

95  
2º



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

" PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS PARA LA  
FABRICACION DE POSTES DE CONCRETO  
EMPLEADOS EN LA DISTRIBUCION DE ENERGIA  
ELECTRICA "

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A:**

**ALFONSO SANCHEZ GUZMAN**



MEXICO. D.F.

SEPTIEMBRE 1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-039/95

Señor  
**ALFONSO SANCHEZ GUZMAN**  
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **ING. LORENZO OCTAVIO MIRANDA CORDERO**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

**"PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS PARA LA FABRICACION DE POSTES DE CONCRETO EMPLEADOS EN LA DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA"**

- INTRODUCCION**
- I. GENERALIDADES SOBRE LA FABRICACION DE POSTES DE CONCRETO REFORZADO**
  - II. NORMAS Y ESPECIFICACIONES, EMPLEADAS PARA SU FABRICACION**
  - III. MATERIALES EMPLEADOS**
  - IV. PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS**
  - V. CONTROL DE CALIDAD**
  - VI. ANALISIS DE COSTOS**
  - VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
Cd. Universitaria, a 30 de marzo de 1995.  
EL DIRECTOR.

  
ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/RCR\*nl

## DEDICATORIA

A mi madre con todo mi amor y gratitud por todos los esfuerzos y sacrificios que hizo para que yo lograra esta meta.

A mi esposa Gabriela por el apoyo y comprensión que me ha brindado en todo momento a lo largo de estos años.

A mis hijos Sofía Belem y Luis Ángel que son la inspiración de mi vida con todo mi amor.

A Sofía Lagunas (qepd) por todo el amor que me brindo.

A mis suegros Sr. José Jiménez y la Sra. María Medina por todo su apoyo que me han dado.

A mis hermanos con afecto.

A mi cuñado Alejandro con afecto.

A todas aquellas personas e instituciones que fueron parte fundamental en mi formación tanto personal como profesional, en especial a las siguientes personas: la profesora Lucía Pérez Sandoval, el ingeniero Yukihiko Minami Koyama, el ingeniero Raúl Parrilla Luna, el ingeniero Joaquín Gutiérrez Guerra y al profesor Arturo Aguilar Cuevas a todos ellos mi más profundo agradecimiento y respeto por todas las enseñanzas que me dieron.

A mis tías Concepción, Adolfa y Félix con cariño.

A mi tío Vicente

A mis amigos Tomás Gómez Arias, al ingeniero Alfredo Arenas y al ingeniero José Rodríguez González por su gran amistad.

## **Reconocimiento**

**Agradezco muy sinceramente a las personas quienes directa o indirectamente me ayudaron con su colaboración en la conclusión de esta tesis.**

**Al ingeniero Carlos Alberto Guevara de León por su asesoría apoyo y sugerencias que fueron fundamentales en la elaboración de este trabajo, ya que sin su ayuda, éste hubiera sido muy complicado terminarlo a él mi más grande agradecimiento y respeto.**

**Al ingeniero Lorenzo Octavio Miranda Cordero por haberme concedido tiempo para dirigirme esta tesis.**

**A los arquitectos Luis Ignacio Orozco Juárez y Jorge Fernández por la información proporcionada que fue parte importante para la realización de este trabajo.**

**A los señores Hector Hernández Amezcua y Lucio Benitez Chávez por el material proporcionado que fue de mucha utilidad en el desarrollo de esta tesis.**

**A los ingenieros Ismael Castro Coronel y José Luis Salinas Barreto por haberme permitido usar las instalaciones del Sector Foráneo Xochimilco para la elaboración de esta tesis.**

**A la coordinación de Análisis Gráfico por todas las facilidades que me dio para la realización de esta tesis.**

**Al Departamento de Mecánica de la División Ciencias Básicas de la Facultad de Ingeniería por las facilidades que me dieron para concluir este trabajo.**

**A mi amigo Marcelino Gutiérrez López por toda la ayuda que me dio.**

**A Raúl Escalante Rosas por su ayuda en la edición final.**

**A todos ellos muchas gracias y mi agradecimiento eterno.**

## INDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO 1</b>	
<b>GENERALIDADES SOBRE LA FABRICACIÓN DE POSTES DE CONCRETO REFORZADO</b>	<b>3</b>
<b>CAPITULO 2</b>	
<b>NORMAS Y ESPECIFICACIONES, EMPLEADAS PARA SU FABRICACIÓN</b>	<b>11</b>
2.1 NORMAS Y ESPECIFICACIONES QUE SE APLICAN	11
2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS POSTES DE CONCRETO	12
<b>CAPITULO 3</b>	
<b>MATERIALES EMPLEADOS</b>	<b>26</b>
3.1 MATERIALES EMPLEADOS PARA LA FABRICACIÓN DE POSTES DE CONCRETO REFORZADO	26
3.2 CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO	39
<b>CAPITULO 4</b>	
<b>PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS</b>	<b>48</b>
4.1 ACTIVIDADES A DESARROLLAR PARA LA FABRICACIÓN DE POSTES DE CONCRETO	48

**4.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS  
ACTUALMENTE EN LAS FÁBRICAS DE POSTES DE  
DE LA EMPRESA LUZ Y FUERZA 55**

**4.3 COMENTARIOS AL PROCEDIMIENTO EMPLEADO  
POR LUZ Y FUERZA 59**

**CAPITULO 5**

**CONTROL DE CALIDAD 63**

**5.1 MATERIALES 63**

**5.2 POSTES 69**

**CAPITULO 6**

**ANÁLISIS DE COSTOS 78**

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico e industrial en la zona centro del país, demanda la instalación de obras y servicios tanto de carácter público como privado para un mejor desarrollo de todas las actividades industriales, así como las de bienestar social; entre estas demandas está la del servicio de energía eléctrica, que ha llevado a las empresas productoras y distribuidoras de ésta a ampliar su red de distribución.

La expansión de esta red lleva implícitos los trabajos de tender conductores eléctricos, colocación de transformadores y de los accesorios necesarios para una óptima distribución y una gran seguridad para los usuarios de este servicio.

Todos estos equipos y accesorios son instalados sobre elementos llamados postes. Debido a la gran cantidad con que se utilizan en los trabajos de tendido de la red de distribución eléctrica, ha obligado tanto a la Comisión Federal de Electricidad, como a Luz y Fuerza del Centro a la fabricación en serie de postes de concreto reforzado.

Este trabajo tiene como objetivo el de revisar los procesos de fabricación de postes de concreto, usados actualmente, y compararlos con la fabricación con una planta dosificadora y analizar desde el punto de vista económico y técnico la utilidad de seguir fabricando postes de concreto con el proceso actual o utilizar la ya mencionada planta dosificadora y las ventajas que traería al implantar su uso.

Esta investigación de fabricación de postes está basada exclusivamente en los procesos utilizados en las dos plantas de manufacturación de Luz y Fuerza del Centro. Una se ubica en el norte de la Ciudad de México y se denomina "Cuatro Caminos" y la otra se localiza en el sureste de la ciudad y se llama "Vicente Guerrero".

Estas dos plantas tienen sus procedimientos que varían muy poco uno del otro para la fabricación de postes de concreto reforzado.

En el presente trabajo el primer tema que abordaremos es el de las generalidades sobre la fabricación de postes de concreto reforzado.

En el segundo tema se definirá lo que es un poste, todas las características que deben cumplir, los tipos de postes que se fabrican y los usos para los cuales son destinados cada tipo de poste.



El tema tres constará de una descripción detallada de todos los materiales empleados, las características y requisitos necesarios para su empleo en la fabricación de postes.

El tema cuatro detallará paso a paso los procedimientos constructivos utilizados por Luz y Fuerza en la fabricación de sus postes.

En el tema cinco se comentará todo lo relacionado al control de calidad y el desarrollo de éste a lo largo de todo el proceso constructivo.

El tema seis constará de un análisis de costos, en donde se hará un estudio de todos los elementos y factores que intervienen en el proceso constructivo de un poste de concreto para determinar el costo real de fabricación por Luz y Fuerza.

Para terminar con el presente trabajo tendremos las conclusiones, en donde se harán algunas sugerencias y recomendaciones.

## CAPITULO 1

### GENERALIDADES SOBRE LA FABRICACIÓN DE POSTES DE CONCRETO REFORZADO

Por su versatilidad, alto rendimiento y capacidad para llegar a cualquier parte, la electricidad constituye el vehículo más eficaz para transformar el nivel de vida de grandes núcleos de población, ya que el fluido eléctrico hace funcionar toda una extensa gama de aparatos domésticos que hacen más grata la vida de los usuarios, y da varios servicios públicos y urbanos así como de servicio industrial en un país como el nuestro que por razones de su propio crecimiento demográfico, plantea mayores demandas de este servicio a los organismos encargados de generar, distribuir y comercializar la energía eléctrica.

La empresa mexicana Luz y Fuerza del Centro juega un papel muy importante en la ampliación de la red de distribución de energía eléctrica; con este crecimiento que es muy fuerte en la Ciudad de México, Luz y Fuerza se ve en la necesidad de ampliar su red de distribución y por lo mismo requiere de la fabricación de postes de concreto reforzado, que sirven como soporte a los conductores eléctricos y demás accesorios para una segura y eficiente distribución de este energético.

Los postes de concreto reforzado deben ser fabricados con calidad y dar seguridad al usuario ya que un poste con defectos grandes y visibles da la impresión de ser una estructura poco confiable para soportar el peso de los conductores y equipos.

Como los postes de concreto reforzado están sometidos a constantes solicitaciones como son el viento, los sismos, intemperismo, e impacto deben ser fabricados con calidad siguiendo estrictas normas, para ofrecer al usuario el mejor servicio y la seguridad que el requiere.

La demanda de estos postes en el sistema de Luz y Fuerza es grande, ya que como se dijo, por el crecimiento de la ciudad, para llegar a las colonias que demandan de este servicio se requieren de kilómetros de línea y de cientos y hasta miles de postes.

El uso de los postes de concreto reforzado ha crecido por todo el mundo; estos usos incluyen desde iluminación de calles, electrificación de ferrocarriles, hasta líneas de transmisión de alto voltaje.

El poste de concreto reforzado es elástico, resistente a la corrosión, atractivo y con un mantenimiento casi nulo, en comparación con los postes que están hechos de madera o de acero.

El costo de los postes de acero es alto, mientras los postes de madera se pudren fácilmente y su mantenimiento es costoso, por estas razones dichos postes entraron en desuso.

El poste de concreto tiene a menudo ventajas sobre los fabricados de madera, y acero: Aunque el precio de los postes de madera en un principio es menor, en un análisis de costo a través de los años éste se va incrementando sensiblemente en comparación con los postes de acero y de concreto. Por otra parte, los postes de concreto desde un inicio son más baratos que los postes de acero, y su fabricación es mas sencilla; esto lo podemos observar en la gráfica 1.

En otro análisis de costo contra altura, entre los postes de madera y de concreto, se observa en la gráfica 2 que los postes de madera entre más cortos, son mucho más económicos ; en tanto que los de concreto entre más largos, tienden a ser mucho más económicos que los de madera que incrementan fuertemente su costo entre más largos son.

Otra ventaja que tienen los postes de concreto sobre los de madera es que en su fabricación, la entrega de materiales para su manufacturación es constante ya que la extracción de la materia prima es relativamente sencilla y no requiere de tanta supervisión y trámites ante las autoridades encargadas de la ecología.

Tras este estudio comparativo en cuanto a costo, calidad y durabilidad se vieron las ventajas que tienen los postes de concreto en comparación con los fabricados de madera o de acero, y por lo mismo han tenido gran aceptación tanto en el mundo como en México, donde los postes de concreto tienden a sustituir por completo a los de madera y de acero; en un futuro toda la red de distribución de Luz y Fuerza tendrá en sus líneas, como soporte postes de concreto salvo en situaciones especiales en las que se usarán postes de acero.

#### BREVE HISTORIA

El uso de los postes de concreto reforzado para el soporte data del siglo 19. En 1856, el primer poste de concreto fue usado en Alemania para el soporte de una línea del telégrafo, los postes eran de concreto reforzado con corazón de madera, éstos tenían una longitud de 4 metros.

En 1867, después de la presentación del concreto reforzado hecha por Joseph Monier en Francia, los postes eran fabricados con secciones redondas y

El poste de concreto reforzado es elástico, resistente a la corrosión, atractivo y con un mantenimiento casi nulo, en comparación con los postes que están hechos de madera o de acero.

El costo de los postes de acero es alto, mientras los postes de madera se pudren fácilmente y su mantenimiento es costoso, por estas razones dichos postes entraron en desuso.

El poste de concreto tiene a menudo ventajas sobre los fabricados de madera, y acero: Aunque el precio de los postes de madera en un principio es menor, en un análisis de costo a través de los años éste se va incrementando sensiblemente en comparación con los postes de acero y de concreto. Por otra parte, los postes de concreto desde un inicio son más baratos que los postes de acero, y su fabricación es más sencilla; esto lo podemos observar en la gráfica 1.

En otro análisis de costo contra altura, entre los postes de madera y de concreto, se observa en la gráfica 2 que los postes de madera entre más cortos, son mucho más económicos; en tanto que los de concreto entre más largos, tienden a ser mucho más económicos que los de madera que incrementan fuertemente su costo entre más largos son.

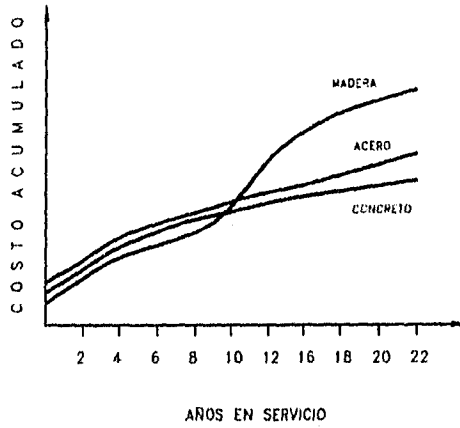
Otra ventaja que tienen los postes de concreto sobre los de madera es que en su fabricación, la entrega de materiales para su manufacturación es constante ya que la extracción de la materia prima es relativamente sencilla y no requiere de tanta supervisión y trámites ante las autoridades encargadas de la ecología.

Tras este estudio comparativo en cuanto a costo, calidad y durabilidad se vieron las ventajas que tienen los postes de concreto en comparación con los fabricados de madera o de acero, y por lo mismo han tenido gran aceptación tanto en el mundo como en México, donde los postes de concreto tienden a sustituir por completo a los de madera y de acero; en un futuro toda la red de distribución de Luz y Fuerza tendrá en sus líneas, como soporte postes de concreto salvo en situaciones especiales en las que se usarán postes de acero.

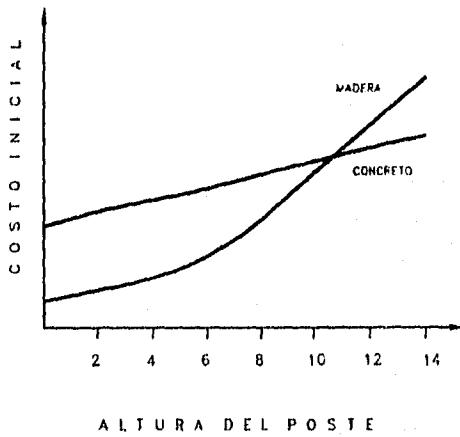
## BREVE HISTORIA

El uso de los postes de concreto reforzado para el soporte data del siglo 19. En 1856, el primer poste de concreto fue usado en Alemania para el soporte de una línea del telégrafo, los postes eran de concreto reforzado con corazón de madera, éstos tenían una longitud de 4 metros.

En 1867, después de la presentación del concreto reforzado hecha por Joseph Monier en Francia, los postes eran fabricados con secciones redondas y



GRAFICA 1



GRAFICA 2

cuadradas y eran sólidos; éstos eran reconocidos por su reducido consumo de acero, eran más fuertes y mejoraban su durabilidad. Estos postes competían altamente con postes hechos de madera y acero, pero su uso era limitado a causa de su gran peso.

El primer poste de concreto reforzado con acero dulce fue producido en 1907 por la firma OTTO Y SCHLOSSER en Meiszon, Alemania por una máquina que hacía un hueco al centro del poste; esta máquina fue creada por esta firma y patentada en 1908.

Debido a la forma y a la operación de la máquina que hacía el hueco al poste se logró que éste fuera más ligero; a pesar del bajo costo del poste de madera, el uso del poste de concreto por su aspecto tendió a propagarse por toda Europa.

Por su virtual nulo mantenimiento, para fines de 1932 tan sólo en Alemania fueron instalados 150,000 postes y en el resto de Europa fueron colocados alrededor de 250,000 postes.

El poste de concreto causa un gran impacto en la construcción de líneas eléctricas y por su ilimitada durabilidad le conceden una gran reputación en Europa.

Como resultado de una gran investigación hecha en Europa durante los años treinta por los pioneros Eugenio Freyssinet de Francia y Gustavo Magnel de Bélgica, presentaron el concreto pretensado.

Freyssinet quien es considerado como el padre del concreto pretensado fue el primero en aplicar la técnica en la fabricación de postes de concreto.

Para la mitad de la década de los cincuenta tenían gran aceptación en Europa debido principalmente por su gran resistencia, durabilidad y sobre todo que eran ligeros y fáciles de transportar.

En los Estados Unidos los postes de concreto reforzado fueron usados primero en programas utilitarios eléctricos en 1930, sin embargo el uso en forma fue hasta 1950.

Estos postes se hacen populares en el sureste de los Estados Unidos sobre los de madera por las mismas características que los postes usados en Europa como son su bajo costo y su durabilidad.

Desde mediados de los años treinta la Compañía Luz y Fuerza empezó a fabricar postes de concreto y en el año de 1956 se puso en funcionamiento lo que

actualmente se conoce como la fabrica de postes "Cuatro Caminos"; su capacidad instalada fue para producir 1300 postes mensuales de diferentes medidas con 112 trabajadores en dos turnos. Esta producción resolvía la necesidad de las diferentes áreas operativas que atendían el sistema de distribución aérea en las zonas de influencia de la Compañía de Luz y Fuerza de aquel entonces.

En 1970 se estableció la necesidad de producir una cantidad mayor de estos productos por lo que, para atender la demanda se creó una fábrica móvil que manufacturara los postes en los sitios mismos de su instalación, con una producción diaria de 60 postes con 62 trabajadores.

Asimismo, en esa época se hicieron reestructuraciones a las instalaciones y a la maquinaria en "Cuatro Caminos", éstas fueron la instalación de un sistema de vibrado en cada una de las cimbras, se sustituyó la revoladora existente que ya tenía muchos años de servicio por otras tres más modernas, se instaló una máquina para la fabricación de anillos, se incrementó el número de cimbras y se modificaron patios de trabajo.

Con estas modificaciones se aumentó la capacidad instalada a 70 postes en un solo turno. En lo que corresponde a la planta móvil se instaló en forma provisional en los terrenos aledaños a la unidad habitacional "Vicente Guerrero", con una capacidad instalada de 90 postes diarios en un turno, con tres revoladoras y sin equipo mecánico de apoyo.

Como la demanda por esas fechas era baja, la producción de postes de concreto estaba muy por debajo de la capacidad instalada.

En 1984 Luz y Fuerza se dio a la tarea de diseñar y producir postes de concreto, que con base en su refuerzo estructural pudieran ser empleados en sustitución de los postes de acero que se usan en las redes aéreas de distribución.

De estos estudios y de pruebas efectuadas con los prototipos, se logró obtener el diseño óptimo para establecer la manufactura de los postes CR-12E y CR-14E que actualmente tienen una gran aceptación por las áreas usuarias de líneas aéreas, mismos que son fabricados en la planta "Vicente Guerrero".

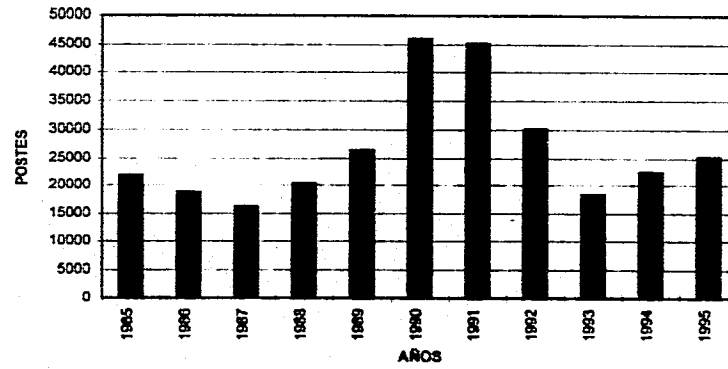
Para el año de 1990, con motivo de la electrificación de algunos municipios del Estado de México por compromisos adquiridos, se procedió a la manufactura de postes a plena capacidad instalada logrando una producción récord de 46049 piezas, ver tabla 1 y gráfica 3.

PRODUCCION HISTORICA DE LAS FABRICAS DE CUATRO CAMINOS Y VICENTE GUERRERO												
TAMANO/ANO	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	TOTAL
CR-6	1509	1205	982	1009	1733	3000	1802	30	353	53		11676
CR-9	9250	8827	7052	8698	12261	26173	23495	13845	8762	9216	10281	137880
CR-12	6940	8461	7986	8926	10844	13524	14822	11168	6561	10381	10120	109733
CR-12E	2695	45		845	1144	2747	4190	3915	1773	2081	3513	22948
CR-14	289	182	272	645	294	230	231	319	387			2849
CR-14E	1197	10		248	231	375	707	893	486	729	1405	6281
<b>TOTAL</b>	<b>21880</b>	<b>18730</b>	<b>16292</b>	<b>20371</b>	<b>26507</b>	<b>46049</b>	<b>45247</b>	<b>30170</b>	<b>18342</b>	<b>22460</b>	<b>25319</b>	<b>291367</b>

**TABLA 1**



**GRAFICA 3**



Para lograr la producción antes mencionada fue necesario aprovechar todos los recursos necesarios disponibles, y además se manufacturaron cimbras para tal fin.

El programa de fabricación de postes fue aumentado posteriormente, debido a los compromisos con el Programa Nacional de Solidaridad (PRONASOL).

Como la zona de influencia del servicio que presta Luz y Fuerza es amplia ya que da servicios a parte de los estados de México, Hidalgo, Morelos, Puebla, el Distrito Federal en su totalidad y la zona conurbada del Estado de México, el incremento de usuarios en los últimos años ha ido en aumento, en demanda de servicios domésticos, industriales, alumbrado público, bombeo para riego agrícola, bombeo de agua potable y de aguas negras y para plantas de tratamientos de agua negras, para su reciclaje y posterior uso en riego de jardines. Por estas razones Luz y Fuerza está obligada a ampliar continuamente su red de servicio.

Dado lo anterior la demanda de fabricación de postes de concreto es alta y las fábricas "Cuatro Caminos" y "Vicente Guerrero" se encuentran trabajando a toda su capacidad para satisfacer la demandada requerida.

Como ya se dijo, la zona de influencia de Luz y Fuerza en cuanto a servicios es grande y únicamente cuenta con las ya citadas fábricas. Para satisfacer la demanda de postes, éstos tienen que ser transportados por carretera a los lugares donde son requeridos para su instalación, y el tiempo de entrega es más largo; por lo mismo el costo de los postes se incrementan.

Por estas razones expuestas se están haciendo estudios para en un futuro no muy lejano instalar fábricas en puntos estratégicos con el fin de que no se tengan que recorrer grandes distancias para llevar postes desde la ciudad de México y así abatir costos y los tiempos de entrega sean de una manera rápida.

Como se ve la producción de postes de concreto tiene un gran futuro ya que su uso está garantizado por el mismo crecimiento de la red de distribución de Luz y Fuerza en los próximos años.

## **CAPITULO 2**

### **NORMAS Y ESPECIFICACIONES, EMPLEADAS PARA SU FABRICACIÓN**

#### **2.1 Normas y especificaciones que se aplican**

En este capítulo trataremos lo relacionado a las normas y especificaciones empleadas para la fabricación de postes de concreto reforzado, mismos que son utilizados por Luz y Fuerza para la distribución de energía eléctrica.

En el capítulo 1 mencionamos que los postes están sometidos a diversas solicitudes, que van desde el intemperismo, viento y sobre todo a impactos, y que debe de dar seguridad al usuario a la vista, ya que un poste con defectos visibles no le da de ninguna manera la seguridad al usuario que él requiere.

Por las razones antes expuestas Luz y Fuerza se ve obligada a fabricar postes de concreto reforzado de gran calidad, que no lleven defectos y, sobre todo que cumplan con estrictas normas y especificaciones de calidad para su fabricación, que garanticen un eficiente comportamiento estructural, durante la vida útil del poste y que éste sea económico.

Actualmente la empresa Luz y Fuerza del Centro emplea para la manufacturación de los diferentes tipos de postes de concreto reforzado las siguientes normas y especificaciones:

**NORMA L y F 2.0110 - POSTES DE CONCRETO REFORZADO CR-6, CR-9 y CR-12**

**NORMA L y F 2.0545 - POSTES DE CONCRETO REFORZADO CR-12E**

**NORMA L y F 2.0556 - POSTES DE CONCRETO REFORZADO CR-14E**

**NORMA L y F 2.0300 - ARENA**

**NORMA L y F 2.0320 - GRAVA 19 y 25**

**NORMA L y F 2.0297 - ALAMBRE GALVANIZADO**

**NORMA L y F 2.0337 - VARILLA CORRUGADA**

**ESPECIFICACIÓN CFE J6200 - 03 "POSTES DE CONCRETO REFORZADO"  
PLANO CONSTRUCTIVO L y F 1945 - 1709 - "POSTES HUECOS DE CONCRETO REFORZADO"**

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM - B - 6 VARILLAS CORRUGADAS**

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM - B - 13 ALAMBRE DE ACERO PARA USOS GENERALES**

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM - B - 253 ALAMBRE DE ACERO PARA REFUERZO DE CONCRETO**

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM - C - 1 CEMENTO PORTLAND**

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM - C - 2 CEMENTO PORTLAND PUZOLANA**

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM - C - 16 "POSTE DE CONCRETO REFORZADO, SECCIÓN OCTAGONAL"**

**NORMA OFICIAL MEXICANA - C - III AGREGADOS PARA CONCRETO**

## **2.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS POSTES DE CONCRETO**

En este estudio entenderemos como poste a los elementos de concreto reforzado, de sección octagonal y huecos que son fabricados por Luz y Fuerza del Centro, para soportar conductores eléctricos, equipos de seccionamiento como son interruptores en aire, seccionadores, restauradores, cuchillas de navaja etc., y demás accesorios para la óptima y segura distribución de la energía eléctrica.

De acuerdo a las normas y especificaciones antes señaladas, en el siguiente inciso indicaremos los tipos, usos, dimensiones, materiales y armado de los diferentes postes empleados por Luz y Fuerza para la distribución de la energía eléctrica.

**2.2.1 Poste CR-6** Este tipo de poste es usado exclusivamente para retenidas y es el poste de menores dimensiones y el de menor producción ya que su uso es muy limitado.

### **Materiales empleados para la fabricación de postes CR-6**

Concreto  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$  (Proporción: 1:1.5:2.0)

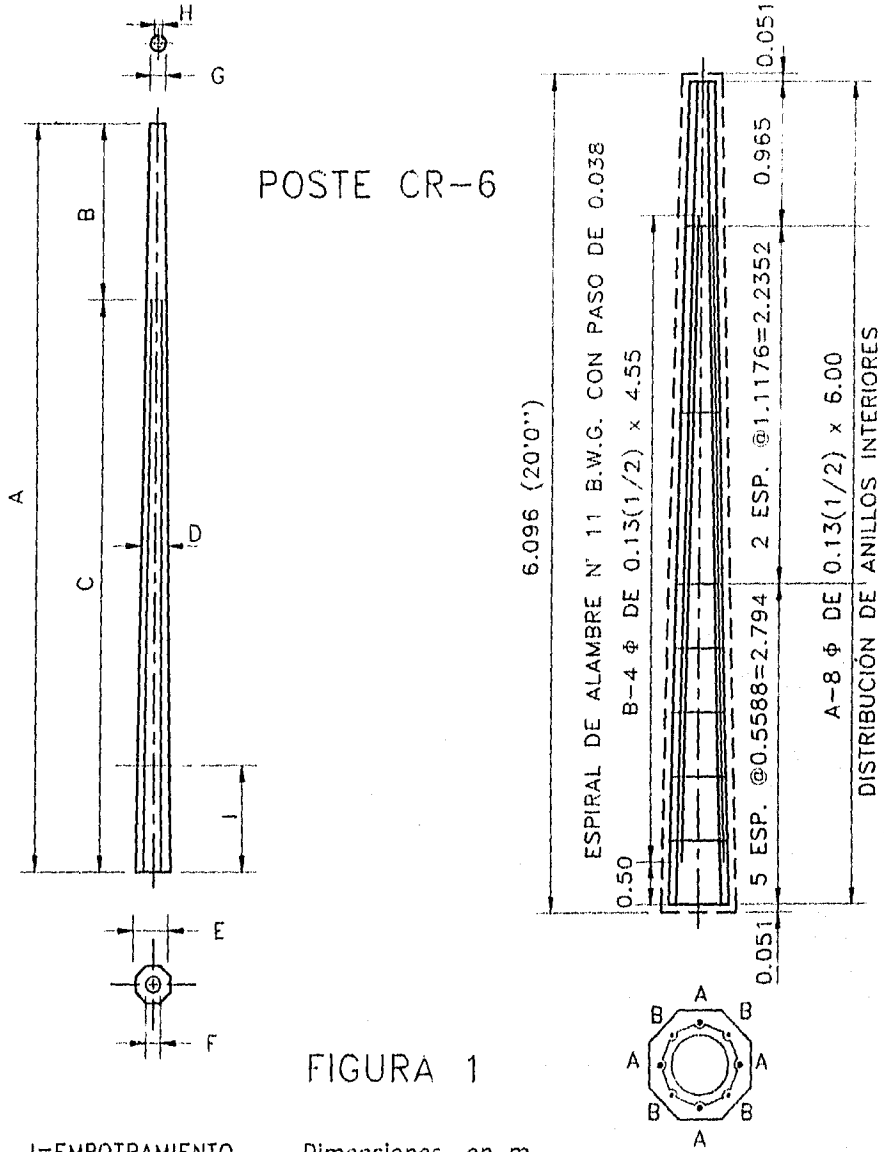
	Unidad	Cantidad
Cemento Portland Extra	kg	76
Arena	$\text{m}^3$	0.072
Grava 19 mm (3/4")	$\text{m}^3$	0.120
Agua por bulto de cemento	l	21
Varilla Acero $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$		
# 4 (1/2") BWG	kg	66
Alambre grado estructural		
Calibre # 11 BWG	kg	7.3

ver figura 1

#### **CLAVE DEL NOMBRE**

**CR = Concreto reforzado**

**6 = Longitud aproximada en metros.**



I=EMPOTRAMIENTO

Dimensiones, en m

A m	B m	C m	E m	F m	G m	H m	I m	PESO Kg	CARGA ULTIMA DE DISEÑO Kg
6.096	0.306	5.791	0.260	0.150	0.174	0.065	1.80	475	1050

**2.2.2 Poste CR-9** Es utilizado en líneas de baja tensión, como retenidas, en acometidas y también en otras instalaciones.

### **Materiales empleados para la fabricación de postes CR-9**

Concreto  $f'c=250 \text{ kg/cm}^2$  (Proporción: 1:1.5:2.0)

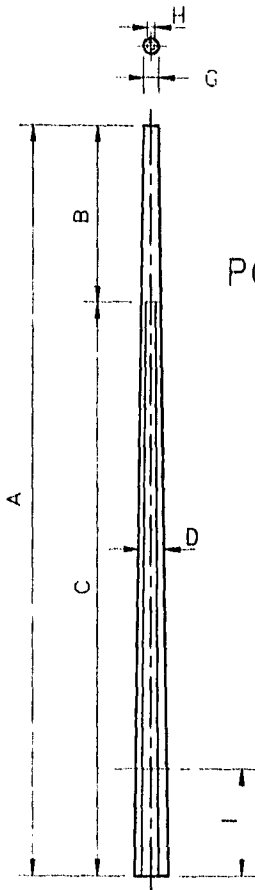
	Unidad	cantidad
Cemento Portland Extra	kg	120
Arena	$\text{m}^3$	0.118
Grava 19 mm (3/4")	$\text{m}^3$	0.197
Agua por bulto de cemento	l	21
Varilla Acero $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$		
# 3 (3/8") BWG	kg	17
# 4 (1/2") BWG	kg	36
Alambre grado estructural		
Calibre # 14 BWG	kg	2.0
Calibre # 11 BWG	kg	4.3

**ver figura 2**

#### **CLAVE DEL NOMBRE**

**CR = Concreto reforzado**

**9 = Longitud aproximada en metros.**



POSTE CR-9

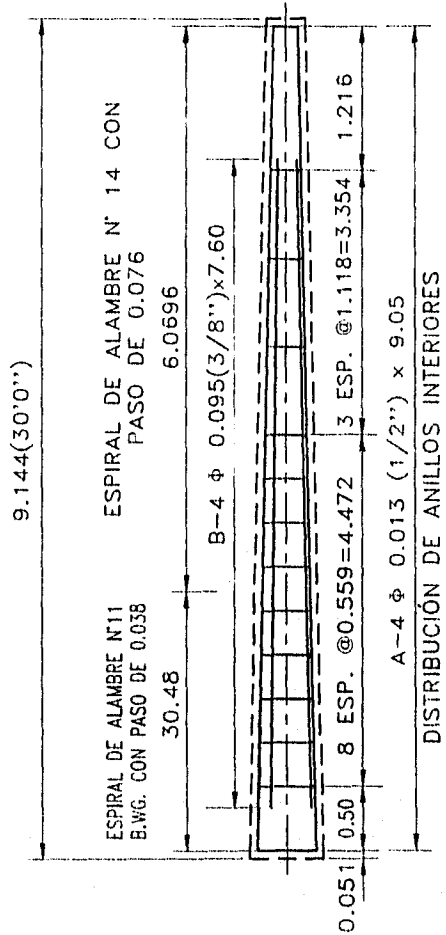
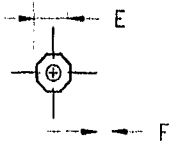
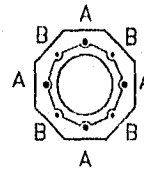


FIGURA 2



I=EMPOTRAMIENTO Dimensiones, en m

A m	B m	C m	E m	F m	G m	H m	I m	PESO Kg	CARGA ULTIMA DE DISEÑO Kg
9.144	1.829	7.315	0.283	0.164	0.152	0.065	1.50	725	500



**2.2.3 Poste CR-12** Este tipo de poste se utiliza en líneas de baja y alta tensión como son las líneas de 6 y 23 KV, capacitores, cuchillas y seccionadores de 6 KV , cuchillas 23 H, deflexiones D23, paso 23 y otro tipo de instalaciones.

**Materiales empleados para la fabricación de postes CR-12**

Concreto  $f_c=250 \text{ kg/cm}^2$  (Proporción: 1:1.5:2.0)

	Unidad	Cantidad
Cemento Portland Extra	kg	186
Arena	$\text{m}^3$	0.184
Grava 19 mm (3/4")	$\text{m}^3$	0.305
Agua por buito de cemento	l	21
Varilla Acero $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$		
# 4 (1/2") BWG	kg	126.50
Alambre grado estructural		
Calibre # 11 BWG	kg	11.80

ver figura 3

**CLAVE DEL NOMBRE**

**CR = Concreto reforzado**

**12 = Longitud aproximada en metros.**

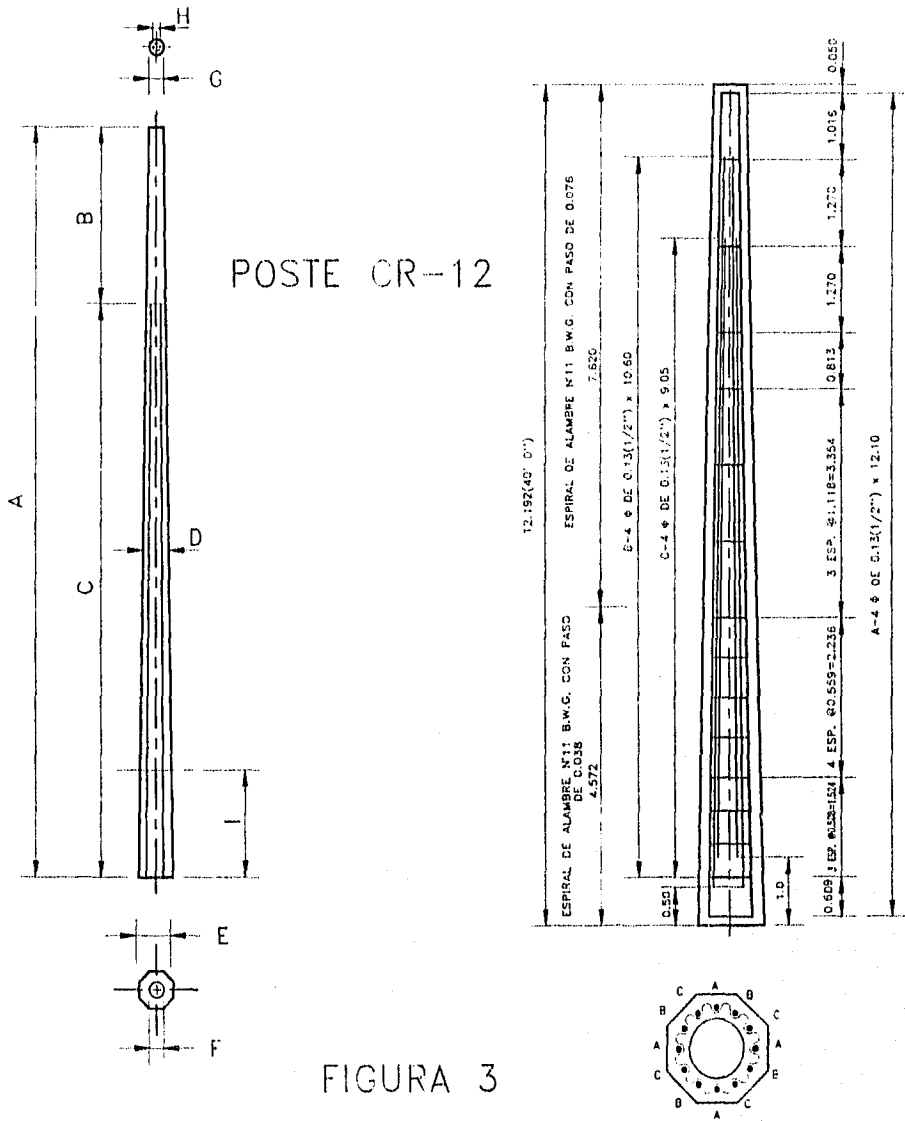


FIGURA 3

I=EMPOTRAMIENTO Dimensiones, en m

A m	B m	C m	E m	F m	G m	H m	I m	PESO Kg	CARGA ULTIMA DE DISEÑO Kg
12.192	1.829	10.363	0.327	0.204	0.152	0.044	1.70	1100	620

**2.2.4 Poste CR-12E** Este tipo de poste es utilizado en líneas primarias, para deflexiones, remates y refuerzos; en líneas secundarias (con línea primaria en el soporte superior), para deflexiones, derivaciones y remates.

En líneas troncales, para soporte de equipo de seccionamiento como son cuchillas de navaja, interruptores en aire, restauradores, capacitores y transformadores de hasta 112.5 KVA, este elemento tiene una canalización para aterrizar los transformadores, ver figura 6.

No debe usarse en remate de línea de alta tensión y de baja tensión con transformador.

**Materiales empleados para la fabricación de postes CR-12E**

Concreto  $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$  (Proporción: 1:1.5:2.0)

	Unidad	Cantidad
Cemento Portland Extra	kg	193
Arena	m <sup>3</sup>	0.191
Grava 19 mm (3/4")	m <sup>3</sup>	0.254
Agua por bulto de cemento	l	17.50
Varilla Acero $f_y= 4200 \text{ kg/cm}^2$		
# 6 (3/4") BWG	kg	299
Alambre grado estructural		
Calibre # 9 BWG	kg	26.14
Anillos dobles Calibre # 9 BWG	kg	1.70
Casquillo de tubo galvanizado de 19 mm de diámetro cédula 40	kg	0.05

ver figura 4

**CLAVE DEL NOMBRE**

**CR = Concreto reforzado**

**12 = Longitud aproximada en metros.**

**E = Especial**

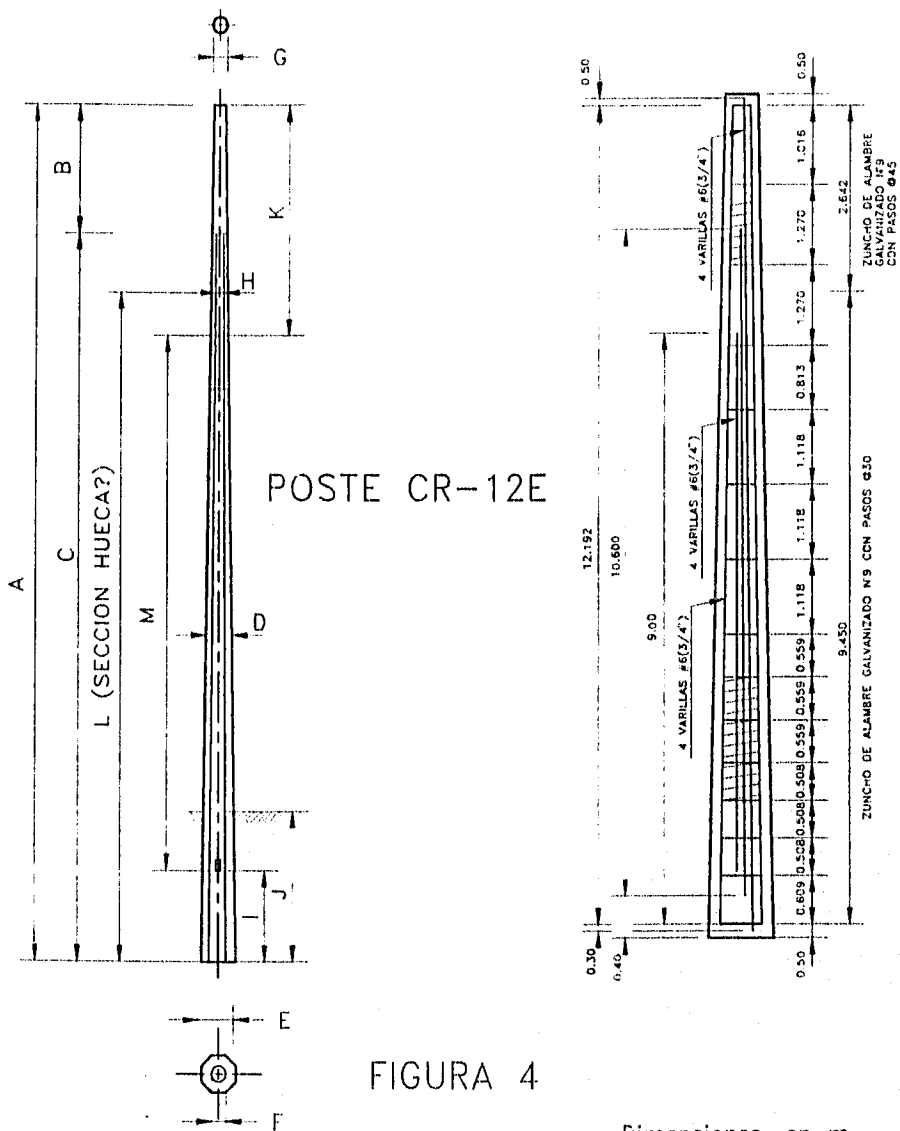


FIGURA 4

Dimensiones, en m

A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M	PESO Kg	CARGA ULTIMA DE DISEÑO Kg
12.192	1.839	11.353	0.350	0.204	0.175	0.044	1.400	2.000	3.500	9.460	12.192	1342	1475

**Poste CR-14E** Este tipo de poste es de mucha utilidad en líneas primarias, para deflexiones, derivaciones, remates y refuerzos; en líneas secundarias (con línea primaria en el soporte superior) para deflexiones, derivaciones y remates; en líneas troncales y como soporte de equipo en cuchillas de navaja, interruptores en aire, restauradores, capacitores y transformadores de hasta 112.5 KVA.

Estos postes al igual que los CR-12E también llevan su respectiva canalización que como ya se dijo sirve para aterrizar los transformadores.

Y lo mismo, no debe usarse en remates de línea de alta tensión ni en baja tensión con transformadores.

### **Materiales empleados para la fabricación de postes CR-14E**

Concreto  $f'c=300 \text{ kg/cm}^2$  (Proporción: 1:1.5:2.0)

	Unidad	Cantidad
Cemento Portland Extra	kg	305.80
Arena	$\text{m}^3$	0.302
Grava 19 mm (3/4")	$\text{m}^3$	0.403
Agua por bulto de cemento	l	17.50
Varilla Acero $F'y= 4200 \text{ kg/cm}^2$		
# 6 (3/4") BWG	kg	324
<b>Alambre grado estructural</b>		
Calibre # 9 BWG	kg	30.21
Anillos dobles Calibre # 9 BWG	kg	1.95
Casquillo de tubo galvanizado de 19 mm de diámetro cédula 40	kg	0.05

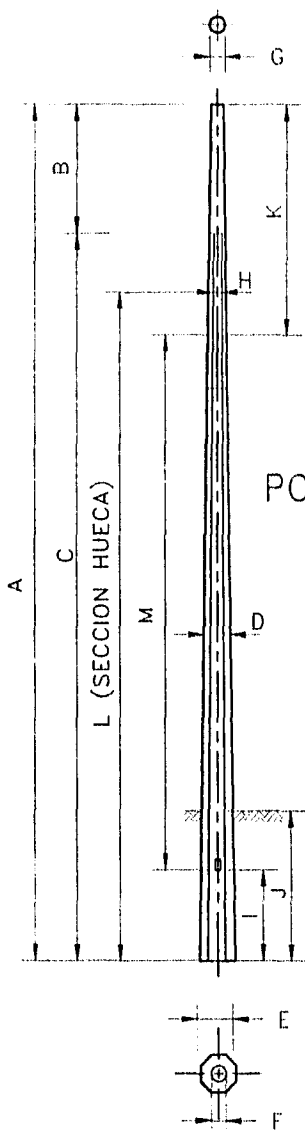
**ver figura 5**

**CLAVE DEL NOMBRE**

**CR = Concreto reforzado**

**14 = Longitud aproximada en metros.**

**E = Especial**



POSTE CR-14E

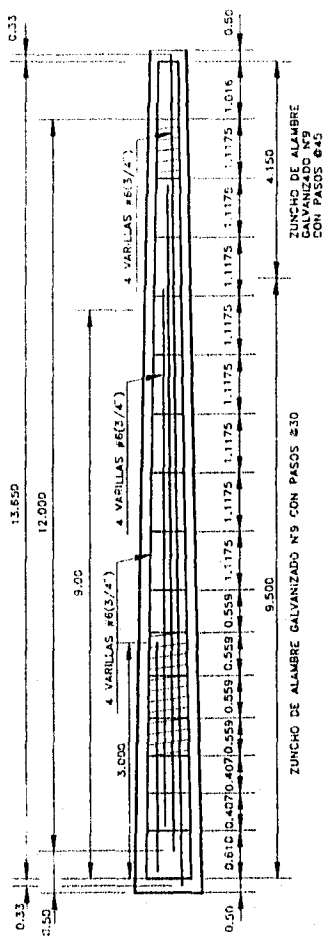


FIGURA 5

Dimensiones, en m

A	B	C	E	F	G	H	I	J	K	L	M	PESO	CARGA ULTIMA
m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	Kg	DE DISEÑO
													Kg
13.716	1.834	1.882	0.350	0.204	0.155	0.044	1.416	2.000	3.500	10.720	8.800	1420	1475



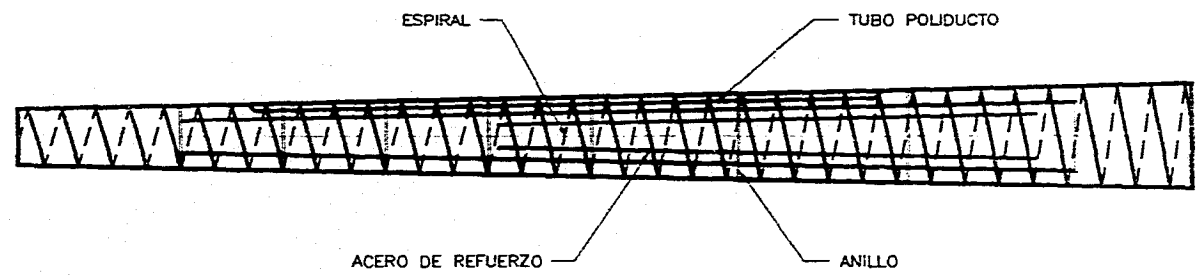
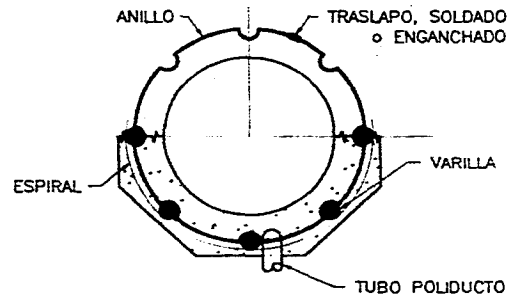


FIGURA 6

## **CAPITULO 3**

### **MATERIALES EMPLEADOS**

#### **3.1 Materiales empleados para la fabricación de postes de concreto reforzado.**

Se denomina concreto reforzado a la mezcla de cemento, agregados pétreos (grava y arena), agua y acero formando un conglomerado que endurece conforme progresa la reacción química del agua sobre el cemento.

Los elementos básicos que componen el concreto se dividen en dos grupos:

- a) Activos
- b) Inertes

Los activos son el agua y el cemento, dependiendo de ellos la reacción química (o sea su endurecimiento mientras fragua) hasta alcanzar una solidez de gran resistencia (dependiendo de sus proporciones).

Los elementos inertes son: la grava y la arena, que ocupan gran parte del volumen del producto total, y las proporciones en que se mezclan estos elementos varían de acuerdo con la granulometría de los agregados y con la resistencia final requerida.

En porcentaje aproximado estos elementos nos representan cada uno su valor.

- I. El cemento.
- II. Los agregados.
- III. El agua.
- IV. El acero.

Estos elementos básicos los trataremos de analizar partiendo del material que necesita elaboración y cuyo proceso es muy importante y señalaremos algunas características del cemento (parte principal del concreto), dándose un nombre específico para cada aglomerante (tipo de cemento) obteniéndose de la calcinación de distintas sustancias o compuestos minerales.

### **3.1.1 Cemento**

Proviene de la pulverización del producto obtenido mediante una fusión incipiente de material arcillosos y piedras calizas con óxidos de calcio (silicio, aluminio y hierro), y con un agregado posterior como yeso (sin calcinar) y agua; como no contiene óxido de calcio en libertad no requiere apagado, siendo esto una de las características principales en que se distingue la cal del cemento.

El poder cementante de este producto es mayor que las cales hidráulicas por que su fraguado es más rápido (en agua y aire) y porque su resistencia a la compresión es mayor.

Los cementos tipo portland son cementos hidráulicos elaborados con material cuidadosamente seleccionados, bajo sistema de regulación exacta, utilizándose materiales calcáreos (piedras calizas) y materiales arcillosos (esquistos volcánicos). Algunas veces se utiliza como ingredientes escoria de altos hornos. La materia prima se tritura, pulveriza y se mezclan proporciones adecuadas para efectuar la composición química correcta, vertiéndose en hornos rotatorios donde se calcina (a temperaturas mayores 1,400°C) hasta formar escoria de cemento (clinker); ésta se enfría y pulveriza agregándole yeso (en pequeñas cantidades) para regular el tiempo del graduado. El producto finalmente pulverizado es el cemento portland terminado. Hay diferentes tipos de cemento :

#### **Cemento Normal**

Es un cemento de uso general; se usa en construcciones de: pavimentos y banquetas, estructuras de edificios, puentes, grandes claros, tanques, tuberías para agua y en particular en lugares donde no están expuestas a la acción de sulfatos o en que el calor generado por la hidratación de cemento no origina un aumento perjudicial a la temperatura.

#### **Cemento Modificado**

Contiene menor calor de hidratación, y tiene mayor resistencia al ataque de los sulfatos (como en las estructuras de carácter hidráulico o de drenaje donde las concentraciones de sulfatos son mayores pero no máximas). Se utiliza en estructuras de claros intermedios (8 a 15 m) y muros de concreto y es muy factible su utilización en tiempos de calor.

#### **Cemento de alta resistencia y fraguado rápido**

Se usa en obras de corto límite de tiempo de construcción donde se debe de aprovechar al máximo la cimbra y se requiera el trabajo del concreto lo más rápido posible, pero la resistencia final es la misma el tipo 1; es de máxima utilidad en

climas fríos. Estos cementos tienen la característica principal de tener a los seis días resistencias superiores a las que se adquiere en 28 días con un cemento de tipo 1.

#### **Cemento de bajo calor**

Es un cemento especial para grandes secciones (grandes espesores) y cuando la cantidad del calor deberá ser la mínima; el desarrollo de su resistencia es muy lenta precisamente por el espesor y el gran volumen a fraguar.

Equipo y herramienta que se emplean en la fabricación de cemento:

Hornos de calcinación.

Excavadoras.

Perforadoras.

Transportadoras.

Palas mecánicas en los bancos y lugares de extracción.

Y en la elaboración tenemos:

Alimentadoras.

Separadoras de aire.

Molinos.

Tamices vibratorios.

Laboratorios de análisis.

Plantas de energía eléctrica.

Secadoras y enfriadoras

Quebradoras y transportadoras.

En el caso del concreto usado para la fabricación de postes en el Valle de México, se sugiere emplear cemento con puzolana, dado que presenta mayor resistencia al ataque de los sulfatos.

#### **3.1.2 Agua**

El agua para mezclar el concreto deberá de estar libre de ácidos, álcalis y grasa (limos y otras impurezas).

En todas las especificaciones se pedirá que el agua (no contenga sulfatos) sea potable.

### **3.1.3 Agregados pétreos**

Estos elementos son muy importantes por ser los elementos que dan cuerpo ( forma la estructura interna) al concreto, teniendo que estar muy bien cuidadas las especificaciones y las proporciones de grava y de arena, su tamaño requerido, limpieza, tipo de cantera (o lugar donde se explote) y en general de la calidad de estos agregados y por sus características físicas, químicas y mecánicas dependerán directamente los resultados buscados.

Se tienen agregados:

- A) Finos. Arena
- B) Gruesos. Grava

#### **3.1.3.1 Agregados finos**

##### **Constitución y origen de las arenas**

La arena está constituida por granos sueltos y de estructura cristalina que provienen de la disgregación de las rocas naturales, por procesos mecánicos o químicos que arrastrados por corrientes aéreas o fluviales se acumulan en diferentes lugares, las artificiales se obtienen mediante la trituración y molienda de rocas duras determinadas.

De acuerdo con su origen, las arenas toman los nombres de:

- Sílicas o cuarzosas.
- Calizas.
- Graníticas y arcillosas.

Con respecto a su dureza y estabilidad química las arenas sílicas son mejores; las arenas calizas provienen de rocas calizas muy duras. Las arenas de origen granítico, por su alterabilidad y por su poca homogeneidad, no deben usarse salvo en el caso de que contengan bastante cuarzo.

##### **Tipos de arena**

Las arenas de acuerdo con su procedencia o localización se denominan

- a) De río.
- b) De mina.
- c) De playa o duna.
- d) Artificiales.

a) Las arenas de río, son generalmente de partículas redondas por el acarreo que han sufrido, pueden contener arcillas y otras posibles impurezas, o bien pueden ser blandas, dependiendo de su localización.

b) Las arenas de mina son las depositadas en el interior de la tierra: están generalmente formadas por granos más angulosos, conteniendo arcillas y materias orgánicas. Dependiendo de la cantidad de las impurezas que contienen estas arenas, se presentan en color azul, gris pardo o rosa.

En el Distrito Federal se cuenta con montes de arenas de distinta coloración, siendo las más puras las de color azul; las de color gris tienen un alto porcentaje de polvo, y las rosas contienen óxidos, pero mediante el proceso de cribado y lavado se pueden mejorar lo suficiente para aprovecharlas.

c) Las arenas de playa o duna solamente se pueden emplear mediante un proceso de lavado (en agua dulce) siempre que tengan el tamaño adecuado, pues contienen sales alcalinas que absorben y retienen la humedad, dando con el tiempo origen a eflorescencias que son perjudiciales.

d) Las arenas artificiales son de granos angulosos y superficie rugosa; no contienen polvo suelto por el proceso de cribado y selección a que son sometidas después de ser trituradas y molidas. Son aptas para los morteros y concretos, siempre y cuando provengan de rocas duras y no tengan aristas vivas y ángulos muy agudos, pues esto hace que disminuya la resistencia del conjunto.

#### Forma de los granos

Cuando se requiere máxima resistencia e impermeabilidad, es necesario que el agregado presente la máxima compatibilidad (o sea que presente el mínimo de porcentaje de vacíos) y cuando sólo se necesita determinada resistencia basta que la lechada (aglutinante) (cemento-agua) sea lo suficiente para cubrir la superficie de contacto de las partículas del agregado.

Se ha comprobado que la misma forma esférica de los granos, además de proporcionar morteros más manejables y más resistentes, proporcionan también mezclas más económicas, ya que los granos de forma alargada o con aristas vivas representan, con relación al volumen, un área mucho mayor que es preciso cubrir (con una lechada) pero esto implica una resta de maleabilidad y plasticidad a la mezcla por el deslizamiento de los granos entre sí.

Las arenas de forma esférica, además de presentar una masa más compacta que otra de granos angulosos (como sucede con partículas de mica), proporcionan menor superficie de contacto entre sí y menos superficie a recubrir (con lechadas);

por consiguiente, cuanto más se aproxime la forma de los granos a la esfera, tanto más compactos, resistentes y económicos resultarán los concretos.

#### Tamaño de los granos

Las arenas, de acuerdo con el tamaño de sus granos, se clasifican en gruesas, medianas y finas. Son gruesas si pasan por un tamiz (malla metálica) de 5 mm y mediana si pasan por el de 2 mm. El tamaño de los granos es muy importante en la dosificación de morteros y la proporción en que se encuentran los granos de distinto tamaño constituye la composición granulométrica de la muestra y la óptima estructura es aquella en que se combinan granos finos, medianos y gruesos, para dar la máxima compacidad; es decir, cuando los granos finos llenan los vacíos de los granos medianos y éstos llenan los vacíos de los granos gruesos.

La variación de composición granulométrica de los agregados aparenta tener mayor influencia sobre el concreto fresco, pero no debe perderse de vista que una buena mezcla de concreto es el primer paso para conseguir una buena estructura. En cuanto a dicha influencia, el agregado menor de 5 mm (arena) la presenta más definida e importante. La granulometría de la arena se acostumbra a definir por el módulo de finura que es igual a la suma, dividida entre 100, de los porcentajes retenidos acumulados en cada una de las cinco mallas estándar (8, 16, 30, 50, 100) en que se hace pasar la arena.

De acuerdo con este dato, las arenas pueden clasificarse, de gruesas, a finas, en el siguiente orden:

Clase de arena	Módulo de finura
Extra gruesa	>3.50
Gruesa	3.50-3.20
Lig. gruesa	3.20-2.90
Mediana	2.90-2.60
Lig. fina	2.60-2.30
Fina	2.30-2.00
Extra fina	< 2.00

El uso de arena gruesas (MF>3.20) produce mezclas de concreto poco manejables, ásperas, segregables y que exhiben agua de sangrado; aspectos indeseables para cuya disminución se requiere a veces de emplear mayor cantidad de cemento de la estrictamente necesaria para poder obtener la resistencia requerida.

Si las arenas son finas ( $MF < 2.30$ ) el requerimiento es semejante, aunque en este caso el incremento de cemento es necesario para suministrar el aumento de pasta que se requiere al crecer la superficie específica de las arena.

De aquí resulta evidente la ventaja que representa emplear una arena bien graduada, es decir, que presente continuidad de tamaños y cuyo módulo de finura esté comprendido entre 3.20 y 2.30 aproximadamente.

El tamaño será dado por la separación del refuerzo y se exige un máximo inferior a  $1/4"$  que es la mínima separación entre la cimbra o molde y el refuerzo próximo.

#### Su forma

Se ha comprobado que la masa de los agregados gruesos que presenta mayor compactidad, resistencia y plasticidad es la constituida por partículas de forma aproximadamente esférica.

#### Preparación de los agregados

Los agregados se preparan para su empleo:

- a) Cribándolos, para obtener sus distintos gruesos de acuerdo con el agregado de que se requiera.
- b) Lavándolos, para eliminar sales, arcillas y otras sustancias extrañas.
- c) En caso necesario se secarán.

### 3.1.3.2 Agregados gruesos

#### Constitución de los agregados gruesos.

Los agregados gruesos que se utilizan al mismo tiempo (para formar el conjunto) con las arenas para la dosificación de los concretos, deberán satisfacer las condiciones de éstas, debiendo estar limpios, ser resistentes y tener una composición química estable.

#### El tamaño

El tamaño de estos agregados varía con la clase o tipo de obra, empleándose desde 30, 50 y 90 mm para concretos simples o ciclópeos y en el concreto armado.



## CLASIFICACIÓN DE LOS AGREGADOS

Tamaño		denominación
0.02 mm	a 6 mm (1/4")	Arenas
6 mm	a 38 mm (1 1/2")	Confitillo
38 mm	a 89 mm (3 1/2")	Grava
89 mm	a 152 mm (6")	Matatena

En la dosificación (proporciones de arena y grava) de los morteros (mezclas y concretos) principalmente de tipos hidráulicas, el constructor deberá asegurarse de las condiciones de los agregados. Aunque de una manera general los agregados deberán satisfacer las condiciones de dureza, estabilidad y resistencia, pero conviene efectuar pruebas que garanticen los resultados necesarios. Estas pruebas son:

Peso específico.

Peso volumétrico.

Absorción.

Humedad.

Prueba de polvo.

Prueba calorimétrica.

Determinación de sales.

El peso específico es un índice (útil y rápido) de la aptitud de un agregado, pues un valor bajo indica que es un material poroso, débil y absorbente y un valor alto indica resistencia y calidad, pero se deberá confirmar mediante otra forma.

El peso específico y el volumétrico tiene importancia directa cuando las condiciones estructurales o especificaciones del proyecto exigen que el concreto tenga un peso mínimo o máximo;

Conocer el peso específico y volumétrico de los agregados es estar en condición de valorar la compacidad del elemento que ha de utilizarse en la elaboración de morteros y de concretos, pues a mayor peso volumétrico y peso específico constantes se obtendrá menor por ciento de vacíos y por consiguiente menor cantidad de cemento o aglomerante dada una resistencia y compacidad específica.

### **Cribado y lavado**

El cribado y lavado de los agregados es un trabajo que se considera indispensable, cuando se quieren obtener materiales inertes que garanticen la futura calidad de los morteros.

De los mantos naturales y de la trituración de las rocas nunca se obtienen agregados con granulometría que satisfaga las normas, por lo que es necesario el cribado; esta operación se puede hacer mediante sistemas mecánicos y manuales, de acuerdo con la necesidad a satisfacer.

Las cribas manuales son conocidas como simples (o de albañilería); están formadas por un bastidor de madera y una tela metálica (de diferentes medidas, según la especificada) pudiendo ser intercambiables para separar granos de distintos tamaños.

Las cribas mecánicas se clasifican en :

Cilíndricas o de tambor.

Oscilantes

Vibratorias.

### **3.1.4 Acero de refuerzo**

El acero de las varillas proviene de la laminación en caliente, y en algunos casos se determina mediante un proceso en frío de lingotes de acero (obtenidos en distintos tipos de hornos: de hogar abierto, horno eléctrico, etcétera), partiendo de minerales de hierro, o bien de desperdicio de metales (chatarra), pudiendo notar la calidad de los aceros comparando las superficies de dos tipos de varillas.

**ESPECIFICACIONES:** Los aceros normales utilizados en la laminación de las varillas para el armado del concreto, corresponden a tres grados de dureza, estructural, intermedio y duro.

Valores mínimos	Grado estructural	Grado duro
Límite elástico (kg/cm <sup>2</sup> )	2300 mínimo	3500 mínimo
Fatiga permisible de trabajo (kg/cm <sup>2</sup> )	1265	1400
Resistencia máxima a la tensión (kg/cm <sup>2</sup> )	3800 a 5300	5600 mínimo

Siendo el módulo de elasticidad igual para los 3 grados de dureza.

$E_s = 2,100,000 \text{ kg/cm}^2$ .

Las varillas para concreto armado se fabrican lisas y corrugadas en doce diámetros; estas corrugaciones deben tener una altura mínima de 4 a 5% del diámetro de la propia varilla.

El diámetro especificado para las varillas corrugadas se denomina diámetro nominal, siendo igual al diámetro de una varilla lisa, cuyo peso por metro lineal es igual al de la corrugada; pero el área real de la sección transversal de las varillas corrugadas es menor que el área tabulada que corresponde al diámetro nominal.

**Propiedades mecánicas del acero**

**Límite de proporcionalidad.** Es el mayor esfuerzo que puede soportar un material dentro del límite elástico. (De acuerdo con la ley de Hooke.)

**Comportamiento elástico.** "La variación de la longitud de un cuerpo, que es estirado o comprimido, es directamente proporcional a la fuerza que causa la deformación, si no se ha excedido al límite elástico." (O sea proporcionalidad entre esfuerzos y deformaciones.)

**Límite elástico.** Es el máximo esfuerzo que puede soportar un material sin sufrir deformaciones permanentes una vez que se ha dejado de ejercer la fuerza.

**Módulo de elasticidad.** Es el cociente entre el esfuerzo y la deformación unitaria correspondiente (dentro de los límites de proporcionalidad).

La varillas para el armado se fabrican con diámetros nominales de fracción de pulgada, designándolas por un número que expresa los octavos de pulgada de su diámetro nominal, ver tabla 2.

Siendo el módulo de elasticidad igual para los 3 grados de dureza.

$E_s = 2,100,000 \text{ kg/cm}^2$ .

Las varillas para concreto armado se fabrican lisas y corrugadas en doce diámetros; estas corrugaciones deben tener una altura mínima de 4 a 5% del diámetro de la propia varilla.

El diámetro especificado para las varillas corrugadas se denomina diámetro nominal, siendo igual al diámetro de una varilla lisa, cuyo peso por metro lineal es igual al de la corrugada; pero el área real de la sección transversal de las varillas corrugadas es menor que el área tabulada que corresponde al diámetro nominal.

#### Propiedades mecánicas del acero

**Límite de proporcionalidad.** Es el mayor esfuerzo que puede soportar un material dentro del límite elástico. (De acuerdo con la ley de Hooke.)

**Comportamiento elástico.** "La variación de la longitud de un cuerpo, que es estirado o comprimido, es directamente proporcional a la fuerza que causa la deformación, si no se ha excedido al límite elástico." (O sea proporcionalidad entre esfuerzos y deformaciones.)

**Límite elástico.** Es el máximo esfuerzo que puede soportar un material sin sufrir deformaciones permanentes una vez que se ha dejado de ejercer la fuerza.

**Módulo de elasticidad.** Es el cociente entre el esfuerzo y la deformación unitaria correspondiente (dentro de los límites de proporcionalidad).

La varillas para el armado se fabrican con diámetros nominales de fracción de pulgada, designándolas por un número que expresa los octavos de pulgada de su diámetro nominal, ver tabla 2.

**VARILLA CORRUGADA PARA REFUERZOS DE CONCRETO  
DIMENSIONES Y PESOS**

<b>VARILLA NUMERO</b>	<b>DIAMETRO mm</b>	<b>DIAMETRO NOMINAL PULGADAS</b>	<b>PERIMETRO mm</b>	<b>AREA cm</b>	<b>PESO Kg/ml</b>	<b>NUMERO DE VARILLAS POR TON</b>
2.5	7.9	5/16	24.8	0.49	0.384	217
3	9.5	3/8	29.8	0.71	0.557	150
4	12.7	1/2	39.9	1.27	0.996	84
5	15.9	5/8	50	1.99	1.56	53
6	19.1	3/4	60	2.87	2.25	37
7	22.2	7/8	68.7	3.87	3.034	27
8	25.4	1	79.8	5.07	3.975	21
10	31.8	1 1/4	99.9	7.94	6.225	12
12	38.1	1 1/2	119.7	11.4	8.938	10

**TABLA 2**

### **Acero especial**

O de alta resistencia. Es un acero elaborado con minerales (o materiales de desperdicio) con un cierto porcentaje de carbono, que los coloca en el grado duro. Generalmente este acero tiene un límite elástico superior a los 4,000 kg/cm<sup>2</sup>, usándose con una fatiga permisible de trabajo de 2,000 kg/cm<sup>2</sup>, lo que equivale a un coeficiente de seguridad de dos (2).

#### **3.1.4.1 Refuerzo longitudinal**

Para la fabricación de postes de concreto reforzado, debe usarse varilla corrugada grado 42 conforme a la norma NOM - B - 6.

Debe ser de una sola pieza; si es necesario hacer traslapes, éstos deben ser de 40 diámetros de longitud a menos que se suelden, en cuyo caso el traslape debe tener una resistencia no menor que la varilla empalmada.

Los traslapes deben ser escalonados de manera que no haya dos en la misma sección transversal, evitando juntar traslapadas en regiones de esfuerzo máximo.

**Nota :** Los traslapes no están permitidos en los postes menores del tipo CR-14.

#### **3.1.4.2 Refuerzo transversal**

El acero empleado en el armado debe estar limpio y libre de sustancias nocivas que destruyan o reduzcan su adherencia.

Debe estar constituido por espirales de alambre grado estructural calibres No. 11 y 14; en el caso de los postes especiales el grado estructural del refuerzo transversal debe ser del No. 9, si el refuerzo transversal presenta empalmes estos deben garantizar una resistencia a la tracción no menor a la del alambre.

#### **3.1.4.3 Armados**

Los armados deben colocarse con precisión y apoyarse adecuadamente protegiéndolos contra desplazamientos, dentro de las tolerancias permitidas para obtener los recubrimientos y disposiciones particulares ver, figura 7.

#### **3.1.4.4 Anillos**

Deben ser de alambre pulido calibre No. 9, ondulados, traslapados en sus extremos y soldados o engargolados ver, figura 7.

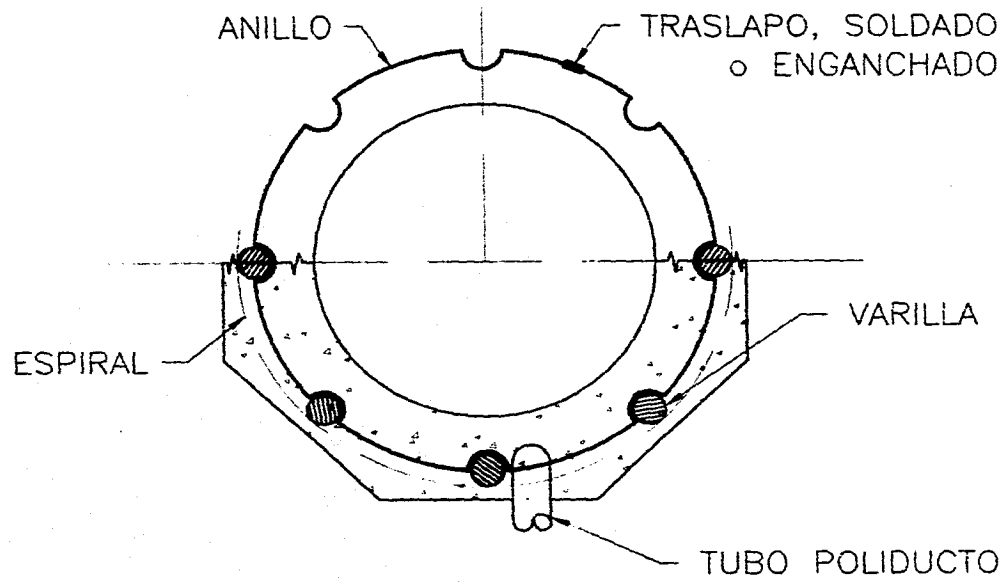


FIGURA 7

#### **3.1.4.5 Amarres**

Deben ser con alambre recocido (calibre No. 16) y tanto los anillos como las espirales deben fijarse al refuerzo longitudinal con ellos.

#### **3.1.5 Aditivos**

Los aditivos se usan algunas veces en mezclas de concreto para una serie de propósitos, principalmente para mejorar la maleabilidad, reducir la segregación del aire (burbujas) y acelerar el fraguado y el endurecimiento.

Materiales en polvo como piedra pómez, cenizas muy finas y cal hidratada, son aditivos muy finos; también sirven para evitar asperezas y evitar dificultades en el vaciado y acabado.

El cloruro de calcio es el único metal aprobado (mediante pruebas y la experiencia) para su uso como acelerante para concretos y la máxima cantidad es el 2% del peso del cemento. Se agrega como parte del agua de la mezcla, o se añade en forma seca en los agregados (arena grava) y manteniéndose separado del cemento hasta que se mezclan todos los elementos al mismo tiempo.

#### **3.1.6 Moldes**

##### **3.1.6.1 Cimbra externa**

La cimbra externa para la fabricación de postes son moldes metálicos de lámina de acero que deben tener la rigidez suficiente para permitir una vibración enérgica sin sufrir deformaciones que alteren sensiblemente sus dimensiones. Se sugiere emplear lámina calibre No. 10, su construcción se debe ajustar a las dimensiones de las figuras 1 a la 5.

##### **3.1.6.2 Cimbra interna**

La cimbra interna también conocida como mandril debe ser de lámina y de forma troncocónica, su función es la de hacer hueco el poste.

##### **3.1.6.3 Canalización a tierra**

Debe ser poliducto de 13 mm de diámetro embebido en el concreto del poste, con salidas en la parte inferior y superior del poste, según plano constructivo, ver figura 7.

La función de la canalización es la de poner a tierra apartarrayos restauradores, seccionadores y banco de capacitores.



## **3.2 Características del Concreto**

### **3.2.1 Resistencias del concreto**

El concreto utilizado para la fabricación de postes CR-6, CR-9, CR-12, deberán, como lo marca la norma, tener una resistencia mínima a la compresión de 250 Kg/cm<sup>2</sup> y para los postes del tipo CR-12E y CR-14E una resistencia de 300 Kg/cm<sup>2</sup>.

### **3.2.2 Resistencia a la compresión**

Dependiendo de la mezcla (y con relación de agua-cemento), del tiempo y calidad del curado, la resistencia del concreto a la compresión puede ser de 560 a 700 kg/cm<sup>2</sup>.

La mayoría del concreto que ha sido elaborado con agregados comunes tiene una resistencia a la compresión de 180 a 420 kg/cm<sup>2</sup>. Los que más se utilizan son los de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

En los lugares donde una mezcla produce concretos de una resistencia mucho menor a la requerida, deberá disminuirse la relación agua/cemento. La resistencia de la mezcla debe calcularse por encima de la resistencia supuesta en los cálculos; es bueno un aumento del 15%. La resistencia de concretos fabricados con agregados ligeros es generalmente menor y el proporcionamiento de estas mezclas deberá estar basado en pruebas de laboratorio, teniendo agregados ligeros que producen concretos de 210 kg/cm<sup>2</sup> y algunos de 350 kg/cm<sup>2</sup>, cuando la vigilancia es perfectamente adecuada.

La determinación de la fatiga de ruptura del concreto ( $f_c$ ) está basada en los resultados de pruebas sobre cilindros de 15 x 30 cm curados en el laboratorio y probando su resistencia a los 28 días de colados, según lo establecido por la norma NOM-C83 **Determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto.**

### **3.2.3 Resistencia a la tracción**

La resistencia del concreto a la tracción es relativamente baja (aproximadamente del 10% al 15% de su resistencia a la compresión, pero puede ser hasta del 20%), siendo la resistencia del concreto a la tracción más difícil de determinar que su resistencia a la compresión. Los resultados de las pruebas de tracción son más variables.

### **3.2.4 Resistencia al corte**

La resistencia del concreto al corte es bastante grande, pudiendo variar del 35% al 80% de su resistencia a la compresión; en las pruebas es muy difícil separar el esfuerzo cortante de otros esfuerzos y a esto se debe la variación de los resultados. Los valores más bajos representan el intento de separar los efectos de fricción en los esfuerzos cortantes.

La fatiga admisible al corte debe ser limitada a valores más bajos para proteger el concreto de otros esfuerzos diagonales de tracción; esos esfuerzos son a veces confundidos con esfuerzos cortantes.

Edad del concreto

El concreto elaborado con cemento normal adquiere su fatiga de trabajo a los 28 días y para cemento fraguado rápido su fatiga la adquiere a los 4 días.

Las ventajas del cemento normal son:

Costo. Fraguado más lento y con el tiempo adquiere una resistencia superior a la del cemento de fraguado rápido (en las mismas condiciones)

Las ventajas del fraguado rápido son:

Adquiere su fatiga de trabajo a los 4 días, pudiéndose descimbrar con rapidez en colado de estructuras, representando un ahorro de tiempo que en algunos casos (dependiendo del tipo de obra) compensa grandemente el costo del cemento de fraguado rápido (siendo mayor que el normal por los aditivos especiales empleados).

### **3.2.5 La adherencia**

La adherencia es la resistencia a deslizarse desarrolladamente entre el concreto y las varillas. El esfuerzo de adherencia se expresa en  $\text{kg/cm}^2$  del área superficial de contacto de varillas lisas, redondas. El lograr evitar el deslizamiento entre las barras de refuerzo (varillas) y el concreto es de gran importancia en toda construcción de concreto armado y la resistencia al deslizamiento, conocida como adherencia, puede ser la resultante de la fricción y/o resistencia adhesiva al deslizamiento. Para lograr el equivalente de resistencia se emplean a veces anclajes en los extremos, extensiones y varillas dobladas (ganchos).

La resistencia a la adherencia varía considerablemente según el tipo de cemento, de los aditivos y la relación agua/cemento; todo esto influye en la calidad de la mezcla del concreto. Esto no se reduce notablemente mediante aire arrastrado; aumenta por la vibración retardada si se aplica debidamente y durante un tiempo adecuado, lo que mejora aparentemente el contacto, después que tiene lugar el encogimiento por asentamiento (revenimiento). Es mayor para concreto seco que

para concreto húmedo: es menor para varillas horizontales que para varillas verticales.

La resistencia a la adherencia se reduce por humidificación y secado alternos por la carga aplicada, o temperaturas bajas.

### **3.2.6 Dosificación del concreto**

La calidad del concreto fabricado está en función de la calidad particular de cada uno de los elementos y de las cantidades en que éstos se dosifiquen.

Con el objeto de reducir al mínimo variaciones entre las diferentes revolturas de concreto, es conveniente que los materiales que intervienen en el proceso de dosificación sean pesados.

Para definir la proporción en que deben combinarse los elementos componentes del concreto, deberán tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Producir mezclas con la consistencia menos fluida que pueda trabajarse, es decir, usar la mínima cantidad de agua posible por  $m^3$  de concreto.
- b) Llevar un estricto control de la relación agua/cemento, esto por la importante influencia en la resistencia del concreto.
- c) Emplear el tamaño más grande de agregados que pueda manejarse sin segregación y que sea admitido por las condiciones geométricas y de refuerzo de los postes.
- d) Utilizar la mínima cantidad de arena por  $m^3$  de concreto que sea compatible con la manejabilidad del mismo y de sus condiciones de acabado.
- d) Otro factor que debe considerarse y que es muy importante y que influye en la resistencia del concreto es la humedad de los agregados.

Para la dosificación de las cantidades de agregados que deben intervenir en la elaboración de cada revoltura de concreto, normalmente se requiere de una aproximación de 1 por ciento si las fracciones se miden en forma individual, y 2 por ciento si se miden acumuladamente en la misma tolva o recipiente. Para conseguir esta aproximación, es requisito indispensable que la dosificación se haga por peso, lo cual ha sido una costumbre invariable en las grandes obras y tiende a serlo también en las menores.

Para quienes conserven la costumbre de emplear las dosificaciones de agregados por volumen, conviene recordar que la cantidad efectiva de material que se dosifica al pretender medir un volumen aparente constante, es una variable que depende de numerosos factores, tales como las variaciones de granulometría y humedad de las partículas, geometría del recipiente y grado de compactación.

En la actualidad no existe justificación para continuar dosificando los agregados por volumen, pues resulta factible conseguir equipos de dosificación por peso de capacidad adecuada para las obras menores, siendo el más sencillo una simple báscula de plataforma habilitada para pesar botes o carretillas. El aumento de calidad y la reducción en el consumo del cemento que pueden conseguirse, deben ser aliciente para implantar la dosificación de los agregados por peso en todas las obras menores.

Ejemplo de dosificación de un concreto de  $250 \text{ kg/cm}^2$  por peso de los materiales.  
El concreto que se requiere no estará expuesto a intemperismo severo o al ataque de sulfatos. Las condiciones son las siguientes:  
Resistencia a la compresión de  $250 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días  
Revenimiento de 8 a 10 cm  
El agregado grueso disponible es de 4.75 a 40 mm que es el adecuado  
El peso del agregado grueso, compactado con varilla y seco es de  $1600 \text{ kg/cm}^3$

La cantidad aproximada de agua de mezcla que se empleará para producir un revenimiento de 8 10 cm en un concreto sin aire incluido con agregado de 40 mm de acuerdo a la especificación del ACI es de  $175 \text{ kg/m}^3$

De acuerdo al ACI la relación agua cemento necesaria para producir una resistencia de  $250 \text{ kg/cm}^2$  en un concreto sin aire incluido se estima en aproximadamente 0.62.

Con la información obtenida, el contenido de cemento será de:

$$175/0.62=282 \text{ kg/ m}^3$$

La cantidad de agregado grueso de acuerdo al ACI para un agregado fino con módulo de finura de 2.8 y un agregado grueso con tamaño máximo de 40 mm, recomienda  $0.72 \text{ m}^3$  de agregado grueso, compactado con varilla y seco, por metro cúbico de concreto. Por lo tanto, el peso seco del agregado grueso será de:  $0.72 \times 1600 = 1152 \text{ kg}$

El ACI refiere que el peso de un metro cúbico de concreto sin aire incluido, elaborado con agregado de tamaño máximo de 40 mm, se estima en aproximadamente de 2420 kg.

Para calcular el peso de la arena partimos de los pesos conocidos de los materiales:

Agua (de mezclado neta)	175 kg
cemento	282 kg
Agregado grueso	1152 kg

**Total = 1609 kg**

por lo tanto el peso de la arena es:  
 **$2420 - 1609 = 811 \text{ kg (seco)}$**

Con base en el volumen absoluto:

Volumen de agua	$175/1000$	$= 0.175 \text{ m}^3$
Volumen absoluto de cemento	$282/315 \times 1000$	$= 0.090 \text{ m}^3$
Volumen absoluto de agregado grueso	$1152/2.68 \times 1000$	$= 0.430 \text{ m}^3$
Volumen de aire atrapado	$0.01 \times 1.0$	$= 0.010 \text{ m}^3$
Volumen absoluto		$= 0.705 \text{ m}^3$
Volumen absoluto de arena	$1.000 - 0.705$	$= 0.295 \text{ m}^3$
Peso requerido de arena seca	$0.295 \times 2.64 \times 1000$	$= 779 \text{ kg}$

### 3.2.7 Relación agua/cemento

De los ingredientes del concreto, el agua es el que manifiesta menos variaciones cuando se le dosifica por peso o volumen. No obstante esa facilidad, paradójicamente, es el que suele dosificarse con menos precisión. Asimismo, tal vez por ser el más económico, es el ingrediente más prodigado: si la mezcla se observa seca se acostumbra a fluidizarla adicionando agua, pero si se le observa fluida se le deja y utiliza así.

Para reducir las fluctuaciones en el contenido unitario de agua, debidas a mala dosificación, ésta debe efectuarse por un medio que asegure aproximación de 1 por ciento, lo cual, en obras menores puede lograrse mediante un depósito vertical de forma cilíndrica, provisto de un dispositivo de sifón que solamente permita extraer la cantidad de agua prefijada.

Si en un momento dado, después de añadir dicha cantidad, la consistencia de la mezcla cambia de una a otra revoltura y se observa seca, puede ajustarse adicionando agua y cemento en proporciones adecuadas para conservar constante la relación agua/cemento.

Si por el contrario se observa fluida, el ajuste permisible consiste en adicionarle agregados y cemento en proporciones adecuadas para que no se altere la relación agua/cemento que corresponde al proporcionamiento empleado.

Los cambios en el contenido de humedad de los agregados pueden derivar de variaciones atmosféricas, condiciones de humedad en que se les obtenga y lapso que transcurra entre su obtención y empleo. Así, es frecuente que se manifiesten variaciones notables, aún en el desarrollo de un mismo colado.

Debe recordarse que las cantidades de agregados por revoltura, con frecuencia se basan en la condición teórica de humedad que se define como saturada y superficialmente seca, y en la cual no toman ni ceden agua. Esto, con objeto de poder definir con precisión el valor justo de la relación agua/cemento, puesto que no se considera que el agua de saturación (ubicada en el interior de los agregados) participe en la hidratación de cemento.

Como en la práctica los agregados no se encuentran en esa condición de humedad, es necesario ajustar la cantidad efectiva de agua en función de su humedad real: si se encuentran secos hay que incrementar el agua, y si están húmedos hay que reducirla.

### 3.2.8 Revenimiento

Debido a la importancia que tiene el grado de plasticidad o facilidad del manejo de un concreto, los conceptos en pastas secas, semihúmedas y fluidas no bastan para comparar dos o más concretos de igual resistencia.

Para eso se redujo la consistencia a números que determinan los hundimientos de las mezclas en condiciones o ensayos similares; este ensayo es el llamado Revenimiento.

Este consiste en medir el hundimiento que sufre un tronco de cono de concreto fresco al retirarle el apoyo; para hacer esta prueba se usa un molde metálico, cuyas medidas son 30 cm de altura, 10 cm en su base superior y 20 cm en su base de apoyo (llamado cono de Abrams).

La prueba se lleva a cabo colocando el molde sobre una superficie horizontal y se vacía en él hasta llenarlo, en tres capas de igual espesor con la revoltura cuya plasticidad se desea clasificar, picando cada una de las capas de 20 a 25 veces con una varilla de 5/8" para apisonar el material. Se enrasa el concreto a nivel de la base superior del molde, el cual se saca cuidadosamente hacia arriba. Sobre la superficie horizontal donde descansa el cono queda la revoltura, que por falta de apoyo de las paredes laterales se reventará más o menos, según su fluidez.

La diferencia en centímetros entre la altura del molde y la final de la pasta seca, se denomina revenimiento y es tanto mayor cuanto más fluida es la revoltura.

En una de cada cinco revolturas es posible configurar la variabilidad de la consistencia de la mezcla e ir la regulando sucesivamente por medio de ajuste en la dosificación del agua.

La normatividad vigente para la construcción de postes señala que el revenimiento debe ser de  $10 \pm 2$  cm.

### 3.2.9 Durabilidad

Es importante garantizar una larga vida al concreto ya que en el caso de los postes, éstos están expuestos al intemperismo y deben de tener una gran durabilidad, a continuación haremos una lista de requisitos importantes para garantizar una larga vida:

- 1.- Los agregados deben estar limpios y libres de sustancias orgánicas, y otras que sean contaminantes, y deben ser de estructuras y composición mineral tales que garanticen su durabilidad por sí mismos. Deben estar libres de constituyentes que reaccionen desfavorablemente con los componentes del cemento.

2.- Los métodos de almacenamiento y manejo de los agregados y las mediciones de todos los ingredientes deberán permitir que la mezcla diseñada pueda obtenerse correctamente.

3.- El concreto debe mezclarse adecuadamente, ser transportado y colocado por procedimientos que eviten la segregación y pérdida de sus ingredientes.

4.- La disposición de las juntas y los métodos de liga entre colados sucesivos, son detalles importantes que pueden afectar la durabilidad de las estructuras, aunque el concreto sea durable de por sí.

5.- No se debe descuidar el curado del concreto. Éste incluye la protección contra temperaturas extremas, así como también suministro de humedad durante los periodos críticos iniciales. Ningún detalle de la construcción de concreto ofrece tal posibilidad de incrementar la resistencia y durabilidad a tan bajo costo como la que proporciona un buen curado.

Principales ventajas que ejerce el concreto:

Bajo costo de fabricación y conservación.

Adaptabilidad a cualquier forma.

Altas resistencias a la compresión.

Rapidez de ejecución.

Resistencia a fenómenos naturales.



## CAPITULO 4

### PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS

#### 4.1 ACTIVIDADES A DESARROLLAR PARA LA FABRICACIÓN DE POSTES DE CONCRETO

Dada la importancia que tienen los postes de concreto usados para la distribución de energía eléctrica, es necesario que las diferentes actividades que se llevan a cabo para su fabricación se realicen con el mayor esmero y atención, pues de esto depende la calidad y comportamiento del producto final.

A continuación se señalan los aspectos más importantes del procedimiento constructivo.

##### 4.1.1 Dosificación

La dosificación de una mezcla para un concreto se reduce a la elección de una relación apropiada de agua/cemento, para una resistencia dada (haciendo posible el manejo del concreto) y a definir la granulometría de los agregados inertes (para que sea adecuada a la resistencia pedida) y que el volumen de vacíos (burbujas de aire o huecos) entre los agregados sea el menor posible, para hacer el conglomerado de acuerdo a la compacidad necesaria, siempre y cuando la relación agua/cemento se mantenga constante para así mantener también constante la resistencia del concreto.

##### 4.1.2 Mezclado

Esta operación tiene por objeto final lograr un contacto íntimo entre el agua y el cemento para formar una pasta homogénea y distribuir uniformemente las partículas de los agregados en el conjunto de la mezcla, de tal manera que cualquier porción de ella presente las mismas características y la misma composición, y en consecuencia, la mezcla obtenga las mismas propiedades al cabo del tiempo.

El mezclado del concreto deberá hacerse mecánicamente.

Se sugiere que el orden de carga en la revolvedora sea el siguiente:

Parte de agua, agregado grueso, cemento, agregado fino, y el resto del agua.

El tiempo mínimo de mezclado empieza a contar a partir de que todos los ingredientes se han vaciado dentro y varía en función de la capacidad nominal del equipo empleado; para revolventoras de tambor con capacidad de hasta  $1\text{m}^3$  se sugiere que el tiempo de mezclado sea de 1.5 a 2 minutos.

#### Elaboración mecánica

Se efectúa mediante mezcladoras rotatorias (o de tambor), se carga por medio de cucharones móviles de capacidad de  $1/3\text{ m}^3$  ( $0.38\text{ m}^3 = 1/2$  de yarda) y con tolvas si es necesario mayor capacidad; en el tambor de acero se mezclan los materiales necesarios en seco. Todos los agregados deben ser mezclados completamente hasta lograr una apariencia uniforme, con todos los ingredientes perfectamente distribuidos.

El tiempo requerido para un mezclado completo depende de muchos factores; las especificaciones usualmente exigen un mínimo de un minuto para mezcladoras de hasta  $3/4$  de  $\text{m}^3$  de capacidad con aumento de 15 segundos por cada  $1/3\text{ m}^3$  de capacidad adicional.

El periodo de mezclado se empieza a contar desde el momento en que todos los materiales sólidos se encuentran dentro de la mezcladora. Se añadirá toda el agua requerida antes de haber transcurrido la tercera parte del tiempo de mezclado; el proporcionamiento del agua se hace mediante un tanque debidamente calibrado, la descarga del agua al tambor de la revolventora se hace después de haber mezclado los materiales en seco.

En el interior del cilindro se revuelve la mezcla por medio de espas y haciendo que avance hacia la salida, descargándose con un cucharón basculante en el otro lado de la tolva de entrada. Debido al movimiento rotatorio del tambor y a la forma de las espas, la mezcla es dirigida hasta el cucharón que al ser bajado permite la salida de la revoltura, los sistemas motrices pueden ser de gasolina o eléctricos.

Hay mezcladoras dosificadoras desde  $0.08\text{ m}^3$  ( $2\text{ ft}^3$ ) hasta  $3\text{ m}^3$  ( $4\text{ yd}^3$ ).

Para trabajos comunes de construcción hay mezcladoras normales desde  $0.10\text{ m}^3$  hasta  $0.80\text{ m}^3$ . Para obras mayores hay mezcladoras desde  $1.59\text{m}^3$  a  $2.33\text{ m}^3$ , teniendo para otros tipos de trabajos hasta de  $3.17\text{ m}^3$ .

No hay que cargar las mezcladoras con mayor capacidad de la indicada, ni ponerlas a trabajar a mayor velocidad de la especificada. Si se desea aumentar el

rendimiento se usará otra mezcladora mayor o una adicional ; no se deberá sobrecargar o forzar el equipo, si las paletas de la mezcladora se desgastan o se impregnan de concreto endurecido, la acción del mezclado resultará menos eficiente.

Las mezcladoras pueden ser de tipo basculante o no basculante; el tipo basculante tiene la ventaja de rápida descarga y fácil limpieza. Los dos tipos pueden tener cucharones para cargar, a diferencia de las no basculantes que tienen una oscilante para descarga. También se pueden encontrar mezcladoras que tienen dispositivos para medir el tiempo y no se descargan hasta que haya transcurrido el tiempo fijado para el mezclado.

Como la operación de mozclado del concreto tiene por finalidad obtener homogeneidad en la distribución de sus componentes, conviene poder discernir cuándo es homogénea la mezcla.

Un medio sencillo para comprobar si el concreto es homogéneo cuando sale de la mezcladora, consiste en tomar dos muestras de la misma revoltura, procurando interceptar el chorro de descarga con recipiente adecuado. La primera muestra debe obtenerse durante la descarga de la primera cuarta parte del volumen mezclado y la segunda durante la descarga de última cuarta parte. A cada muestra debe determinársele revenimiento y peso volumétrico.

Además, deben elaborarse en cada caso tres cilindros, para ensayarlos a los siete días de edad. Se considera que la revoltura es homogénea, si los resultados obtenidos en ambas muestras no manifiestan diferencias que excedan de los siguientes valores:

#### 1.- Revenimiento

Si el promedio es igual o menor de 10 cm: diferencia permisible 1.5 cm

Si el promedio es mayor de 10 cm diferencia permisible 3.0 cm

#### 2.- Peso volumétrico diferencia permisible 20 kg/m<sup>3</sup>

3.- Resistencia a compresión a los siete días de edad diferencia permisible 10 kg/cm<sup>2</sup>

Si como resultado de estas pruebas se determina que la revoltura no es homogénea, esto puede relacionarse con varias causas posibles: tiempo de mezclado insuficiente, velocidad de rotación inadecuada(excesiva o insuficiente),

rendimiento se usará otra mezcladora mayor o una adicional ; no se deberá sobrecargar o forzar el equipo, si las paletas de la mezcladora se desgastan o se impregnan de concreto endurecido, la acción del mezclado resultará menos eficiente.

Las mezcladoras pueden ser de tipo basculante o no basculante; el tipo basculante tiene la ventaja de rápida descarga y fácil limpieza. Los dos tipos pueden tener cucharones para cargar, a diferencia de las no basculantes que tienen una oscilante para descarga. También se pueden encontrar mezcladoras que tienen dispositivos para medir el tiempo y no se descargan hasta que haya transcurrido el tiempo fijado para el mezclado.

Como la operación de mezclado del concreto tiene por finalidad obtener homogeneidad en la distribución de sus componentes, conviene poder discernir cuándo es homogénea la mezcla.

Un medio sencillo para comprobar si el concreto es homogéneo cuando sale de la mezcladora, consiste en tomar dos muestras de la misma revoltura, procurando interceptar el chorro de descarga con recipiente adecuado. La primera muestra debe obtenerse durante la descarga de la primera cuarta parte del volumen mezclado y la segunda durante la descarga de última cuarta parte. A cada muestra debe determinársele revenimiento y peso volumétrico.

Además, deben elaborarse en cada caso tres cilindros, para ensayarlos a los siete días de edad. Se considera que la revoltura es homogénea, si los resultados obtenidos en ambas muestras no manifiestan diferencias que excedan de los siguientes valores:

#### 1.- Revenimiento

Si el promedio es igual o menor de 10 cm diferencia permisible 1.5 cm

Si el promedio es mayor de 10 cm diferencia permisible 3.0 cm

#### 2.- Peso volumétrico diferencia permisible 20 kg/m<sup>3</sup>

#### 3.- Resistencia a compresión a los siete días de edad diferencia permisible 10 kg/cm<sup>2</sup>

Si como resultado de estas pruebas se determina que la revoltura no es homogénea, esto puede relacionarse con varias causas posibles: tiempo de mezclado insuficiente, velocidad de rotación inadecuada(excesiva o insuficiente),

tamaño máximo de agregado. Algunas de estas causas pueden ser corregibles, pero otras pueden requerir que se cambie el equipo de mezclado por otro más adecuado.

En ocasiones, aunque la revoltura se aprecie homogénea en el interior de la mezcladora en movimiento, puede disgregarse durante la operación de descarga.

Este efecto se intensifica cuando la operación se hace lentamente, a fin de verter porciones en diferentes recipientes. Para evitarlo, se recomienda vaciar toda la revoltura, en una sola operación de descarga, dentro de un recipiente único de capacidad adecuada, desde donde pueda distribuirse a los recipientes del equipo de transporte.

Es frecuente que la primera revoltura que se produzca resulte con aspecto excedido en grava, debido al mortero que se adhiere en el interior de la mezcladora. Esto se evita mezclando inicialmente una pequeña revoltura de mortero que se desperdicie, o bien incrementando en diez por ciento las cantidades de cemento y arena que se dosifiquen para hacer la primera revoltura de concreto.

#### **4.1.3 Transportación**

Debe efectuarse cuidando que se satisfagan dos requisitos esenciales: que sea lo suficientemente rápido para evitar que el concreto se seque y pierda revenimiento antes de ser colocado, y que sea eficaz para evitar que se produzca segregación y pérdida de mortero o lechada.

Existen diversos medios y equipos en uso para transportar concreto, aunque no todos son aptos para cumplir los requisitos anteriores.

Los equipos que se emplean con mayor frecuencia son:

Carretíles y vagues

Malacates y montacargas

Tubos y canalones

Camiones de varios tipos

Botes accionados por grúas

Bandas transportadoras

**Bandas transportadoras**

**Bombas de concreto**

**Transportadores neumáticos**

Para la selección del más adecuado, se requiere tomar en cuenta los siguientes aspectos principales: volumen de concreto a transportar; distancia mínima, media y máxima; consistencia especificada (reventamiento) y tamaño máximo del agregado en las mezclas; accesibilidad y medios disponibles para colocar el concreto dentro de las cimbras.

Las carretillas y vagues (de mano o mecanizadas) son equipos de bajo costo, útiles para mover volúmenes reducidos en distancias cortas, razones por las cuales se les encuentran frecuentemente en obras menores.

#### **4.1.4 Colocación**

La colocación del concreto es la operación de introducirlo en el espacio delimitado por las cimbras que configuran la estructura. Algunos equipos de transporte de concreto, como las bombas, cumplen también con el objetivo de colocarlo.

Muchos de los defectos de construcción más comunes se atribuyen a prácticas inadecuadas durante la colocación del concreto. Para contribuir a que sean menos frecuentes debemos seguir las siguientes sugerencias:

No se debe colocar concreto que se reciba previamente segregado, pues lo normal es que las operaciones subsecuentes tiendan a incrementar la segregación, en vez de reducirla. Es preferible corregir fallas que ocurran en la etapa previa o bien remezclar el concreto antes de colocarlo

El concreto no debe descender en caída libre deben colocarse tubos cónicos rígidos

Debe evitarse el desplazamiento horizontal del concreto dentro del área de colocación. Para lograrlo deben hacerse arreglos para que el concreto se deposite en diversos puntos que abarquen todo el espacio por llenar

Deben evitarse las acumulaciones de concreto en un mismo punto de descarga o su colocación mediante capas con demasiado espesor, pues en ambos casos forman taludes donde el agregado se segrega y, además, no es posible darle la compacidad adecuada.

En el caso de la fabricación de postes, es conveniente que la colocación de la mezcla se efectúe de manera rápida y que se evite la formación juntas frías.

#### 4.1.5 Compactación

El vibrado del concreto es de mucha importancia para un colado efectivo y su aplicación correcta es factor esencial en todo tipo de obra; el procedimiento para un útil vibrado varía con el tipo de trabajo, con el tipo de vibrador utilizado y con la calidad del concreto.

El uso del vibrador en un colado puede favorecer la resistencia del concreto, ya que es posible utilizar menor cantidad de agua en la revoltura, lográndose con el vibrado que las partículas del concreto se pongan en movimiento, reduciendo de ese modo la fricción entre ellas, haciendo que la mezcla sea más fluida, y por consiguiente facilitando el colado y mejorando el acabado por la misma uniformidad lograda por este medio.

El vibrado se hace cuando los concretos son relativamente secos, debido a que la resistencia del concreto está en relación directa con la proporción de agua cemento.

Los vibradores varían entre 3,500 revoluciones por minuto (r.p.m.) a unos 12,000 r.p.m. aproximadamente, con un diámetro de 3/4" a 2" utilizándose generalmente los de 7,000 r.p.m. con un diámetro de pulgada y media.

La energía de los vibradores se utiliza para mover el concreto horizontalmente en lugar de consolidarlo verticalmente, siendo probable que la segregación se produzca por un mal vibrado; al igual, si se usa en exceso, estancándose los agregados gruesos en el fondo, mientras que el cemento queda en la parte superior.

Será preciso tener cuidado de colocar los vibradores a suficiente profundidad para agitar efectivamente el fondo de cada capa de concreto; los vibradores se introducirán y retirarán lentamente y deberán operarse continuamente mientras se extraen.

Para el uso correcto de los vibradores de inmersión conviene atender las siguientes recomendaciones:

1.- El vibrador debe introducirse y extraerse del concreto con lentitud, en dirección completamente vertical y a distancias regulares. Frecuentemente se considera suficiente espaciar de 40 a 75 cm los puntos de inserción y efectuar la extracción en un lapso no menor de 5 segundos.

2.- El tiempo que el vibrador debe permanecer dentro del concreto en cada inserción depende principalmente de consistencia. Normalmente son suficientes de 5 a 15 segundos.

3.- Evítase sobrevibrar el concreto, porque se produce segregación al fluir demasiada lechada o mortero hacia la superficie y hacia las paredes que lo confinan. También debe evitarse la tendencia a desplazar lateralmente el concreto mediante la aplicación inclinada del vibrador, por la misma razón.

En la compactación de concreto también se puede utilizar sistemas de vibrado externo.

#### 4.1.6 Curado

Cuando se mezcla cemento y agua, tiene lugar una reacción llamada hidratación que hace que el cemento, y por lo tanto el concreto, se endurezca y desarrolle su resistencia, este desarrollo de resistencia se observa sólo si el concreto se mantiene húmedo y a temperatura favorable, especialmente durante los primeros días.

El aumento de resistencia con el tiempo es cierto, mientras se evite secarse al concreto. Si se pierde agua cesan las reacciones químicas, requiriéndose mantenerse húmedo cuanto más tiempo sea posible.

Cuando cesa el curado, aumenta la resistencia pero solo por un corto periodo de tiempo; sin embargo si se renueva la cura por humedad, aún después de un prolongado periodo de secado, la resistencia volverá a aumentar. Por esta razón se recomienda una curación húmeda continua del concreto, desde el vaciado hasta que ha logrado la calidad deseada.

El tiempo de fraguado inicial es igual para todo tipo de concreto, aproximadamente de 45 minutos el cual ya no es manejable, y el tiempo de fraguado final es de 10 horas dependiendo de la sección.

Para conservar la humedad existen varios procedimientos:

Curado con agua (inundación o inmersión, riego o aspersión, materiales saturados como yute, arena, aserrín, etcétera).

**Materiales selladores:**

Telas plásticas, papeles impermeables, líquidos que forman membrana, etcétera.

Independientemente del método que se seleccione, los postes de concreto reforzado deben ser curados para garantizar un comportamiento adecuado en el futuro.



#### **4.1.7 Acabado**

Para lograr una superficie durable del concreto se tienen que seguir con cuidado los procedimientos apropiados. El concreto utilizado debe ser del menor revenimiento posible para su consolidación apropiada, preferiblemente mediante vibración mecánica.

Después de la consolidación, los trabajadores de aplanado y pulido, y el primer allanado deben llevarse a cabo de tal manera que el concreto se trabaje y se manipule lo menos que sea posible, para obtener el resultado deseado. Manipular el concreto en demasía trae excesivos finos y aguada la superficie terminada, causando efectos indeseables, como agrietamiento y cuarteaduras.

Existen dos tipos principales de acabados en las superficies de concreto: los que se producen por contacto con los moldes que lo confinan y los que se obtienen mediante la aplicación de herramientas o dispositivo. En cada tipo existen clases que se distinguen por las tolerancias geométricas y por la tersura de las superficies resultantes. Ambos requisitos suelen establecerse en función del aspecto decorativo, de las condiciones de exposición y servicio, y del carácter provisional o permanente de las estructuras.

#### **4.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS ACTUALMENTE EN LAS FÁBRICAS DE POSTES DE LA EMPRESA LUZ Y FUERZA**

Como ya se anotó anteriormente, la fabricación de los postes de concreto reforzado del Luz y Fuerza del Centro se lleva a cabo en sus dos fábricas, la del norte Cuatro Caminos y la del sureste Vicente Guerrero, en las dos fábricas los procedimientos constructivos son similares

Las principales actividades para la fabricación de los postes de concreto reforzado son las siguientes.

##### **4.2.1 Fabricación de anillos**

Los anillos son piezas circulares de alambre galvanizado fabricados por medio de una máquina denominada roladora que se diseñó exclusivamente para este proceso, a la máquina roladora se le coloca un rollo de alambre galvanizado y ella va jalando el alambre hacia un disco que tiene el diámetro del anillo requerido, este disco es intercambiable de acuerdo a las necesidades que se tengan,

Este disco le va formando las muescas al anillo sobre las cuales se apoyará el acero de refuerzo longitudinal, el disco tiene una aspa que hace un corte

automáticamente una vez formado en su totalidad el perímetro del anillo

Ya formados los anillos pasan a una máquina punteadora donde son soldados a tope con soldadura eléctrica, una vez soldados son almacenados para posteriormente ser utilizados.

#### **4.2.2 Habilitación del acero de refuerzo**

El alma o soporte del poste lo integra un castillo, el cual es armado manualmente sobre bancos metálicos.

Primero el acero es acarreado desde el lugar de almacenaje hasta los bancos de trabajo, una vez que ya está colocado en el lugar tanto las varillas, como el alambre recocido y el alambre galvanizado, en ese momento dos armadores proceden a fabricar el castillo, primero colocan el refuerzo longitudinal sobre los anillos, y es fijado a éstos con alambre recocido. Las cantidades y las dimensiones del acero longitudinal se deben ajustar exactamente a las dimensiones que marcan las normas y especificaciones.

Lo que forma el refuerzo transversal es un zuncho de alambre que es colocado también en forma manual en espiral, a todo lo largo del refuerzo longitudinal del poste y que cumpla con la separación y las especificaciones del plano constructivo para cada tipo de poste que se va a fabricar.

Los armadores se dedican exclusivamente a fabricar los armados de los castillos de los postes.

#### **4.2.3 Limpieza y lubricación de la cimbra**

Esta cimbra o concha como también se le conoce es limpiada perfectamente y se le aplica aceite quemado o diesel, esto se lleva a cabo con el fin de que el descimbrado sea de una manera fácil y rápida y que el poste no se pegue a la cimbra y sufra alguna despostillada.

#### **4.2.4 Colocación del acero de refuerzo**

Ya que el castillo fue terminado, los formeros proceden a colocarlo manualmente en el interior de la cimbra metálica correspondiente al tipo de poste que se va a fabricar, ya que los postes son huecos, se coloca en el interior del castillo una cimbra interna que también se le conoce como mandril, esta pieza al igual que la concha es lubricado con aceite quemado o diesel.

Ya colocado el castillo y el mandril son suspendidos dentro de la cimbra con alambre recocido, esto con el fin de evitar que se peguen uno al otro y a la

cimbra; con este proceso a estos elementos se logra el recubrimiento necesario que requiere el acero.

#### **4.2.5 Fabricación del concreto**

El concreto requerido es fabricado en el lugar con revolvedoras semifijas de dos y tres sacos y con el proporcionamiento en volumen necesario para lograr una resistencia de entre 250 y 300 kg/cm<sup>2</sup>.

EL cemento es acarreado en carretillas desde una bodega y es colocado junto a la revolvedora; en esta bodega el cemento esta protegido de la humedad, (como ya se sabe el cemento es el más delicado de los materiales que forman el concreto y debe de ser manejado con más cuidado).

Una vez colocado el cemento junto a las revolvedora y como los depósitos de agregados pétreos se localizan a los lados de las revolvedoras, de ahí se toman manualmente la grava y la arena en carretillas y se vierten en las tolvas de las máquinas junto con el cemento y en ese momento se procede a la fabricación del concreto.

El operador agrega agua y procede a realizar el mezclado. Durante este proceso el operador agrega un aditivo acelerante del fraguado, esto sucede generalmente en temporada de lluvias.

La finalidad principal del mezclado es lograr una pasta homogénea y distribuir uniformemente los agregados gruesos y finos en el conjunto, de manera que cualquier porción de la mezcla tenga la misma composición y las mismas propiedades. El tiempo de mezclado es de aproximadamente de 1 a 1.5 minutos.

#### **4.2.6 Transportación y colocación del concreto**

Una vez terminado el mezclado del concreto, este es depositado en carros-góndolas basculantes que se deslizan sobre rieles, estos carros se utilizan en la fábrica de Cuatro Caminos, En la fábrica Vicente Guerrero el concreto es vaciado en vogues y empujados manualmente por el personal operativo.

El concreto es vaciado en las cimbras por gravedad en el caso de los carros-góndola y por paleo en el caso de los vogues.

#### **4.2.7 Compactación**

Esta operación tiene por objeto someter al concreto recién colocado en la cimbra a acciones, que le permitan llenar todo el espacio para lograr la máxima compacidad.

La práctica seguida para compactar el concreto, en las fábricas mencionadas, consiste en someterlo a vibraciones por medio de equipos vibratorios externos.

Dichos equipos constan de una flecha apoyada sobre chumaceras e instaladas en la parte inferior de la cimbra, asimismo cuentan también con balancines y una polea en un extremo a la que se acopla un motor eléctrico móvil por medio de una banda que hace girar todo el conjunto, transmitiendo las vibraciones suficientes para compactar el concreto.

Todo este sistema fue diseñado exclusivamente para este proceso y cumple satisfactoriamente con su cometido.

En algunos casos se llega a utilizar el vibrador de inmersión que también cumple con los requerimientos, salvo que es un poco más lento el proceso de compactación.

#### **4.2.8 Extracción del mandril**

Después de colocado el concreto el mandril es girado periódicamente, con el fin de que no se pegue al concreto, después de transcurridas 4 horas aproximadamente el mandril es extraído con auxilio de un polipasto mecánico.

#### **4.2.9 Curado**

Como ya se mencionó anteriormente cuando se mezcla el cemento con el agua, se da lugar a una reacción química llamada hidratación que hace que el cemento, y por consiguiente el concreto, se endurezca y desarrolle su resistencia.

Este desarrollo de resistencia se observa sólo si el concreto se mantiene húmedo y a temperatura favorable, especialmente los primeros días.

La práctica seguida en las fábricas de Luz y Fuerza para el curado de los postes, consiste en bañar el poste con agua por un par de días, el concreto desarrolla una mejor resistencia si mantiene húmedo y a temperatura favorable durante los primeros días.

#### **4.2.10 Descimbrado**

La cimbra interna llamada mandril debe extraerse poco antes de terminado el fraguado final a efecto de evitar desprendimientos internos que disminuyan la sección y dejen expuestos los armados.

La cimbra externa puede ser retirada después de 20 horas de colado el poste, pero debe evitarse el uso de barretas que dañen al concreto; se sugiere utilizar desmoldantes.

Los postes acabados deben de tener el color natural del concreto, sin pintura o barniz y con los datos de identificación en una de sus caras.

Las cimbras metálicas empleadas están formadas por una base fija a las que se le colocan costados desmontables llamados conchas que dan la forma octagonal al poste.

Después de veinte horas de haber sido colado el poste, se retiran las conchas y el poste es rodado al piso donde permanece un mínimo de siete días antes de ser movido nuevamente. Este procedimiento se sigue en la fábrica de Vicente Guerrero.

En la fábrica de Cuatro Caminos es retirado y es colocado sobre unos bancos metálicos por un día y posteriormente con la ayuda de una grúa viajera es llevado a las tongas de almacenamiento donde es estibado encima de otros postes.

#### **4.2.11 Acabado**

Los postes recién colados son marcados con objeto de identificar su fecha de fabricación, el tipo de poste y el lugar de fabricación.

Asimismo, después de ser descimbrados se les detalla a fin de corregir pequeñas imperfecciones que pudieran resultar durante el proceso de fabricación.

#### **4.2.12 Canalización de referencia a tierra**

Los poste CR-12E y los CR-14E les es colocada una canalización de poliducto de 13 mm de diámetro embebido en el concreto del poste, con salidas tanto en la parte superior como inferior del poste, la función de esta canalización es para aterrizar los transformadores que soportan estos tipos de poste.

### **4.3 Comentarlos al procedimiento empleado por Luz y Fuerza**

#### **4.3.1 Diseño de mezclas**

Se debe poner especial atención en este aspecto ya que un buen diseño de mezclas define una buena dosificación del concreto que se va a usar.

Se debe presuponer una cierta resistencia y un cierto comportamiento del concreto sometido a esfuerzos, considerar un factor de seguridad que debe depender de las condiciones de operación de los postes y para cuyo cumplimiento se requiere limitar la posibilidad de que se produzcan resistencias

demasiado bajas en el concreto con que se construya. Esto obliga a definir un valor de resistencia mínima permisible.

#### **4.3.2 Dosificación por peso**

Lo recomendable en la dosificación del cemento es pesar directamente las cantidades indicadas para elaborar cada revoltura, en su defecto, dosificar sacos completos considerándoles el peso de 50 kg. No se debe dosificar el cemento por fracciones de saco y mucho menos hacerlo por volumen.

Si el cemento se pesa, conviene hacerlo por separado de los agregados para evitar que la eventual humedad de éstos pueda producirle aglomeraciones.

Es recomendable adoptar medidas que eviten la pérdida de cemento durante su vaciado a la mezcladora, ya que esto puede ser causa permanente de disminución en la resistencia prevista.

La falta de precisión en la dosificación de los agregados es una de las causas más frecuentes de variación en la calidad del concreto. Esto se deriva de la práctica inconveniente de hacer esta dosificación mediante la medición de volúmenes en vez de hacerlo por peso. Además, es conveniente verificar los contenidos de humedad de los agregados y con esto diseñar la mezcla a usar.

Es indispensable dosificar los agregados por peso, si se quiere obtener un nivel adecuado en la calidad de todo el concreto que se produzca.

#### **4.3.3 Relación agua/cemento**

Es indispensable tener un mejor control de la relación agua/cemento ya que ésta influye directamente en la resistencia del concreto y va en detrimento de la calidad de los postes; para el personal que coloca el concreto es más cómodo utilizar una mezcla fluida ya que es más manejable. Si se desea utilizar mezclas más manejables es conveniente usar aditivos fluidizantes.

#### **4.3.3 Mezclado**

En este aspecto se ha visto que funciona de manera adecuada y por lo tanto esta función se desarrolle de manera aceptable, sin embargo se sugiere optimar este proceso empleando plantas dosificadoras que garanticen una correcta fabricación del concreto.

#### **4.3.4 Transportación**

En la transportación se debe de buscar un mejor método ya que el usado actualmente tiene el defecto de que por la misma geometría del equipo de transportación en el trayecto los agregados gruesos tienden a ir al fondo y por lo mismo deja de ser una mezcla homogénea.

#### **4.3.5 Colocación del concreto**

En la colocación del concreto se debe revisar el proceso por uno mejor ya que en el usado actualmente el concreto tiene segregación, para una mejor transportación y colocación, se sugiere usar bandas transportadoras ya que optimarían el tiempo de colocación y la colocación se realizaría en mejores condiciones.

#### **4.3.6 Compactación**

La compactación externa realizada en las fábricas se desarrolla de una manera óptima por lo tanto este proceso se puede seguir efectuando sin problemas.

#### **4.3.7 Curado**

Para que el cemento se hidrate normalmente, es decir que adquiera madurez en forma gradual pero sostenida, se necesitan dos condiciones primordiales en el concreto.

1.- Existencia permanente de agua en cantidad suficiente

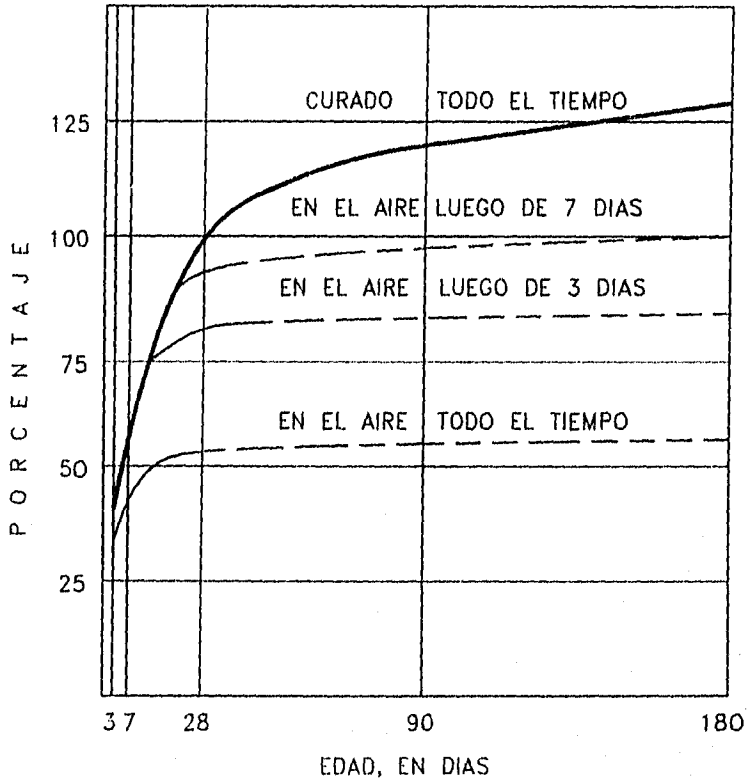
2.- Conservación de temperatura dentro de límites adecuados.

Se recomienda usar materiales selladores para evitar la pérdida de agua por evaporación, mientras el curado con agua la suministra para reponer la que se pierde, no solamente por evaporación, sino por otras causas como la absorción de los agregados, la cimbra, el terreno. De esta manera, un buen curado con agua suele producir mejores resultados, principalmente cuando es baja la relación agua/cemento con que se elabora el concreto.

Independientemente del procedimiento de curado que se aplique, es necesario vigilar que sea eficiente y de duración adecuada. Lo primero requiere que se empleen materiales de calidad; para lo segundo varias especificaciones establecen que si el curado se hace con agua, se aplique por un lapso no menor de siete días cuando el cemento usado es de tipo I y no menor de 14 días para cualquier otro cemento, ver figura 8.

#### **4.3.8 Descimbrado**

Para lograr un buen descimbrado previamente la cimbra se lubrica con diesel; esto ha funcionado de manera aceptable ya que a la hora de hacer el descimbrado el poste no sufre ningún daño, pero se sugiere usar desmoldantes porue el diesel es una fuente de contaminación al medio ambiente.



INCREMENTOS DE RESISTENCIA EN EL CONCRETO CON LA EDAD MIENTRAS SE CUENTE CON HUMEDAD Y LA TEMPERATURA FAVORABLES PARA LA HIDRATACION DEL CEMENTO.

FIGURA 8



## **CAPITULO 5 CONTROL DE CALIDAD**

La calidad de los postes de concreto fabricados por Luz y Fuerza están en función de la calidad particular de cada uno de los materiales y de las cantidades con que éstos se dosifiquen en la fabricación de los mismos. Considerando lo anterior es necesario ejercer un buen control de calidad tanto de los materiales como de los postes ya terminados para así garantizar que éstos tendrán un buen comportamiento estructural y garanticen una vida útil de servicio eficiente.

### **5.1 MATERIALES**

#### **5.1.1 Cemento**

De acuerdo con sus características particulares, el cemento puede influir en diversas propiedades del concreto, en sus estados fresco y endurecido, algunos efectos derivan de su finura de molienda, y otros, la mayoría, de su composición.

a) Influencia sobre el concreto fresco. Puede notarse alguna, aunque reducida, en lo que se refiere en su manejabilidad, agua de sangrado y tiempo de fraguado, siendo relacionable básicamente con la finura de molienda.

A medida que aumenta la finura del cemento, tiende a aumentar también la manejabilidad de las mezclas de concreto y a disminuir el agua de sangrado y el tiempo de fraguado.

Cuando se trabaja con una mezcla de concreto bien diseñada, en condiciones normales su, maleabilidad, agua de sangrado o segregación y tiempo de fraguado deben considerarse independientes de la clase o tipo de cemento usado.

Otra característica del cemento que puede influir en el comportamiento del concreto fresco, se refiere al fenómeno conocido como fraguado falso, que consiste en el endurecimiento prematuro de la pasta de cemento. Este es un aspecto indeseable del cemento, que puede considerarse como un defecto de fabricación, susceptible de ocurrir en cualquier clase o tipo, pues normalmente deriva de excesiva temperatura durante la molienda. Lo recomendable es evitar el uso de cemento con fraguado falso; si esto no es posible, conviene prevenirlo aumentando el tiempo de mezclado hasta seis u ocho minutos.

b) Influencia sobre el concreto endurecido. Es en este estado del concreto donde resultan verdaderamente notables sus cambios de propiedades por efecto de variación en la composición del cemento.

Son dignos de mencionar en este aspecto los efectos sobre velocidad para adquirir resistencia mecánica, la resistencia al ataque químico de los sulfatos, la generación de calor de hidratación y la magnitud de los cambios volumétricos.

El concreto adquiere resistencia mecánica conforme el cemento que contiene reacciona con el agua y forma compuestos resistentes; las relaciones entre resistencias y edad pueden ser influidas notablemente por la composición del cemento y también por su finura.

Existen dos formas acostumbradas para suministrar el cemento: envasado en sacos de papel de 50 kg cada uno y a granel.

El suministro a granel se ha limitado generalmente a obras mayores en que se requiere grandes cantidades de cemento o bien a plantas de concreto premezclado y de fabricación de productos de concreto que son consumidores permanentes. En los demás casos, el suministro se hace en sacos.

El cemento que se abastece a granel representa ventajas económicas por la supresión de los envases, y tiene la conveniencia técnica de obligar a dosificar el cemento por peso; como actualmente el cemento es abastecido por sacos es conveniente seguir estas sugerencias para ejercer un mejor control de calidad del cemento.

1.- Debe seleccionarse la clase o tipo adecuado a la obra a construir, y en cuanto a la marca más conveniente, es necesario tomar en cuenta factores económicos y la posible existencia de registros de calidad que sean accesibles al consumidor.

2.- Una vez definidos clase o tipo y marca del cemento, conviene mantenerlos constantes, salvo de que se presenten circunstancias especiales que obliguen a un cambio.

3.- Si el cemento se recibe por un intermediario, es recomendable investigar las condiciones y el tiempo que ha permanecido almacenado. Si el cemento presenta terrones que no se deshagan con la presión de los dedos o bien si su antigüedad es mayor a tres meses, es preferible no aceptarlo, o someterlo a pruebas de laboratorio donde se compruebe su calidad para ser empleado.

4.- Al recibir el cemento debe almacenarse en condiciones que eviten su posible hidratación y faciliten su consumo en el orden cronológico de llegada. Para esto es necesario disponer de un local adecuado con ambiente seco. Conviene tener presente que los cementos más finos, como el portland tipo III manifiestan tendencia a hidratarse más rápidamente.

5.- Debe evitarse que los sacos tengan contacto con las paredes del local y con el piso, si éste no es de madera. Asimismo, debe dejarse entre pilas contiguas, espacio suficiente para las maniobras de descarga.

6.- El cemento que se disperse por rotura de sacos debe recuperarse a la brevedad posible, a fin de evitar su hidratación y su contaminación con cuerpos extraños.

7.- Conviene distinguir entre los terrones que se forman por hidratación incipiente del cemento y los que se producen por compactación de los sacos en las capas inferiores de una pila.

8.- Es recomendable comprobar periódicamente el peso de los sacos, para lo cual existe una tolerancia oficial de  $\pm 0.750$  kg. respecto al teórico de 50 kg. Para esto conviene tomar al azar un mínimo de 50 sacos y pesarlos en una báscula de precisión verificada. Si el promedio obtenido es menor de 50 kg, se recomienda corregir las cantidades de arena y grava.

9.- Es conveniente procurar que todo el cemento necesario proceda de un mismo lote, con objeto de propiciar más uniformidad en este aspecto.

10.- Se sugiere apoyarse en un laboratorio que muestree periódicamente el cemento empleado y que determine si sus características cumplen con lo requerido, y con las Normas Oficiales.

#### **5.1.2 Agregados pétreos**

En los agregados pétreos hay dos características que por su tendencia a variar deben ser vigiladas estrechamente: la composición granulométrica y el contenido de impurezas tales como limo, arcilla y materia orgánica.

Independientemente de si los agregados proceden de depósitos naturales o se producen por trituración de rocas, es necesario someterlos a un proceso de cribado eficiente, el cribado defectuoso de los agregados es una de las causas que más contribuye a incrementar la variabilidad del concreto.

Los agregados requieren ser almacenados antes de ser utilizados. Se recomienda para evitar segregación durante las operaciones de almacenamiento los siguientes pasos:

1.- Evitar la formación de grandes pilas únicas de forma cónica, porque facilita la segregación de las partículas más grandes que tienden a rodar y a acumularse en la base de la pila, es preferible hacer acumulación sucesiva de pequeños montones reducidos.

2.- Evítase que el viento disperse la arena en el punto de descarga; esto se logra colocando un tubo o pantalla de protección.

3.- Hay que impedir que los agregados diferentes se mezclen entre sí por quedar demasiado próximos.

4.- No se deben almacenar los agregados directamente sobre el terreno natural, porque se producen contaminaciones; al recogerlos es recomendable colocar antes una plantilla.

5.- Se recomienda disponer en la obra de los medios para corregir las proporciones teóricas en que deben dosificarse los agregados, conforme a su grado de humedad y contenido de tamaño.

6.- Es prácticamente obligado tomar muestras continuamente de los agregados empleados y enviarlos al laboratorio para conocer sus características tales como: granulometría, peso volumétrico, porcentaje de humedad, etcétera.

7.- Los agregados empleados deben cumplir con la norma NOM - C - 111

### **5.1.3 Agua**

Es conveniente utilizar agua que provenga de una fuente conocida y de preferencia, que existan antecedentes de haberla empleado en ocasiones anteriores, conviene hacer uso del agua de la red de abastecimiento. Debe evitarse el uso del agua que presente olor o color, excepto cuando pruebas físicas y químicas demuestren que la contaminación es inofensiva para el concreto.

El agua que debe de incorporarse a cada revoltura puede dosificarse confiablemente por volumen cuando se dispone de un recipiente calibrado. Lo que por ningún motivo debe permitirse es la adición indiscriminada del agua, para hacer más fluida la mezcla y facilitar el acomode del concreto en la formas.

La incorporación del agua a la mezcladora debe hacerse, siempre que sea posible, simultáneamente con el resto de los materiales, a veces resulta práctico vaciar una porción reducida del agua dentro de la mezcladora vacía y, con esta en movimiento, agregar los materiales sólidos y el resto del agua en una operación gradual.

### **5.1.4 Aditivos**

Debe cuidarse que la concentración del aditivo no se modifique por evaporación procurando mantenerlo tapado y evitando preparar soluciones en cantidades

mayores que las requeridas para un día. Si el aditivo es sólido y se disuelve previamente en una cierta cantidad de agua, debe tomarse en cuenta al hacer la dosificación y disminuir el agua de mezclado en la cantidad de solución que deba añadirsele, para no afectar la relación agua/cemento.

### **5.1.5 Revenimiento**

Es conveniente efectuar la prueba de revenimiento de acuerdo con la norma NOM - C - 111 por lo menos en una de cada 5 revolturas, a fin de ir ajustando el agua de mezclado; se estima que esta práctica es adecuada una vez que la producción del concreto se encuentra normalizada, pero al principio de un colado o cuando ocurre un cambio significativo en los materiales, es recomendable intensificar la frecuencia de dicha prueba. Un criterio adecuado puede ser el siguiente:

1.- Cuando se inicie la producción diaria de concreto, el muestreo para efectuar la prueba de revenimiento deberá hacerse de revolturas consecutivas como sea necesario para asegurarse que la consistencia de las mezclas resulte uniforme y dentro de la tolerancia especificada, puede considerarse que la tolerancia es uniforme cuando de tres muestras consecutivas el revenimiento de cada una no difiere en más de 1.5 cm del promedio.

2.- Una vez que se compruebe uniformidad en la consistencia, durante la producción del concreto, el muestreo para la prueba de revenimiento puede hacerse menos frecuente, pero debe realizarse por lo menos una prueba por cada cinco revolturas producidas.

3.- Cuando una revoltura manifieste revenimiento menor que el límite inferior especificado, podrá aceptarse si es posible colocarla y acomodarla satisfactoriamente mediante los procedimientos y equipos en uso; o bien, si aumenta el revenimiento mediante la adición de agua y cemento en cantidades tales que no modifiquen su relación, de lo contrario debe desecharse.

4.- Cuando una revoltura manifieste revenimiento mayor que el límite superior especificado deberá desecharse. Tanto en este caso como en el anterior, deberá efectuarse la prueba de revenimiento en la siguiente revoltura que se produzca; si se repite el resultado fuera de los límites de tolerancia, deberá considerarse como indicio de que las condiciones de los materiales han cambiado y que es necesario proceder a los ajustes necesarios.

### **5.1.6 Cilindros de control**

#### **5.1.6.1 Fabricación de cilindros de control**

Son especímenes para determinar la resistencia a compresión del concreto empleado. Deben ser cilindros de concreto colados y endurecidos en posición

vertical, de largo igual al diámetro. El espécimen estándar es un cilindro de 15 por 30 cm cuando el tamaño nominal máximo del agregado grueso no exceda los cinco cm. Cuando sea mayor de cinco cm, el diámetro del cilindro será por lo menos tres veces dicho tamaño máximo nominal, no deben hacerse en la obra cilindros menores de 15 por 30 cm.

Los especímenes se moldean sobre una superficie horizontal, se coloca el concreto en los moldes con un cucharón, se selecciona cada cucharada de modo que sea representativa de la revoltura, el cucharón se mueve alrededor del borde superior a medida que el se descarga, a fin de asegurar una distribución uniforme.

El cilindro se fabrica en tres capas compactando cada una con 25 piquetes de varillas.

Después de compactar, se enrasa la superficie del concreto y se termina con llana o cuchara, efectuando estas operaciones con la manipulación mínima para producir una superficie plana nivelada al ras con el borde del molde.

Los especímenes deben cubrirse inmediatamente después del acabado, deben almacenarse en las primera veinticuatro horas después del moldeado, bajo condiciones que mantengan la temperatura entre los 16 y 27 grados centígrados.

#### **5.1.6.2 Resistencia a la compresión de cilindros de control**

La prueba de compresión en especímenes debe realizarse tan pronto como sea posible, manteniéndolos húmedos en ese lapso; al ensayarse deben estar en condición húmeda. Si sus bases difieren de un plano en más de 0.050 mm deben cabecearse.

##### **Procedimiento para obtener la resistencia**

Se coloca la placa de apoyo inferior, con su cara endurecida hacia arriba, sobre la platina de la máquina, directamente abajo de la placa que tiene asiento esférico.

La carga debe aplicarse en forma continua y sin impacto. En máquinas de operación hidráulicas la velocidad de aplicación debe ser constante, dentro del intervalo de 1.4 a 3.5 kg/cm<sup>2</sup>/s. Durante la aplicación de la primera mitad de la carga máxima, se puede permitir una velocidad mayor, no deben hacerse ajustes en los controles de la máquina mientras el espécimen esté fluyendo rápidamente antes de la falla.

La carga se aplica hasta que el espécimen falle, y se registra la carga máxima soportada, así como el tipo de falla y la apariencia del concreto, se calcula resistencia a compresión del espécimen dividiendo la carga máxima soportada entre el área promedio de la sección transversal.

La norma NOM - C- 83 indica el procedimiento para la determinación de la resistencia a la compresión de cilindros de concreto.

#### **5.1.7 Acero de refuerzo**

La tensión del acero permisible en flexión, tanto para teoría elástica como para diseño de carga última, se basa en el esfuerzo de fluencia o el esfuerzo de prueba (a 0.002 deformación permanente) y el factor de seguridad, los requisitos del Reglamento de Construcciones de Concreto Reforzado permite el uso de refuerzo de alta resistencia, por ejemplo acero de alta resistencia en el punto de fluencia mayor de 4200 kg./cm<sup>2</sup>. Esto incluye varillas corrugadas. Para este refuerzo de alta resistencia, la resistencia en el punto de fluencia especificada,  $f_y$ , debe ser el esfuerzo que corresponde a una deformación de 0.35 por ciento.

Otro aspecto que se debe cuidar en el uso del acero de refuerzo es que el acero debe de estar libre de óxidos o sustancias nocivas para el concreto y que vayan en detrimento de la calidad. El acero usado en la fabricación de postes es de alta calidad por lo cual no hay ninguna objeción en su utilización.

El acero de refuerzo empleado para la fabricación de postes de concreto debe cumplir con lo estipulado en la norma NOM - B - 6.

## **5.2 POSTES**

Para verificar que los postes manufacturados cumplan con las especificaciones indicadas por las normas respectivas, se toman muestras de ellos y se someten a inspecciones y pruebas conforme a procedimientos vigentes.

Las muestras son seleccionadas al azar y su tamaño se determina, de acuerdo con la norma NOM-Z-12 (Muestreo para la inspección por atributos), en función del número de postes que integran el lote a inspeccionar y al tipo de defecto por verificar.

### **5.2.1 Inspección visual**

La verificación de las características físicas de los postes se hacen conforme a la siguiente clasificación de defectos:

#### **1.- Defectos críticos**

Acero de refuerzo expuesto a la intemperie.

Resanes mayores a 50 mm de longitud en dos o más caras contiguas.

Falta de marcado de la resistencia mecánica.

No pasar prueba de deformación permanente.

#### **2.- Defectos mayores**

Falta de marcado del fabricante.

Falta de marcado del año de fabricación.

Fisuras transversales mayores que las capilares en más del 50% del poste.

Armados fuera de especificaciones.

### **3.- Defectos menores**

Superficie rugosa y burbujas en más del 50% de la superficie del poste.

Curvatura con flecha mayor de 0.4% de la longitud total del poste.

Falta de marcado de la longitud del poste.

### **5.2.2 Pruebas a flexión y ruptura**

Los postes de concreto reforzado, utilizados en el sistema de distribución de energía eléctrica, son elementos que deben soportar las sollicitaciones para las que fueron diseñados, con un grado de seguridad razonable y con un comportamiento estructural satisfactorio bajo condiciones de servicio.

Las principales sollicitaciones que ya mencionamos a que están sujetos los postes son cargas estáticas tales como: peso propio, fuerzas laterales producidas por los conductores eléctricos que soportan, peso de los equipos, etcétera, además de cargas dinámicas como el viento, los sismos e impactos de vehículos.

Se estudiará el comportamiento de los postes sujetos a una carga estática lateral, para lo cual se idealizarán como elementos empotrados en un extremo y libre en el otro y bajo la carga de una acción lateral, ver figura 9.

Para fijar ideas, considérese que el poste mostrado en la figura es sujeto a la acción de una carga  $P$  que varía desde un valor nulo hasta aquél que produce el colapso.

La característica acción-respuesta más inmediata será la curva carga-deflexión. Para determinar si el comportamiento del poste bajo condiciones de servicio es satisfactorio, se deberá comparar el valor de la deformación correspondiente a la carga que produce la falla con ciertos valores preestablecidos que se estiman tolerables.

El conocer las relaciones acción-respuesta correspondientes a valores de  $P$  desde cero hasta que se produce el colapso permitirá determinar el grado de seguridad del poste y estimar el intervalo de carga bajo el cual el elemento se comportará satisfactoriamente.

El diseño debe garantizar una rigidez adecuada en los postes a fin de limitar las deformaciones que pudiesen afectar la resistencia o condición de servicios de los mismos. Además, la respuesta humana ante las deformaciones excesivas es muy



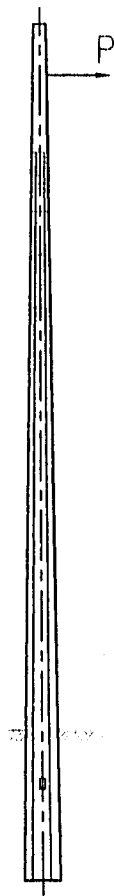


FIGURA 9

significativa, ya que producen sensación de inseguridad por razones de orden estético

Con procedimientos adecuados de diseño y de construcción será posible proporcionar al sistema de distribución de energía eléctrica postes de concreto reforzado que se comporten de manera satisfactoria desde el punto de vista estructural.

En el presente capítulo se describen las pruebas de deformabilidad y resistencia a que son sujetos los postes de los tipos CR-6, CR-9, CR-12, CR-12E y CR-14E.

En las figura 1 a 5 se indican las cargas últimas de diseño que deben resistir los diferentes postes.

Los postes de concreto reforzado fueron diseñados conforme al reglamento ACI-318 considerando una carga última de diseño aplicada a 30 cm de la punta.

#### **5.2.2.1 Objetivo**

Con el fin de verificar experimentalmente si los postes fabricados por Luz y Fuerza, en sus diferentes tipos, cumplen con los requisitos de deformabilidad y resistencia para los que fueron diseñados, se realizan las siguientes pruebas:

Prueba flexión estática

Prueba de ruptura

#### **5.2.2.2 Especificaciones empleadas**

Dado que en las normas de Luz y Fuerza no están descritas las pruebas señaladas en el inciso anterior, éstas se llevan a cabo siguiendo los procedimientos indicados en la norma NOM-C-16 y en las especificaciones CFE-06200-03.

#### **5.2.2.3 Equipo empleado**

Los aparatos y equipos utilizados para las pruebas de flexión estática y de ruptura son los siguientes:

- a) Dinámometro con capacidad de 2000 kg.
- b) Diferencial (polipasto) con capacidad de 3 toneladas
- c) Patines con ruedas embaladas ver figura 10
- d) Mesa de pruebas ver figuras 11A y 11B

#### **5.2.2.4 Preparación**

Los postes de concreto para las pruebas de flexión y ruptura se colocan en posición horizontal empotrados con cuñas, dentro de las mordazas de la mesa de pruebas, para fijar rígidamente la longitud de empotramiento, que debe ser una décima parte de la longitud del poste más 50 cm. El poste se debe apoyar sobre los patines embalados colocados en el centro de gravedad de la longitud libre del mismo ver figura 11A.

#### **5.2.5 Descripción de la prueba a flexión estática**

Para efectuar esta prueba se siguen los siguientes pasos:

1.- Se aplica una carga a 30 cm de la punta del poste en sentido horizontal y en dirección normal al eje longitudinal del mismo, la medición de las deformaciones se hace a partir del eje longitudinal del poste con relación a un punto fijo determinado anteriormente.

2.- Se aplica una carga igual al 20% de la resistencia de diseño anotando su deformación; producida a los dos minutos de aplicada la carga; se descarga lentamente y después de cinco minutos de relevada la carga se anota la deformación permanente.

3.- Se repite el procedimiento anterior aumentando la carga en incrementos del 20% de la resistencia de diseño hasta llegar al 60%.

4.- Esta prueba se considera satisfactoria si la deformación permanente una vez relevada la carga correspondiente al 60% de la carga de ruptura (última de diseño) es menor o igual al 10% de la deformación máxima con carga y no aparecen grietas mayores que las capilares después de relevar la carga.

#### **5.2.2.6 Descripción de la prueba a ruptura**

1.- Esta prueba se aplica a 30 cm de la punta del poste y se efectúa inmediatamente después de la prueba a flexión estática.

2.- Al mismo poste utilizado en la prueba a flexión estática, se le aplica carga del 20% lentamente hasta llegar a su valor nominal de carga anotando su deformación; inmediatamente se continúa aplicando carga hasta la ruptura, anotando el valor que determina ésta.

3.- Esta prueba se considera satisfactoria si la carga de ruptura es igual o mayor que la resistencia de diseño especificada para el tipo de poste correspondiente.

4.- De cada prueba se debe construir la gráfica carga-deformación correspondiente.

Los postes fabricados por Luz y Fuerza bajo estas pruebas se han comportado de manera satisfactoria, y en condiciones normales de servicio su trabajo es el adecuado y no se tienen registros en las áreas usuarias de que algún poste haya fallado estructuralmente.

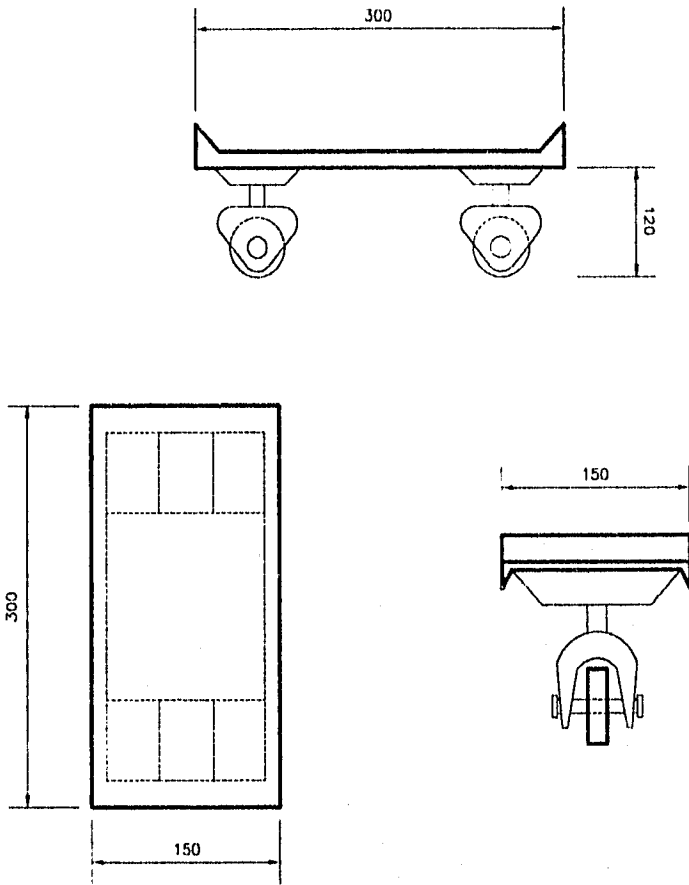


FIGURA 10

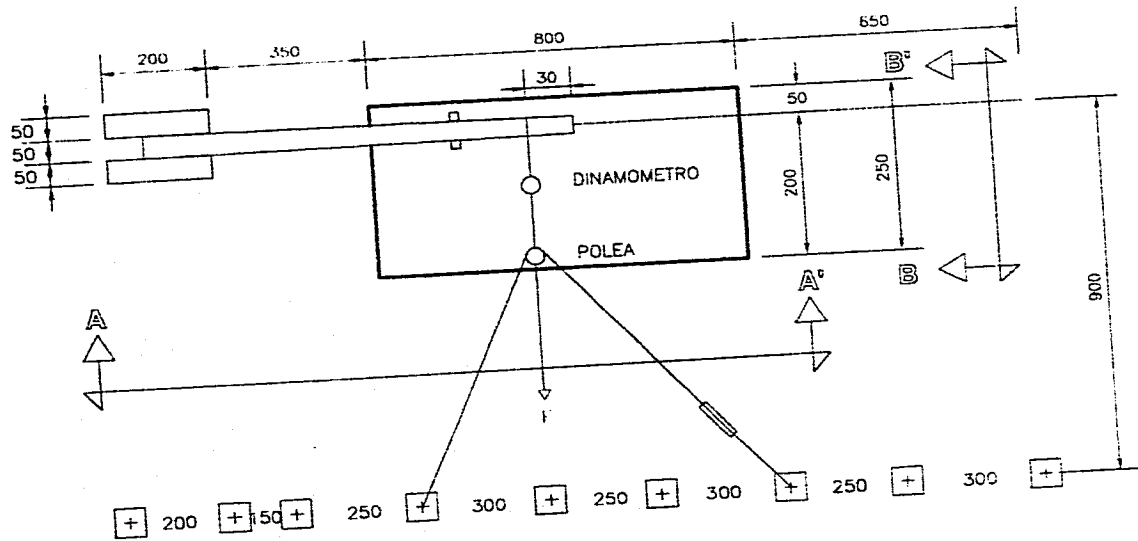
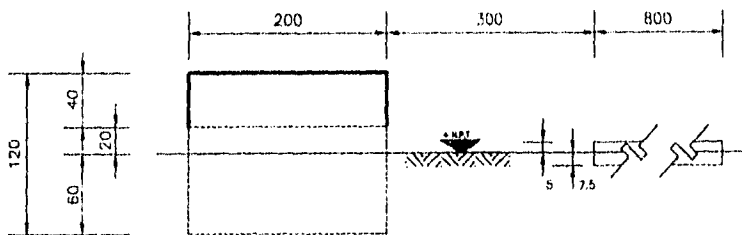
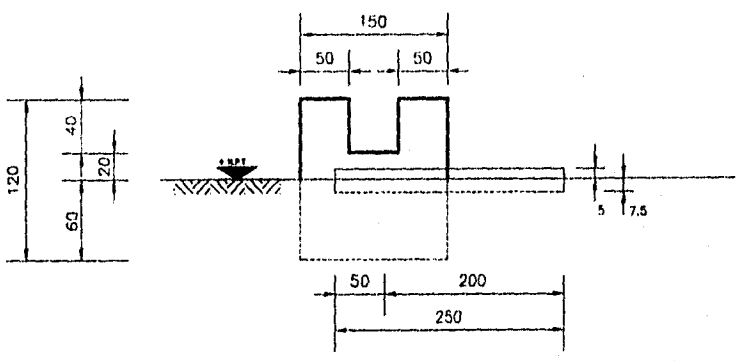


FIGURA 11A



ELEVACION A-A'



ELEVACION B-B'

FIGURA 11B

## **CAPITULO 6 ANALISIS DE COSTOS**

En este capítulo se hará un análisis de costo de fabricación de postes de concreto reforzado, con el procedimiento utilizado actualmente en Luz y Fuerza, se hará una propuesta con la instalación de una planta dosificadora de concreto, se realizará una comparación de precios para poder determinar la conveniencia de un proceso y otro, y así poder hacer una conclusión final al presente trabajo.

Para iniciar este capítulo se realizará un estudio de análisis de precio unitario, pero habría que definir que es un precio unitario.

Precio unitario, es la remuneración o pago en moneda, que el contratante cubre al contratista, por unidad de obra y por concepto de trabajo que ejecute, de acuerdo a las especificaciones.

Unidad de obra: es la unidad de medición señalada en las especificaciones, para cuantificar el concepto de trabajo con fines de medición y pago.

Concepto de trabajo: es el conjunto de operaciones manuales y mecánicas que el contratista realiza durante la ejecución de la obra, de acuerdo a planos y especificaciones.

Especificaciones: son el conjunto de requerimientos exigidos en los proyectos y presupuesto para definir con precisión la calidad y precio de los conceptos de trabajo.



En terminos generales, los elementos que componen un precio unitario son:

$\text{Costos directos} + \text{Costos indirectos} = \text{Costo unitario}$

$\text{Costo unitario} + \text{utilidad} = \text{Precio unitario}$

Los costos directos están integrados por:

Materiales  
Mano de obra  
Equipo  
Herramienta

Los costos indirectos lo forman:

Administración en obra  
Administración central

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Analizaremos los costos directos

**Materiales:**

El costo del material que se toma como base para integrar el precio unitario de un concepto, es el costo del material en obra, el cual está integrado por el precio de adquisición en fábrica, más el costo de transporte incluyendo carga y descarga, a esto se le llama material puesto en obra.

**Mano de obra:**

Interviene en la determinación del precio unitario, dentro de los costos directos, y es resultado de prorratear el pago de los salarios al personal individualmente o por cuadrilla.

**Salario**

En general es la retribución que se hace al trabajador por su trabajo realizado. El monto de este salario se determina con base en el tiempo trabajado, al tipo de trabajo ejecutado, y la capacidad y preparación del trabajador.

Para efectos de análisis de costos directos por mano de obra llamaremos:

**Salario nominal**, al que se paga en efectivo al trabajador por día transcurrido, incluyendo sábados, domingos, vacaciones y días festivos.

Salario real, es la erogación total del patrón por día trabajado, que incluye pagos directos al trabajador, prestaciones en efectivo y en especie, pagos al gobierno por concepto de impuestos y pagos a instituciones de beneficio social.

Para formar el salario real procedemos de la siguiente manera:

1.- Los trabajadores en Luz y Fuerza de acuerdo con el Contrato Colectivo de Trabajo tienen derecho a recibir como compensación a su trabajo, los siguientes pagos directos anuales en Luz y Fuerza son aplicados así.

Por cuota diaria	365
Prima vacacional 20x1.4	28
Aguinaldo	50
Fondo de ahorro 365x0.22	80.3
total de días pagados	523.3

2.- De acuerdo al contrato colectivo de trabajo los trabajadores tienen derecho a descansar con goce de salario los siguientes días al año:

Por sábados y domingos	104
Festivos	13.17
Vacaciones	20

total de días 137.17

3.- También se debe considerar los siguientes aspectos:

Enfermedad	3
Fiestas de costumbre	2
Mal tiempo	2
total de días	7

En resumen tenemos que los días pagados al año son 523.3 y los días realmente trabajados son:

$$365 - 137.17 - 7 = 220.83$$

Podemos entonces determinar el valor de un coeficiente de incremento, debido exclusivamente a Contrato Colectivo de Trabajo y Ley Federal de Trabajo.

$$523.3 \text{ días pagados} / 220.83 \text{ días trabajados} = 2.3697$$

Lo cual significa que al integrar el salario real, deberá considerarse un incremento del 2.3697 sobre el salario nominal.

También se debe agregar un porcentaje por concepto de beneficios sociales que son:

Ayuda para renta	25%
Ayuda para energía eléctrica	6.36%
Ayuda para transporte	7.5%
Ayuda para despensa	4.5%
Ropa de trabajo	1.52%
IMSS	31.32%
Otras prestaciones	1.32%
Jubilación	94.64%
SAR	2.00%
total	174.16%

Quedando finalmente  $2.3697 + 1.7416 = 4.1113$  que es el factor de salario real.

Ya integrado el salario real procedemos a sacar el costo real de fabricación en Luz y Fuerza de los diferentes tipos de postes.

**PERSONAL QUE INTERVIENE EN LA FABRICACIÓN DE POSTES CR-9**

**FABRICACIÓN POR TURNO 28 PIEZAS**

CATEGORIA	CANTIDAD	FUNCION	SALARIO NOMINAL POR JORNADA	FACTOR DE SALARIO REAL POR JORNADA	SALARIO REAL POR JORNADA	TOTAL
PEONES	6	AMARRADORES	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 1,074.78
PEONES	7	FORMEROS	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 1,253.91
PEONE	5	FABRICACIÓN DEL CONCRETO	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 895.65
PEONES	6	TRANSPORTACIÓN Y VACIADO DEL CONCRETO	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 1,074.78
PEÓN	1	JALADOR	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 179.13
ALBAÑIL	1	PULIDOR	\$ 67.70	4.1113	\$ 278.34	\$ 278.34
PEÓN ESPECIAL	1	VIBRADORISTA	\$ 67.70	4.1113	\$ 278.34	\$ 278.34
PEONES	3	MANDRILEROS	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 537.39
OPERADOR DE MAQ.	1	REVOLVEDORA DE DOS SACOS	\$ 67.70	4.1113	\$ 278.34	\$ 278.34
PEÓN	1	LIMPIEZA	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 179.13
					<b>TOTAL</b>	<b>\$ 6,029.76</b>
		<b>COSTO DE MANO DE OBRA POR POSTE</b>	<b>\$</b>	<b>215.35</b>		

**PERSONAL QUE INTERVIENE EN LA FABRICACIÓN DE POSTES CR-12**

**FABRICACIÓN POR TURNO 21 PIEZAS**

CATEGORIA	CANTIDAD	FUNCION	SALARIO	FACTOR DE	SALARIO	TOTAL
			NOMINAL	SALARIO REAL	REAL	
			FOR JORNADA	FOR JORNADA	FOR JORNADA	
PEONES	8	AMARRADORES	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 1,433.03
PEONES	7	FORMEROS	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 1,253.91
PEONE	5	FABRICACIÓN DEL CONCRETO	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 895.65
PEONES	6	TRANSPORTACIÓN Y VACIADO DEL CONCRETO	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 1,074.78
PEÓN	1	JALADOR	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 179.13
ALBAÑIL	1	PULIDOR	\$ 67.70	4.1113	\$ 278.34	\$ 278.34
PEÓN ESPECIAL	1	VIBRADORISTA	\$ 67.70	4.1113	\$ 278.34	\$ 278.34
PEONES	3	MANDRILEROS	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 537.39
OPERADOR DE MAQ.	1	REVOLVEDORA DE DOS SACOS	\$ 67.70	4.1113	\$ 278.34	\$ 278.34
PEÓN	1	LIMPIEZA	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 179.13
					<b>TOTAL</b>	<b>\$ 6,388.01</b>
<b>COSTO DE MANO DE OBRA POR POSTE</b>			<b>\$</b>	<b>304.19</b>		

**PERSONAL QUE INTERVIENE EN LA FABRICACIÓN DE POSTES CR-12E**

**FABRICACIÓN POR TURNO 21 PIEZAS**

CATEGORIA	CANTIDAD	FUNCION	SALARIO NOMINAL POR JORNADA	FACTOR DE SALARIO REAL POR JORNADA	SALARIO REAL POR JORNADA	TOTAL
PEONES	10	AMARRADORES	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 1,791.29
PEONES	7	FORMEROS	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 1,253.91
PEONE	5	FABRICACIÓN DEL CONCRETO	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 895.65
PEONES	6	TRANSPORTACIÓN Y VACIADO DEL CONCRETO	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 1,074.78
PEÓN	1	JALADOR	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 179.13
ALBAÑIL	1	PULIDOR	\$ 67.70	4.1113	\$ 278.34	\$ 278.34
PEÓN ESPECIAL	1	VIBRADORISTA	\$ 57.70	4.1113	\$ 238.34	\$ 238.34
PEONES	3	MANDRILEROS	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 537.39
OPERADOR DE MAQ.	1	REVOLVEDORA DE DOS SACOS	\$ 67.70	4.1113	\$ 278.34	\$ 278.34
PEÓN	1	LIMPIEZA	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 179.13
					<b>TOTAL</b>	<b>\$ 6,746.27</b>

**COSTO DE MANO DE OBRA POR POSTE \$ 321.25**

**PERSONAL QUE INTERVIENE EN LA FABRICACIÓN DE POSTES CR-14E**  
**FABRICACIÓN POR TURNO 12 PIEZAS**

CATEGORIA	CANTIDAD	FUNCION	SALARIO NOMINAL POR JORNADA	FACTOR DE SALARIO REAL POR JORNADA	SALARIO REAL POR JORNADA	TOTAL
PEONES	8	AMARRADORES	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 1,433.03
PEONES	6	FORMEROS	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 1,074.78
PEONES	5	FABRICACIÓN DEL CONCRETO	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 895.65
PEONES	4	TRANSPORTACIÓN Y VACIADO DEL CONCRETO	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 716.52
PEÓN	1	JALADOR	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 179.13
ALBAÑIL	1	PULIDOR	\$ 67.70	4.1113	\$ 278.34	\$ 278.34
PEÓN ESPECIAL	1	VIBRADORISTA	\$ 67.70	4.1113	\$ 278.34	\$ 278.34
PEONES	2	MANDRILEROS	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 358.26
OPERADOR DE MAQ	1	REVOLVEDORA DE DOS SACOS	\$ 67.70	4.1113	\$ 278.34	\$ 278.34
PEÓN	1	LIMPIEZA	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 179.13
PEÓN	3	ACARREO DE VARILLA	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 537.39
PEÓN	1	COLOCACIÓN DE TROQUEL Y PERNO PARA TIERRA	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 179.13
					<b>TOTAL</b>	<b>\$ 6,388.01</b>

**COSTO DE MANO DE OBRA POR POSTE \$ 532.33**

**PERSONAL QUE INTERVIENE EN LA SUPERVISIÓN Y HABILITADO DEL ACERO**

CATEGORIA	CANTIDAD	FUNCION	SALARIO NOMINAL POR JORNADA	FACTOR DE SALARIO REAL POR JORNADA	SALARIO REAL POR JORNADA	TOTAL
SOBRESTANTE B	1	SUPERVISIÓN GENERAL	\$ 88.60	4.1113	\$ 364.26	\$ 364.26
SUBSOBRESTANTE C	2	SUPERVISIÓN DE CUADRILLAS	\$ 78.55	4.1113	\$ 322.94	\$ 645.89
PEON	1	PINTOR	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 179.13
OPERADOR DE EQ. B	1	FABRICACIÓN DE ANILLOS	\$ 62.02	4.1113	\$ 254.98	\$ 254.98
AYUDANTE GENERAL	1	PUNTEADO DE ANILLOS	\$ 49.76	4.1113	\$ 204.58	\$ 204.55
PEON	1	ACOMODO DE ANILLOS	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 179.13
					<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1,827.97</b>

**COSTO DE SUPERVISIÓN Y HABILITADO DE ACERO POR POSTE \$ 22.29**



### **COSTO HORARIO DE UNA REVOLVEDORA ELÉCTRICA DE 15 HP**

FECHA: JUNIO 1996

VALOR DE ADQUISICIÓN(Va)	\$	47,534.85
VALOR DE RESCATE(Vr)	\$	4,753.48
TASA DE INTERES		22%
PRIMA DE SEGUROS		5%
VIDA ECONÓMICA(Ve) EN h		20000
HORA POR AÑO (Ha) EN h		2000
FACTOR DE MANTO.		0.9

DEPRECIACIÓN

$$D=(Va-Vr)/Ve \quad \$ \quad 2.14$$

INVERSIÓN

$$I=(Va+Vr)/2Ha*0.22 \quad \$ \quad 2.88$$

SEGUROS

$$S=(Va+Vr)/2Ha*0.05 \quad \$ \quad 0.65$$

MANTENIMIENTO

$$M=Q*D \quad \$ \quad 1.93$$

**SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA**

$$\$ \quad 7.59$$

CONSUMO

$$\text{COSTO KW/h} \quad \$ \quad 0.50$$

$$0.653*15*0.50471 \quad \$ \quad 4.94$$

**COSTO DIRECTO DE LA MAQUINA POR HORA**

$$\$ \quad 12.54$$

### COSTO HORARIO DE UNA ROLADORA

FECHA: JUNIO 1996	
VALOR DE ADQUISICIÓN(Va)	\$ 40,000.00
VALOR DE RESCATE(Vr)	\$ 4,000.00
TASA DE INTERES	22%
PRIMA DE SEGUROS	5%
VIDA ECONÓMICA(Ve) EN h	20000
HORA POR AÑO (Ha) EN h	2000
FACTOR DE MANTO.	0.9
DEPRECIACIÓN	
$D=(Va-Vr)/Ve$	\$ 1.80
INVERSIÓN	
$I=(Va+Vr)/2Ha*0.22$	\$ 2.42
SEGUROS	
$S=(Va+Vr)/2Ha*0.05$	\$ 0.55
MANTENIMIENTO	
$M=Q*D$	\$ 1.62
<b>SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA</b>	<b>\$ 6.39</b>
CONSUMO	
COSTO KW/h	\$ 0.50
$0.653*15*0.50471$	\$ 4.94
<b>COSTO DIRECTO DE LA MAQUINA POR HORA</b>	<b>\$ 11.33</b>

### COSTO HORARIO DE UNA PUNTEADORA

FECHA: JUNIO 1996	
VALOR DE ADQUISICIÓN(Va)	\$ 19,800.00
VALOR DE RESCATE(Vr)	\$ 1,980.00
TASA DE INTERES	22%
PRIMA DE SEGUROS	5%
VIDA ECONÓMICA(Ve) EN h	20000
HORA POR AÑO (Ha) EN h	2000
FACTOR DE MANTO.	0.9
DEPRECIACIÓN	
$D=(Va-Vr)/Ve$	\$ 0.89
INVERSIÓN	
$I=(Va+Vr)/2Ha*0.22$	\$ 1.20
SEGUROS	
$S=(Va+Vr)/2Ha*0.05$	\$ 0.27
MANTENIMIENTO	
$M=Q*D$	\$ 0.80
<b>SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA</b>	<b>\$ 3.16</b>
CONSUMO	
COSTO KW/h	\$ 0.50
$0.653*15*0.50471$	\$ 4.94
<b>COSTO DIRECTO DE LA MAQUINA POR HORA</b>	<b>\$ 8.11</b>

### COSTO HORARIO DE UN VIBRADOR

FECHA: JUNIO 1996

VALOR DE ADQUISICIÓN(Va)	\$	3,500.00
VALOR DE RESCATE(Vr)	\$	350.00
TASA DE INTERES		22%
PRIMA DE SEGUROS		5%
VIDA ECONÓMICA(Ve) EN h		20000
HORA POR AÑO (Ha) EN h		2000
FACTOR DE MANTO.		0.9

DEPRECIACIÓN

$D=(Va-Vr)/Ve$	\$	0.16
----------------	----	------

INVERSIÓN

$I=(Va+Vr)/2Ha*0.22$	\$	0.21
----------------------	----	------

SEGUROS

$S=(Va+Vr)/2Ha*0.05$	\$	0.05
----------------------	----	------

MANTENIMIENTO

$M=Q*D$	\$	0.14
---------	----	------

<b>SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA</b>	<b>\$</b>	<b>0.56</b>
--------------------------------------	-----------	-------------

CONSUMO

COSTO KW/h	\$	0.50
------------	----	------

0.653*15*0.50471	\$	4.94
------------------	----	------

<b>COSTO DIRECTO DE LA MAQUINA POR HORA</b>	<b>\$</b>	<b>5.50</b>
---	-----------	-------------

### COSTO HORARIO DE UN VOGUE

FECHA: JUNIO 1996	
VALOR DE ADQUISICIÓN(Va)	\$ 800.00
VALOR DE RESCATE(Vr)	\$ 80.00
TASA DE INTERES	22%
PRIMA DE SEGUROS	5%
VIDA ECONÓMICA(Ve) EN h	20000
HORA POR AÑO (Ha) EN h	2000
FACTOR DE MANTO.	0.9
DEPRECIACIÓN	
$D=(Va-Vr)/Ve$	\$ 0.04
INVERSIÓN	
$I=(Va+Vr)/2Ha*0.22$	\$ 0.05
SEGUROS	
$S=(Va+Vr)/2Ha*0.05$	\$ 0.01
MANTENIMIENTO	
$M=Q*D$	\$ 0.03
<b>SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA</b>	<b>\$ 0.13</b>

### COSTO HORARIO DE UNA CIMBRA METALICA

FECHA: JUNIO 1996		
VALOR DE ADQUISICIÓN(Va)	\$	20,000.00
VALOR DE RESCATE(Vr)	\$	2,000.00
TASA DE INTERES		22%
PRIMA DE SEGUROS		5%
VIDA ECONÓMICA(Ve) EN h		20000
HORA POR AÑO (Ha) EN h		2000
FACTOR DE MANTO.		0.9
DEPRECIACIÓN		
$D=(Va-Vr)/Ve$	\$	0.90
INVERSIÓN		
$I=(Va+Vr)/2Ha*0.22$	\$	1.21
SEGUROS		
$S=(Va+Vr)/2Ha*0.05$	\$	0.28
MANTENIMIENTO		
$M=Q*D$	\$	0.81
SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA	\$	3.20
COSTO DIRECTO DE LA MAQUINA POR HORA	\$	3.20
<b>COSTO POR TURNO</b>	<b>\$</b>	<b>25.56</b>

### COSTO HORARIO DE UNA PLANTA DOSIFICADORA

FECHA: JUNIO 1996	
VALOR DE ADQUISICIÓN(Va)	\$ 426,250.00
VALOR DE RESCATE(Vr)	\$ 42,625.00
TASA DE INTERES	22%
PRIMA DE SEGUROS	5%
VIDA ECONÓMICA(Ve) EN h	20000
HORA POR AÑO (Ha) EN h	2000
FACTOR DE MANTO.	0.9
DEPRECIACIÓN	
$D=(Va-Vr)/Ve$	\$ 19.18
INVERSIÓN	
$I=(Va+Vr)/2Ha*0.22$	\$ 25.79
SEGUROS	
$S=(Va+Vr)/2Ha*0.05$	\$ 5.86
MANTENIMIENTO	
$M=Q*D$	\$ 17.26
<b>SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA</b>	<b>\$ 68.09</b>
CONSUMO	
COSTO KW/h	\$ 0.50
$0.653*15*0.50471$	\$ 4.94
<b>COSTO DIRECTO DE LA MAQUINA POR HORA</b>	<b>\$ 73.04</b>

**ANÁLISIS DEL COSTO POR MATERIAL  
PARA FABRICAR UN POSTE CR-9**

VOLUMEN DE CONCRETO 0.322 m<sup>3</sup> CON f<sub>c</sub>=250 kg/cm<sup>2</sup>

MATERIAL		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
CONFITILLO		m <sup>3</sup>	0.2475	\$ 40.00	\$ 9.90
ARENA		m <sup>3</sup>	0.2211	\$ 40.00	\$ 8.84
AGUA		m <sup>3</sup>	0.07	\$ 1.35	\$ 0.09
CEMENTO		TON	0.16	\$ 390.77	\$ 62.52
VARILLA	3/8	TON	0.018	\$ 1,690.00	\$ 30.42
VARILLA	1/2	TON	0.036	\$ 1,690.00	\$ 60.84
ALAMBRE	11R	Kg	3.5	\$ 1.90	\$ 6.65
ALAMBRE	14R	Kg	1	\$ 1.90	\$ 1.90
ALAMBRE	16R	Kg	0.61	\$ 1.90	\$ 1.16
ANILLOS		JUEGO	1	\$ 13.49	\$ 13.49
ADITIVOS		lt	0.24	\$ 4.92	\$ 1.18
		m <sup>3</sup>	0.06	\$ 35.00	\$ 2.10

**COSTO DE MATERIAL \$ 199.10**



**ANÁLISIS DEL COSTO POR MATERIAL  
PARA FABRICAR UN POSTE CR-12**

VOLUMEN DE CONCRETO 0.547 m<sup>3</sup> CON f'c=250 kg/cm<sup>2</sup>

MATERIAL		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
CONFITILLO		m <sup>3</sup>	0.407	\$ 40.00	\$ 16.28
ARENA		m <sup>3</sup>	0.341	\$ 40.00	\$ 13.64
AGUA		m <sup>3</sup>	0.108	\$ 1.35	\$ 0.15
CEMENTO		TON	0.25	\$ 390.77	\$ 97.69
VARILLA	3/8	TON	0	\$ -	\$ -
VARILLA	1/2	TON	0.126	\$ 1,660.00	\$ 209.16
VARILLA	3/4	TON	0	\$ -	\$ -
ALAMBRE	11R	Kg	5.6	\$ 1.90	\$ 10.64
ALAMBRE	14R	Kg	0	\$ -	\$ -
ALAMBRE	16R	Kg	1	\$ 1.90	\$ 1.90
ANILLOS		JUEGO	1	\$ 32.54	\$ 32.54
ADITIVO		lt	0.35	\$ 4.92	\$ 1.72
ESCOMBRO		m <sup>3</sup>	0.08	\$ 35.00	\$ 2.80

**COSTO DE MATERIAL \$ 386.52**

**ANÁLISIS DEL COSTO POR MATERIAL  
PARA FABRICAR UN POSTE CR-12E**

VOLUMEN DE CONCRETO 0.547 m<sup>3</sup> CON f<sub>c</sub>=300 kg/cm<sup>2</sup>

MATERIAL		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
CONFITILLO		m <sup>3</sup>	0.408	\$ 40.00	\$ 16.32
ARENA		m <sup>3</sup>	0.341	\$ 40.00	\$ 13.64
AGUA		m <sup>3</sup>	0.1	\$ 1.35	\$ 0.14
CEMENTO		TON	0.315	\$ 390.77	\$ 123.09
VARILLA	3/8	TON	0	\$ -	\$ -
VARILLA	1/2	TON	0	\$ -	\$ -
VARILLA	3/4	TON	0.284	\$ 1,690.00	\$ 479.96
ALAMBRE	11R	Kg	0	\$ -	\$ -
ALAMBRE	14R	Kg	0	\$ -	\$ -
ALAMBRE	16R	Kg	1	\$ 1.90	\$ 1.90
ALAMBRE	9G	Kg	26.8	\$ 2.45	\$ 65.66
ANILLOS		JUEGO	1	\$ 32.54	\$ 32.54
ADITIVO		lt	0.37	\$ 4.92	\$ 1.82
ESCOMBRO		m <sup>3</sup>	0.08	\$ 35.00	\$ 2.80

**COSTO DE MATERIAL \$ 737.87**

**ANÁLISIS DEL COSTO POR MATERIAL  
PARA FABRICAR UN POSTE CR-14E**

VOLUMEN DE CONCRETO 0.640 m<sup>3</sup> CON  $f_c=300$  kg/cm<sup>2</sup>

MATERIAL		UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
CONFITILLO		m <sup>3</sup>	0.44	\$ 40.00	\$ 17.60
ARENA		m <sup>3</sup>	0.3762	\$ 40.00	\$ 15.05
AGUA		m <sup>3</sup>	0.13	\$ 1.35	\$ 0.18
CEMENTO		TON	0.4	\$ 390.77	\$ 156.31
VARILLA	3/8	TON	0	\$ -	\$ -
VARILLA	1/2	TON	0	\$ -	\$ -
VARILLA	3/4	TON	0.324	\$ 1,690.00	\$ 547.56
ALAMBRE	11R	Kg	3.5	\$ 1.90	\$ 6.65
ALAMBRE	14R	Kg	1	\$ 1.90	\$ 1.90
ALAMBRE	16R	Kg	0.61	\$ 1.90	\$ 1.16
ANILLOS		JUEGO	1	\$ 13.49	\$ 13.49
ADITIVO		lt	0.24	\$ 4.92	\$ 1.18
ESCOMBRO		m <sup>3</sup>	0.06	\$ 35.00	\$ 2.10

**COSTO DE MATERIAL      \$ 763.17**

## COSTO DE FABRICACIÓN DE UN POSTE CR-9

### CON EL PROCESO UTILIZADO ACTUALMENTE

VOLUMEN DE CONCRETO 0.332 m<sup>3</sup> f<sub>c</sub>=250 Kg/cm<sup>2</sup>

#### COSTO DIRECTO

MANO DE OBRA	\$ 215.35
SUPERVISION Y HABILITADO	\$ 22.29
MAQUINARIA	\$ 28.73
COSTO DE MATERIAL	\$ 199.10
COSTO DE HERRAMIENTA	\$ 6.46
<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>\$ 471.93</b>

#### COSTOS INDIRECTOS

COSTO DE ADMINISTRACIÓN EN OBRA	\$ 47.19
<b>SUMA</b>	<b>\$ 519.12</b>
COSTO DE ADMINISTRACIÓN CENTRAL	\$ 31.15
<b>COSTO TOTAL DEL POSTE</b>	<b>\$ 550.27</b>

## **COSTO DE FABRICACIÓN DE UN POSTE CR-12**

### **CON EL PROCESO UTILIZADO ACTUALMENTE**

VOLUMEN DE CONCRETO 0.547 m<sup>3</sup> f<sub>c</sub>=250 Kg/cm<sup>2</sup>

#### **COSTO DIRECTO**

MANO DE OBRA	\$ 304.19
SUPERVISION Y HABILITADO	\$ 22.29
MAQUINARIA	\$ 29.17
COSTO DE MATERIAL	\$ 386.52
COSTO DE HERRAMIENTA	\$ 9.13
<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>\$ 751.30</b>

#### **COSTOS INDIRECTOS**

COSTO DE ADMINISTRACIÓN EN OBRA	\$ 75.13
<b>SUMA</b>	<b>\$ 826.43</b>
COSTO DE ADMINISTRACIÓN CENTRAL	\$ 49.59
<b>COSTO TOTAL DEL POSTE</b>	<b>\$ 876.01</b>

## **COSTO DE FABRICACIÓN DE UN POSTE CR-12E**

### **CON EL PROCESO UTILIZADO ACTUALMENTE**

VOLUMEN DE CONCRETO 0.547 m<sup>3</sup> f<sub>c</sub>=300 Kg/cm<sup>2</sup>

#### **COSTO DIRECTO**

MANO DE OBRA	\$ 321.25
SUPERVISION Y HABILITADO	\$ 22.29
MAQUINARIA	\$ 29.17
COSTO DE MATERIAL	\$ 737.87
COSTO DE HERRAMIENTA	\$ 9.64
<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>\$ 1,120.22</b>

#### **COSTOS INDIRECTOS**

COSTO DE ADMINISTRACIÓN EN OBRA	\$ 112.02
<b>SUMA</b>	<b>\$ 1,232.24</b>
COSTO DE ADMINISTRACIÓN CENTRAL	\$ 73.93
<b>COSTO TOTAL DEL POSTE</b>	<b>\$ 1,306.17</b>

## **COSTO DE FABRICACIÓN DE UN POSTE CR-12E**

### **CON EL PROCESO UTILIZADO ACTUALMENTE**

VOLUMEN DE CONCRETO 0.640 m<sup>3</sup> f<sub>c</sub>=300 Kg/cm<sup>2</sup>

#### **COSTO DIRECTO**

MANO DE OBRA	\$ 532.33
SUPERVISION Y HABILITADO	\$ 22.29
MAQUINARIA	\$ 31.89
COSTO DE MATERIAL	\$ 763.17
COSTO DE HERRAMIENTA	\$ 15.97
<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>\$ 1,365.65</b>

#### **COSTOS INDIRECTOS**

COSTO DE ADMINISTRACIÓN EN OBRA	\$ 136.56
<b>SUMA</b>	<b>\$ 1,502.21</b>
COSTO DE ADMINISTRACIÓN CENTRAL	\$ 90.13
<b>COSTO TOTAL DEL POSTE</b>	<b>\$ 1,592.35</b>

**PERSONAL QUE INTERVIENE EN LA FABRICACIÓN DE POSTES CR-9 Y CR-12**

**FABRICACIÓN CON DOSIFICADORA CON UNA PRODUCCIÓN DE 49 POSTE**

CATEGORIA	CANTIDAD	FUNCION	SALARIO NOMINAL POR JORNADA	FACTOR DE SALARIO REAL POR JORNADA	SALARIO REAL POR JORNADA	TOTAL
PEONES	14	AMARRADORES	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 2,507.81
PEONES	14	FORMEROS	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 2,507.81
PEONES	1	FABRICACIÓN DEL CONCRETO	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 179.13
PEONES	5	TRANSPORTACIÓN Y VACIADO DEL CONCRETO	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 895.65
PEÓN	1	JALADOR	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 179.13
ALBAÑIL	1	PULIDOR	\$ 67.70	4.1113	\$ 278.34	\$ 278.34
PEON ESPECIAL	1	VIBRADORISTA	\$ 67.70	4.1113	\$ 278.34	\$ 278.34
PEONES	4	MANDRILEROS	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 716.52
OPERADOR DE MAQ.	1	PLANTA DOSIFICADORA	\$ 67.70	4.1113	\$ 278.34	\$ 278.34
PEÓN	1	LIMPIEZA	\$ 43.57	4.1113	\$ 179.13	\$ 179.13

**TOTAL \$ 8,000.18**

**COSTO DE MANO DE OBRA POR POSTE \$ 163.27**



## COSTO DE FABRICACIÓN DE DOS POSTES CR-9 Y CR-12

### CON DOSIFICADORA

VOLUMEN DE CONCRETO 0.879 m<sup>3</sup> f<sub>c</sub>=250 Kg/cm<sup>2</sup>

#### COSTO DIRECTO

MANO DE OBRA	\$ 163.27
SUPERVISION Y HABILITADO	\$ 22.29
MAQUINARIA	\$ 29.58
COSTO DE MATERIAL	\$ 763.17
COSTO DE HERRAMIENTA	\$ 4.90
<b>COSTO DIRECTO</b>	<b>\$ 983.21</b>

#### COSTOS INDIRECTOS

COSTO DE ADMINISTRACIÓN EN OBRA	\$ 98.32
<b>SUMA</b>	<b>\$ 1,081.53</b>
COSTO DE ADMINISTRACIÓN CENTRAL	\$ 64.89
<b>COSTO TOTAL DEL POSTE</b>	<b>\$ 1,146.42</b>

Haciendo un análisis final respecto al costo total de un poste fabricado con el proceso actual y comparándolo con el proceso si se realizara con una planta dosificadora, vemos que el costo de fabricación de dos postes del tipo CR-9 y CR-12, con el proceso actual es de \$1426.28, mientras que con la dosificadora estos dos postes tendrían un costo de \$1146.42, lo cual significa un ahorro del 20% en cada poste fabricado. Este ahorro justifica la implementación de la planta dosificadora de concreto, el uso de la planta de concreto esta justificado desde el punto de vista económico y técnico; pero se tendría que hacer un estudio porque al usar la planta, personal que está laborando actualmente tendría que ser reubicado, para desarrollar actividades similares a las que esta ejecutando actualmente.

Al usar la planta reduce los costos de mano de obra principalmente ya que actualmente las fábricas de postes tienen mucho personal operativo laborando, lo cual implica una erogación a la empresa y por ende el costo de fabricación se incrementa.

## CAPITULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La fabricación de postes de concreto reforzado con el procedimiento actual en Luz y Fuerza, es satisfactorio, ya que cumple con los requerimientos solicitados tanto económicos como técnicos, pero haremos algunas sugerencias al proceso constructivo que se está utilizando, sobre todo en la fabricación del concreto ya que la dosificación se realiza por volumen lo cual no es recomendable ya que generalmente dichos volúmenes no son uniformes. Se sugiere que la dosificación se haga por peso, ya que al realizarla de esta manera estaremos garantizando la cantidad exacta de los materiales necesarios para cada tipo de mezcla.

Se recomienda realizar la prueba de revenimiento cada cinco mezclas con el fin de garantizar la homogeneidad de las mezclas.

Es de suma importancia cuidar la relación agua/cemento ya que ésta es la que determina la resistencia final del concreto.

El agua debe ser la mínima requerida para no alterar la resistencia, en caso de requerir que la mezcla sea más manejable para su colocación dentro de las cimbras se recomienda usar aditivos fluidizantes y por ningún motivo se debe agregar más agua para facilitar la colocación del concreto.

En cuanto a la transportación del concreto se sugiere que se utilicen bandas transportadoras ya que éstas garantizan que el concreto no sufra segregación y se reduzcan los costos en la fabricación del concreto ya que se usaría menos personal.

En cuanto a los agregados se recomienda tener un mejor control en cuanto sanidad y el contenido de humedad ya que la humedad llega a alterar la relación agua/cemento.

Las pruebas a los postes deben ser más continuas para garantizar que éstos cumplan con las normas y especificaciones requeridas en su fabricación.

En cuanto al vibrado, éste es satisfactorio ya que cumple con las necesidades y los requerimientos técnicos de compactación del concreto ya que es de mucha importancia no dejar huecos entre la cimbra y el acero de refuerzo tanto transversal como longitudinal.

Esta sugerencias se hacen al proceso de fabricación actual que como ya dijimos cumple satisfactoriamente, pero corrigiendo algunos detalles de los ya mencionados se puede mejorar la producción de postes de concreto y esto va en

beneficio tanto de la empresa como de los trabajadores y de los usuarios que finalmente son los que demandan productos de calidad.

En cuanto al uso de la dosificadora se recomienda que se instale debido a que al ponerla en operación estaremos garantizando productos de alta calidad y sobre todo económicos, que es finalmente lo que se pretende que los productos sean lo más económicos posible, y esto ya lo vimos en el capítulo anterior cuando hicimos el análisis económico del proceso actual comparándolo con la producción con planta dosificadora y concluimos que son 20% más baratos si se fabricaran con planta dosificadora.

Este análisis se hizo si la planta trabajara dos horas y produciendo 49 postes, si la planta se usara las ocho horas la producción se elevaría y por lo tanto se abatirían costos.

Esto es cuanto a lo económico, en cuanto a lo técnico esta planta cumple con los requisitos para fabricar concreto de calidad para la fabricación de postes de calidad por lo cual se recomienda sea instalada, ya que con ella cumpliría con creces para satisfacer la demanda de postes de concreto que como ya dijimos ésta es muy grande por la gran zona de influencia que tiene Luz y Fuerza en la zona centro de nuestro país.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**1.- MENA F, V.M. Y LOERA P, S.**

**GUÍA PARA LA FABRICACIÓN Y CONTROL DE CONCRETO EN OBRAS PEQUEÑAS**

**INSTITUTO DE INGENIERÍA NUM 299 1972**

**2.- COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD**

**POSTES DE CONCRETO**

**COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD 1979**

**3.- LUZ Y FUERZA DEL CENTRO**

**NORMAS L y F**

**LUZ Y FUERZA DEL CENTRO 1995**

**4.- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE**

**ACERO DE ALTA RESISTENCIA**

**INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y EL CONCRETO 1982**

**5.- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE**

**PRÁCTICA RECOMENDABLE PARA DOSIFICAR CONCRETO NORMAL Y CONCRETO PESADO**

**INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y EL CONCRETO 1982**

6.- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE

PRÁCTICA RECOMENDABLE PARA LA MEDICIÓN, MEZCLADO,  
TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DEL CONCRETO

7.- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE

CARTILLA DEL CONCRETO

INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y EL CONCRETO 1982

8.- DE ALBA C, J.H. Y MENDOZA S, E.R.

FACTORES DE CONSISTENCIA DE COSTOS Y PRECIOS UNITARIOS

FUNDEAC 1988

9.- SUAREZ S, C. Y GUEVARA M, M.

MANUAL DE COSTOS Y PRECIOS EN LA CONSTRUCCIÓN

LIMUSA 1988

10.- ARNAL S, L. Y BETANCOURT S, M.

REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN PARA EL DISTRITO FEDERAL

TRILLAS 1991