se debe de dejar un elemento con bisel por tratarse de elementos estructurales y según especificaciones de proyecto, de esta manera la soldadura une los elementos en toda la sección de unión. Primero se alineaban los elementos y se dejaba una separación establecida en los detalles estructurales (1/8"), para la alineación se colocaban varillas perpendiculares al largo de los elementos, de ellas se agarraba un hilo que sirve para medir la separación y verificar que los elementos se encuentren completamente alineados.





Para la unión de los elementos el proceso de soldadura SMAW básicamente son 3 etapas: fondeo, relleno y vista.

Una vez conformada la columna se pasa al área de pintura donde se le aplica el recubrimiento anticorrosión y se mantiene en secado un mínimo de 24 horas antes del montaje

Para el montaje de las columnas se utilizó una grúa tipo hiab, con él se cargaba la pieza, se trasladaba del patio a la zona de montaje y se colocaba en la zapata, se plomeaba con ayuda de la estación total y se sujetaba con las tuercas en las anclas.

Elementos adicionales a las columnas: Los HSS llevan unidos aditamentos para la unión y la estabilización del elemento, dichas piezas son las placas con las que se atornilla en las anclas y cartabones que son estabilizadores. Se unen a la columna por medio de soldadura, siguiendo el proceso mencionado anteriormente para empate.

Para la revisión de soldadura se utilizó una prueba no destructiva que consiste en la inspección con líquidos penetrantes y se basa en la capilaridad de los líquidos: limpiando la zona a revisión con cepillo, colocando el líquido penetrante, después removiendo el sobrante y aplicando el revelador para observar las imperfecciones. Respetando el proceso y tiempos establecidos.

4.5.2.- Trabes principales

El manejo de control de calidad del acero viene determinado por su composición química y proceso de fabricación manejado por los proveedores cumpliendo con estándares internacionales. Se solicitará al vendedor la información de número de colada y fechas de fabricación, así podemos indagar si la pieza es auténtica y de la calidad indicada.

Las vigas o trabes principales son elementos a base de perfiles IR (IPR o W) colocadas sobre las columnas que se unen a las zapatas, las vigas tienen diferentes





peraltes según el claro de proyecto. Se le denomina trabes principales ya que las mismas conforman los marcos metálicos.

Para su conformación se empleará pruebas de calidad no destructivas a la soldadura a base de líquidos penetrantes y realizados con base a la norma NMX-B-133-CANACERO-2009

Se cortan las piezas a medida con equipo de oxicorte; trazando la línea de corte con una tiza, encendiendo la boquilla y regulando los gases, calentando el material en la línea mencionada y realizando el corte manteniendo el fuego en uno de los extremos hasta que se funde el metal, se va recorriendo suavemente sobre la línea marcada de manera que el material fundido y el calor de la llama fundan el acero aledaño, colocando la dirección de 45 grados la llama para realizar biselado.

En algunos elementos se necesitó empatar 2 o más piezas para lograr la distancia necesaria entre claros mayores a 12 metros; para realizar los empates se debe de dejar un elemento con bisel por tratarse de elementos estructurales y según especificaciones de proyecto, de esta manera la soldadura une los elementos en toda la sección de unión.

Primero se alineaban los elementos y se dejaba una separación establecida también en detalle estructural, para la alineación se colocaban varillas perpendiculares al largo de los elementos, de ellas se colocaba un hilo que sirve para medir la separación y verificar que los elementos se encuentren completamente alineados, la alineación se realizaba con escuadras y criterio visual, para indicar pandeos laterales en caso de traer algún defecto de fábrica.

Para la unión de los elementos se empleó el proceso de soldadura SMAW (soldadura en arco) consta como se mencionó anteriormente de 3 etapas: fondeo, relleno y vista.





4.5.3.- Trabes secundarias

Las trabes secundarias son elementos que conectan columna con columna rigidizando el sistema de marcos, dichos elementos se construyeron de la siguiente manera:

Se empataron los montenes con cordones de soldadura a cada 50 cm, utilizando el inversor con porta electrodos, regulando el amperaje y con ayuda de un escantillón se sostuvo la pieza para aplicarle la soldadura.

Se cargaron en la grúa paquetes de 6 elementos, y se trasladaron a la zona de montaje.

Se cargó la montenería en la grúa al lugar de montaje.

Para la maniobra de izaje, la pieza se aseguró con una cuerda de un lado cuidando la dirección al momento de subirlo.

En la techumbre las cuadrillas de montadores recibieron las piezas. Realizaron la alineación de las piezas y se aplicaron puntos de soldadura en las piezas a los clips para asegurarlas.

Para la techumbre las piezas se montaron y aseguraron punteando las piezas en ambos extremos, los refuerzos laterales (clips) se colocaron después.

Se limpió la zona donde se aplicó la soldadura, retirando la escoria restante de la soldadura con un cincel y se recubrió de pintura de esmalte anticorrosión con rodillo pequeño.

Durante el proceso de montaje se requirió empatar piezas que no habían llegado en el embarque. Para el proceso de colocación en el arco se requirió gente especializada en el montaje de cubiertas circulares.

En el proceso de montaje los encajonados se colocaron a cada tercio de claro en la techumbre; para el montaje en arco fue del centro del arco y luego al tercio de cada lado.





Para el arco, en claros mayores a 12.5 metros se colocó 9 montenes encajonados, previendo la flexión en los montenes por la longitud en los claros.

4.5.4.-Armadura

La armadura fabricada es tipo arco, para generar la cuerda inferior y la altura. Se conformará con 2 tipos diferentes de perfil de PRT. Donde las cuerdas serán de elementos de mayor tamaño y los elementos de montantes y diagonales serán menores.

La armadura es “*el alma*” y elemento estructural más importante de toda la ampliación por ser el elemento estético que se visualiza desde adentro y fuera de la plaza.

Para la conformación de la armadura se tiene que tener bien definido las secciones de la armadura, realizando un levantamiento topográfico de la existente.

Se verificará la calidad y procedencia de los elementos estructurales de PTR realizando pruebas con el vendedor antes de adquirir las piezas, mediante el número de colada y verificación de la información.

Primeramente, se elaboró una plantilla fijada en el suelo, se empleó perfiles metálicos a base de PTR. Para el armado de los arcos se dará forma a las piezas, punteando únicamente los ptr’s para evitar que el soldeo afecte la forma.

Las piezas se soldarán correctamente con electrodos E7018 según planos de taller. El proceso constructivo consistió en aplicar fuerza mecánica con ayuda de un malacate conectado algún elemento metálico anclado al suelo. Para la conexión entre piezas se soldó alrededor de la pieza según especificaciones de planos de taller y se encofró mediante placas de igual espesor que el PTR. El corte de los elementos se realizó con una cortadora con disco

Fabricada la cuerda inferior, se coloca los elementos verticales con el PTR de menor peralte, se puntean los elementos y se verifica las medidas antes de proceder a





resoldar. Se coloca la cuerda superior realizando el rolado de la misma manera que la cuerda inferior. Posteriormente se colocaron las diagonales y se procedió a resoldar.

Para el arco antes del montaje se colocaron los elementos de refuerzo vertical (CLIPS). Para unir las dos armaduras se coloca PTR del mismo espesor que las cuerdas que conectaran nodo con nodo a lo largo de las dos cuerdas (Superior e Inferior). Se verificó las medidas durante todo el proceso con ayuda de la plantilla y para la soldadura se aplicó la prueba de líquidos penetrantes garantizando un buen control de calidad.

Posteriormente la pieza se trasladó al patio de pintura donde se dio terminación a la pieza aplicando varias capas de pintura de esmalte blanco anticorrosivo con ayuda de una máquina compresora.

Para el proceso de transporte una vez terminado de secar, se colocó sobre la pala de la excavadora. La excavadora 330D de Caterpillar estiro el brazo y la pluma alcanzo una elevación superior a los 8 metros se colocó el arco con ayuda de una grúa tipo titán sobre la pala. La armadura se soldó a la pala con ayuda de una placa de mayor espesor a la cuerda. Para garantizar la estabilidad vertical se reforzó con ayuda de un malacate sujetando la cuerda superior a la pala de la excavadora.

Posteriormente se trasladó la pieza a la zona de izaje. La grúa de 50 Toneladas levanto la pieza con ayuda de su pluma y 3 tiras de eslingas de gran longitud. Colocando la cuerda inferior en las columnas donde una placa tipo silleta y ángulos de montaje recibieron el elemento.

Posteriormente alineado y a nivel la armadura se procede a resoldar los elementos metálicos y a colocar los ligues para la estabilidad vertical.





4.5.5.- Larguero de soporte

- Al igual que las traveses de ligadura principalmente se habilitan y arman, se coloca soldadura con separación de 50 cm.
- Se habilitan los llamados clips, que son los elementos que conectan a los largueros con vigas principales.
- Cuando es necesario se hacen empates de los montones, se hacen con la ayuda de dos placas para unirlos en el interior.
- Una vez listos con las medidas requeridas, se llevan al área de pintura donde se les colocará el recubrimiento anticorrosivo, se dejará secar por un periodo de 24 horas.
- El montaje se hará con la ayuda de grúas y mano de obra.

4.5.6.- Canalón.

El canalón es un elemento para recolectar el agua de lluvia, conformado de lámina lisa calibre 24 doblado en la forma de un canal rectangular que se sujeta en la montenería.

La función de este elemento es para captar el agua de lluvia y dirigirla a las bajadas de agua pluvial ubicadas en los extremos.

Proceso constructivo:

El material se verificó y corresponde a las especificaciones de proyecto; lámina lisa pintada calibre 22, con medidas de 4 pies (ft) x 10 pies (ft). Se revisó que el material no contenga óxido.

Se enumeraron las piezas correspondientes a cada canalón y se marcaron las líneas (vértices) del canalón.

Antes de realizar el doblado se recortó un centímetro por piezas de canalón para generar la pendiente a lo largo. (Esquema 11 y 12 en Anexos)





Se realizó el doblado de las piezas una a una respetando la numeración en que serían colocadas. Para el doblado se empleó una máquina de doblado de 10ft que usando el contrapeso permite doblar lamina hasta calibre 18.

Terminado un tramo de canalón se juntaron en paquetes de 10 piezas, se montaron a la grúa para transportarse a la zona de colocación y posterior se hizo el izaje.

Las piezas se colocaron sobre la montenería y se fijaron con pijas auto roscantes de 1" (también conocida como auto taladrante) con arandela de 5/8", se fija a cada 50 cm y doble pija en el traslape.

El traslape de cada lamina es de 10cm, se fijó con pijas a cada 4 o 5 cm, se protegió la junta con silicón Diuretan blanco quedando totalmente sellado.

Las bajadas de agua pluvial se conformaron a partir de lámina lisa haciendo la forma de un tubo de 8".

Para el sellado se aplicó clousure, material que tiene como función el sellado entre la lámina R101 y el canalón. El clousure tiene la misma forma del perfil y es de polímero resistente al calor y al agua.

4.5.7.- Cubierta

Para la conformación de la cubierta metálica que se alojara sobre las vigas principales. Se deberá verificar las medidas y elementos que marca el proyecto. Las medidas de separaciones entre los montenes que recibirán la lámina, la instalación del canalón de lámina y las descargas de agua pluvial.

La cubierta se conformará de largueros tipo monten a cierta distancia y en cada claro se tendrá 2 refuerzos de monten en cajón. Cada monten y refuerzo en cajón llevara refuerzos laterales a partir de placa, soldadas entre los montenes y la viga. Además, se habilitará cada 2 pasillos y en la periferia canalones, donde la montenería tendrá una separación menor con la finalidad de soportarlo.

Los montenes se encontrarán reforzados lateralmente empleando flambeos a partir





de perfiles metálicos y soldados entre cada monten.

La cubierta metálica será de lámina pinto R-101. Para su fabricación se rolará la lámina lisa con ayuda de una maquina especial para el tipo de perfil, será fabricada en obra en diferentes longitudes que van desde los 9 metros hasta los 38 metros de longitud. Para su fabricación y transporte se contará con ayuda de mano de obra y/o grúas según el tamaño de la lámina. Para las maniobras de izaje se empleará dos grúas con eslingas, en esta maniobra se debe considerar las condiciones climatológicas presentes, la cantidad de láminas a subir no deberá exceder la capacidad de carga de la montenería. La lámina se encontrará fijada con pijas auto taladrantes que estarán fijadas a los montenes y con pijas tipo lap que unirán lámina con lámina en el hueso de las mismas.

4.5.8.- Fachadas

Las fachadas se conformarán de lámina pinto R101 colocada en una estructura metálica en forma de marcos a partir de PTR. La lámina pinto que se empleara se fabrica de la misma manera para la cubierta. Se fijará con pijas y la estructura metálica se soldará a la montenería y a los montenes encajonados.

La estructura metálica contara con refuerzos en diagonal realizado con perfiles de ángulo colocados a cierta distancia y soldados a la montenería. En la parte superior de la lámina se colocará un capuchón a partir de lámina lisa doblada en campo y se fijará con pijas y silicón a la estructura metálica.





5. Análisis de resultados.

La compra del material establecida mediante un programa de entregas con base a los avances de obra estimados por los programas establecidos fue una parte fundamental que ayudó a que no se tuvieran retrasos por culpa de falta del material, por esto mismo se recomienda analizar este tipo de acuerdos con los proveedores previo al inicio de la construcción.

Durante el mejoramiento del terreno en el que se desplanta la estructura se debe de tener especial cuidado con apoyo del residente y el topógrafo para una coordinación de las máquinas y descargas del material de manera que el material se descargue en puntos estratégicos en los que sea requerido sin excedentes ni faltantes, eso agiliza el proceso de tendido del material y se puede lograr calculando los volúmenes requeridos por áreas determinadas. si se sabe cuánto material se requiere en volumen incluyendo abundamientos, se sabe específicamente a que distancia se deben realizar los tiros. Además de verificar la humedad y grados de compactación de manera que el avance sea uniforme y con seguimiento de las actividades que se pueden ejecutar en simultaneo.

Otro de los aspectos que ayudaron a la optimización de tiempos fue el habilitado de todas las piezas requeridas para la estructura, en esta área ubicada en el patio se contó con personal capacitado para revisiones de calidad en los procesos de soldadura y armado de las piezas, además de destacar que el contratar personal que cuenta con las certificaciones requeridas (oficiales con certificación 3G en caso soldadores en patio) optimiza los tiempos en los que se producen las piezas.

El proceso de laminado como pudo apreciarse en su descripción fue uno de los aspectos que más rendimiento tenían al contar con una máquina roladora con la que teníamos a nuestra disposición piezas de las dimensiones que fueran requeridas, tal es el caso de la fabricación de piezas de 38 metros de largo con las que se aprovecharon tiempos muertos de las grúas para su colocación. Mismo proceso hubiera tardado más del doble de tiempo si se dependiera de proveedores





debido al transporte de la lámina además de que en el mercado las medidas son estándar y aumentaría también la mano de obra requerida para su colocación.

La coordinación de los residentes es un completo reto y la planeación es el punto clave para lograrlo, de tal manera que los procesos fueran realizados en el menor tiempo posible, pasando de una etapa a otra, un ejemplo de ello es la estimación de habilitado de piezas para realizar el orden de que piezas pintar en función de los avances del montaje.

La organización de todas las actividades ejecutadas en simultaneo no es nada sencillo por lo mismo no se escatimó en la contratación de residentes de obra con amplia experiencia en el área que tenían a cargo, además de supervisión constante de los procesos llevados a cabo tanto interna como externamente para asegurar el apego a las especificaciones del proyecto.

El estilo de vida de los trabajadores también afecta los rendimientos de ejecución por lo que siempre se estuvo al pendiente de que contaran con la alimentación adecuada y se establecieron reglas internas de supervisión del personal con las que al evitar que los trabajadores se estresaran y no trabajaran bajo la influencia de alcohol o drogas se evitaron accidentes en una obra que se estimaba para 8 meses y se ejecutó en 3 meses.





6.- Conclusiones

Dentro del desarrollo de este documento se ha expuesto el proceso constructivo de la ampliación de la nave industrial existente, el cual puede servir de base para la construcción de distintas naves industriales y de diferentes índoles, el proceso puede ser empleado. así como la exposición de la problemática encontrada en el proyecto y de las acciones que se tomaron para solucionarlas, así como algunas recomendaciones obtenidas de la experiencia sé que obtuvo de la construcción.

Para tener éxito en cualquier obra civil, es necesario tener un buen proyecto ejecutivo, una buena planificación del proceso constructivo, programa de obra, dado que nos ayudará de manera eficiente en las actividades, y además tener el control bajo cualquier anomalía o imprevistos.

Podemos describir al proceso constructivo, como las fases o etapas ordenadas que se siguen para llevar a cabo correctamente una construcción. Es imprescindible tener planificado de manera general el proceso constructivo, ya que nos optimizará de manera considerable las actividades y nos aportará los planteamientos necesarios para tener control de las actividades que se realizan.

La calidad de los materiales es sumamente importante, ya que esto regirá a que el proceso y ejecución sea eficiente y rápido, así como el suministro de los mismos. La verificación adecuada de la calidad de los materiales en los procesos constructivos, es una labor fundamental, debido a que, por las características propias de la construcción, es muy complicado.

Es importante precisar que la metodología que se emplee en cualquier obra, de cualquier índole, se debe cumplir y llevar a cabo, ya que esto nos genera un proceso de mejora evolutiva en los procesos optimizando tiempos.





Partiendo de los resultados obtenidos de esta obra es necesario hacer mejoras que se puedan ejecutar en proyectos posteriores, ya que como se mencionó ocurren eventos imprevistos, los cuales se pueden prever y evitar.

El tiempo de ejecución relativo, ya que el avance depende de la experiencia del ejecutor y el equipo que lo conforma.

Muchas veces en las obras el tiempo de ejecución es muy importante, la realidad es que la experiencia aporta un papel fundamental en la optimización de tiempos de obra sin embargo, el estandarizar procesos constructivos de manera adecuada y precisa evitaría que la experiencia fuese un papel determinante en cada construcción, por lo que líneas futuras de investigación deben estar enfocadas en comparativas de diferentes procesos de construcción, a fin de estandarizar procesos específicos para obras en general.





7.- Anexos





7.1.-Anexo 1



Maniobra de desmonte empleando tractor para empuje de material D8R marca CAT, excavación de excedente con tractor D8R marca CAT



Fig. 13 Maniobra de desmonte, excavación (Excavadora 330 y Tractor D8R)

Suministro de material para sub-base y tendido en plataforma, posteriormente se acarrea el material orgánico y vierte en el banco de tiro, seguido se trae otro viaje de material de base y repite el proceso (Volteo de 14m³)



Fig. 14 Suministro de material sub-base y tendido para plataforma



7.2.- Anexo 2



Proceso de escarificado, incorporación y tendido de material inerte con el terreno natural para elaboración de la sub-base.



Fig. 15 Mejoramiento con base, tendido con motoconformadora

El material acamellonado no cumplió con la granulometría y fue necesaria la incorporación de grava triturada de 1 ½" para cumplir con los rangos establecidos por la norma.



Fig. 16 Retiro de material que no cumple con la calidad necesaria



7.3.-Anexo 3



Trazado de área de excavación para zapata aislada empleando cal, marcando el área previamente replanteada con estación total marcando los vértices.



Fig. 17 Trazo del área de excavación

Excavación de cepas con excavadora 330 CAT y el material producto de la excavación es colocado en el camión de volteo de 14 m³.



Fig. 18 Excavación para zapatas aisladas por medios mecánicos.

Habilitado y armado de acero de zapata aislada, colocando la cimbra de frontera, se aprecia el vibrador para el concreto. Se emplea un sistema de cimbrado rápido con varillas de apoyo para que el proceso de descimbrado sea muy rápido y se pueda emplear el mismo material.



Fig. 19 Habilitado de acero en zapata aislada y cimbrado de frontera

Colado de parrilla de zapata aislada empleando se fabrica una canaleta con el material existente en la obra para el colado. Durante el proceso se vibra el concreto para un acomodo homogéneo del material



Fig. 20 Colado de Zapata Aislada con canaleta.

Para el cimbrado de los dados se emplean grapas de varilla para su rápido cimbrado y descimbrado únicamente retirando las grapas, se retiran con mucha facilidad.



Fig. 21 Cimbra en dados empleando grapas con varillas.

Zapata aislada finalizada con placa y anclas ya colocadas y listas para recibir la columna, se procede a rellenar la zona de excavación con material mejorado y compactando en capas de 25 a 30 cm.



Fig. 22 Zapata Aislada terminada

Proceso de preparación de 4 zapatas, la primera zapata lleva el proceso más avanzado debido a que deberá estar preparada en menos de 48 horas para recibir la columna. La segunda zapata se colará en un máximo de 2 horas, la tercera zapata se prepara el habilitado del dado y la cuarta se terminó el proceso de mejoramiento del suelo. Este procedimiento se ejecuta según se vayan colocando las columnas y las vigas por lo cual se le da mayor prioridad a las zapatas cuyas columnas que están programadas, primeramente. Nota: La retroexcavadora abastece de todos los insumos de material y herramienta necesaria acortando los tiempos de traslado de material.



Fig. 23 Perspectiva general del proceso de 4 zapatas aisladas.



7.4.-Anexo 4



Conformación de columnas, patio de fabricación donde se aprecia el equipo de oxicorte (tanque de gas L.P. y oxígeno), plantas de soldar. Se emplean las mismas columnas como bancos de apoyo.



Fig. 24 Patio de fabricación de columnas en el lado poniente.

Proceso de soldadura en cartabones de apoyo en placa base, los cartabones se colocan después de dar alineamiento vertical a la columna, se coloca soldadura alrededor cuidando los niveles de temperatura.



Fig. 25 Conformación de cartabones en placa base.

Conformación de vigas principales, en la imagen izquierda se verifica la alineación de los 2 elementos con ayuda de un reventón colocado en los extremos; en la imagen derecha se verifica la escuadra antes de proceder a la soldadura de penetración que unirá los dos elementos.



Fig. 26 Conformación de Vigas proceso de alineación y escuadra de piezas

Para el empate entre vigas según proyecto, la soldadura debe de ser de penetración completa, las dos piezas a empatarece deben estar esmeriladas y una de las piezas debera tener un bisel a 45° para una mejor sujección en la soldadura, la separación entre ambos elementos sera de $1/8''$ y se soldaran las piezas en tres etapas.



Fig. 27 Biselado a 45° en empate de vigas.

Proceso de conformación de arco (armadura a dos puntos), primeramente se fabrica el escantillo (plantilla) como se muestra en la imagen izquierda generando el arco con apoyo de PTR en forma vertical y posteriormente para dar la curvatura se emplea un malacate mecánico aplicando fuerza sobre las cuerdas dando el rolado del elemento como se muestra en la imagen derecha.



Fig. 28 Conformación de la plantilla para la armadura.

Posteriormente los arcos se mueven al área de resoldado y se almacenan en patio antes de pasar al proceso de aplicación de pintura anticorrosiva.

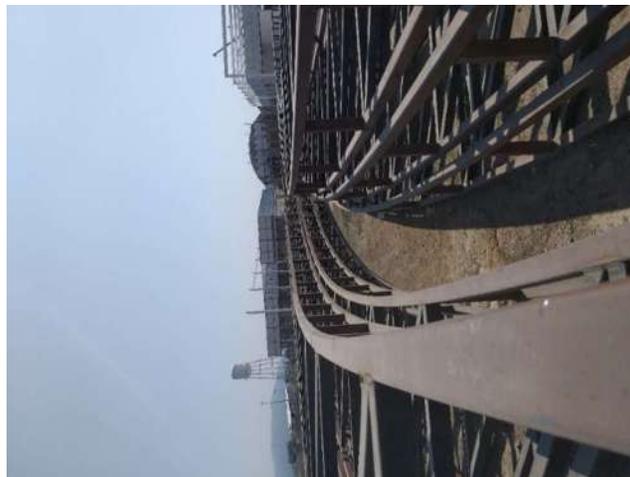


Fig. 29 Almacenamiento de arcos en sitio.



7.5.- Anexo 5



Las vigas se trasladan del patio de pintura a la zona de colocación con ayuda de una grúa articulada y posteriormente se realiza la maniobra montaje con la grúa titán, la estación total tiene la función de verificar la alineación del elemento y la alineación vertical y horizontal.



Fig. 30 Traslado de vigas principales y previa colocación en columnas.

El traslado de arco a la zona de montaje se empleó la excavadora debido a que a la longitud de su brazo permite una altura superior a la del arco, para montarla se emplea una grúa titán y se coloca sobre el brazo soldando a las placas de la excavadora. Una de las mayores maniobras de la obra.



Fig. 31 Traslado de armadura con excavadora 330 CAT.

Debido a los tiempos de entrega se emplearon varias grúas y cuadrillas de montadores para la colocación de las vigas principales. Logrando colocar de 8 a 10 elementos diarios con su respectivas uniones con soldadura.



Fig. 32 Montaje de vigas principales con grúa titán

Colocación de arco por medios mecánicos, la grúa roja es una grúa liebherr con capacidad de 50 toneladas capaz de levantar el arco de la excavadora y montar la pieza sobre las dos columnas, la grúa blanca tipo titán levanta los montenes encajonados que se colocan como apoyo lateral de los arcos.



Fig. 33 Montaje de arco en columnas con grúa Liebherr

Por cuestiones de Tiempos de entrega se realizaban maniobras de montaje desde la madrugada hasta el anochecer llegando a montar de 2 a 3 arcos diarios.



Fig. 34 Trabajo extraordinarios para lograr llegar a la meta.



Fig. 35 Perspectiva Frontal poniente en montaje al 85% del montaje del arco.

Perspectiva del avance del 85% en la colocación de los arcos, los arcos colocados llegan a tener hasta un claro de 40 metros y una altura de 8 metros y la altura de montaje llega a superar los 30 metros.



7.6.- Anexo 6



Largueros colocados en las vigas principales, previamente resoldados y posteriormente pintados en el área donde se aplicó soldadura.



Fig. 36 Colocación de largueros en vigas principales.

Colocación de refuerzo en largueros en el arco, para lo cual se colocaron flambeos con ángulos empleando una escalera marina que se sujeta a los montenes encajonados, se previa dejar un claro sin monten para transportar la lámina.



Fig. 37 Colocación de flambeos en arco



7.7.- Anexo 7



Fabricación de lámina con maquina acanaladora montada sobre una plataforma rodante que permite mover la maquina a los puntos clave donde se suministrara la lámina, los burros hechos de PTR sostienen las láminas fabricadas, la medida de cada pieza se puede hacer al gusto teniendo laminas desde 9 metros hasta 38 metros de longitud. Debido a que la maquina produce la lámina en sitio nos permite suministrar en cualquier momento del día.



Fig. 38 Fabricación de lámina R101 con acanaladora en campo

Para la maniobra de izaje de lámina a la zona de tendido se empleó la ayuda de las 2 grúas, previendo mantener alejado los brazos de los cables de media tensión, subiendo paquetes de láminas de más de 30 metros de longitud.



Fig. 39 Izaje de láminas empleando dos grúas

Tendido de láminas en la cubierta metálica, extendido piezas de gran longitud. Dejando el espaciado adecuado para la colocación de lámina acrílica en los claros designados según proyecto.



Fig. 40 Tendido de lámina pinto de 38 metros de longitud

Colocación de lámina en arco, se colocó en 5 tiras de lámina de 10 metros de longitud para la fácil maniobrabilidad de las piezas.



Fig. 41 Colocación de lámina en el arcotecho.



8.-Bibliografía

BRENES MENA JIMMY R., MORALES MADRIZ GABRIELA, MUÑOZ MOLINA. (2002). "LOGÍSTICA DEL SITIO DE CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE PROCESO CONSTRUCTIVO PARA NAVES INDUSTRIALES". FECHA DE CONSULTA 11:30-26-09-2019, DE INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN PROGRAMA DE LICENCIATURA SITIO WEB: <HTTPS://REPOSITORIOTEC.TEC.AC.CR/BITSTREAM/HANDLE/2238/255/TESIS.PDF?SEQUENCE=1&ISALLOWED=Y>

ECURED. (2015). LOSA DE CIMENTACIÓN. 2019, DE ECURED ENCICLOPEDIA CUBANA, FECHA DE CONSULTA 10:30-26-09-2019, SITIO WEB: HTTP://WWW.ECURED.CU/LOSA_DE_CIMENTACI%C3%B3N

CONAVI, CODIGO DE EDIFICACIÓN DE VIVIENDA (2010). GOBIERNO FEDERAL, SEGUNDA EDIFICIÓN.

CRUZ GARCÍA CLAUDIA. (2008). TESIS. CONSTRUCCÓN DE LA CIMENTACIÓN DEL ESTADIO DE FÚTBOL EN LA CIUDAD DE GUADALAJARA. MÉXICO, D.F.: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

SCT. (2011). CTR. CONSTRUCCIÓN. MÉXICO: SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. N-CTR-CAR-1-01-001/11

DR. JOSÉ LUIS RANGEL NUÑEZ. (2010). CIMENTACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SUELO PARA VIVIENDA. FECHA DE CONSULTA 10:37-26-09-2019, DE SMIE (SOCIEDAD MEXICANA DE INGENIERÍA ESTRUCTURAL, A.C.) SITIO WEB: HTTP://WWW.SMIE.ORG.MX/SMIE_ARTICULOS/SI/SI_10/TE_01/AR_02.PDF

NORMAS Y ESPECIFICACIONES PARA ESTUDIOS, PROYECTOS, CONSTRUCCIÓN E INSTALACIONES (2015), INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES (SCT). (2011). CAPAS





DRENANTES. EN N-CTR-CAR-1-03-011/00. CONSTRUCCIÓN (PÁG. 1). MEXICO, D.F.: SCT.

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES. (2001). FILTRO. EN N-CMT-3-04-001/05. CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES (PÁG. 1). MEXICO, D.F.: SCT.

GONZALES FLORES FABIOLA, ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA NAVE INDUSTRIAL PARA UNA PLANTA DE RECICLAJE DE DESECHOS SOLIDOS, BAJO EFECTOS DE SISMO Y VIENTO CON EL CRITERIO DEL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES DEL D.F. Y SUS NTC. Y EL MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES DE LA COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD. TESIS (2009), INSTITUTO TECNOLOGICO NACIONAL

TOIRAC CORRAL, JOSÉ (2008). EL SUELO-CEMENTO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN. CIENCIA Y SOCIEDAD, XXXIII (PÁG. 4). [FECHA DE CONSULTA 26 DE SEPTIEMBRE DE 2019]. ISSN: 0378-7680. DISPONIBLE EN: <HTTP://WWW.REDALYC.ORG/ARTICULO.OA?ID=870/87012672003>

IMCA, INSTITUTO MEXICANO DE LA CONSTRUCCIÓN DE ACERO, A.C. (2015). MANUAL DE CONSTRUCCIÓN EN ACERO. MEXICO, D.F.: LIMUSA.

SOCIEDAD AMERICANA DE INGENIEROS MECÁNICOS. (2002). EJEMPLOS DE USO DE CÓDIGOS Y NORMAS PARA LOS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA MECÁNICA Y OTROS CAMPOS. MEXICO, D.F.: ESME.

MABASA. (2018). CUBIERTAS METALICAS. 2019, DE MABASA. FECHA DE CONSULTA 26 DE SEPTIEMBRE. SITIO WEB: <HTTPS://MABASA.COM.MX/CUBIERTAS-METALICAS/>

FABIÁN DEJTIAR. "GUÍA DE TECHOS: 26 TIPOS DE TEJAS, CHAPAS Y MEMBRANAS PARA CUBRIR PROYECTOS DE ARQUITECTURA" 11 ABR 2018. ARCHDAILY MÉXICO. ACCEDIDO EL 26 SEP2019.





[HTTPS://WWW.ARCHDAILY.MX/MX/890692/GUIA-DE-TECHOS-26-TIPOS-DE-TEJAS-CHAPAS-Y-MEMBRANAS-PARA-CUBRIR-PROYECTOS-DE-ARQUITECTURA](https://www.archdaily.mx/mx/890692/guia-de-techos-26-tipos-de-tejas-chapas-y-membranas-para-cubrir-proyectos-de-arquitectura) ISSN 0719-8914

ASBESTOS Y ACEROS RECUBIERTOS. (2015). ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LÁMINA R-101. 2019, DE ASBESTOS Y ACEROS RECUBIERTOS SITIO WEB: [HTTPS://IRP-CDN.MULTISCREENSITE.COM/CE18B51F/FILES/UPLOADED/PDF%20GALVANIZADOS.PDF](https://irp-cdn.multiscreensite.com/ce18b51f/files/uploaded/pdf%20galvanizados.pdf)

JESSICA PAOLA ALVAREZ RUIZ. (29 MAYO 2013). CUBIERTAS Y TECHOS. FECHA DE CONSULTA: 26-09-2019, 28 SEPTIEMBRE 2019, DE POLITÉCNICO COLOMBIANO SITIO WEB: [HTTPS://SITES.GOOGLE.COM/A/ELPOLI.EDU.CO/INFOCUBIERTAS/HOME/HE](https://sites.google.com/a/elpoli.edu.co/infocubiertas/home/herramienta-maquinas--equipos)
[RRAMIENDA-MAQUINAS--EQUIPOS](https://sites.google.com/a/elpoli.edu.co/infocubiertas/home/herramienta-maquinas--equipos)

ASTM A233, WITHDRAWN 1970: SPECIFICATION FOR MILD STEEL COVERED ARC-WELDING ELECTRODES

NUÑEZ GAONA ABDIEL, RUÍZ GARCÍA JORGE, “OBSERVACIONES DERIVADAS DEL SISMO PUEBLA-MORELOS (MW =7.1) DEL 19 DE SEPTIEMBRE DE 2017 EN LA ZONA EPICENTRAL”, CONFERENCIA INFORMATIVA, FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, UMSNH. 2017.

