

300615

25

29



# UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA

Incorporada a la U. N. A. M.

## PRESAS DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL  
PRESENTA

HUGO PEREZ AGUILAR

MEXICO, D. F.

1987



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 está 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.

# I N D I C E

	PÁGINA
I. GENERALIDADES	
A) HISTORIA	2
B) PRIMERAS INVESTIGACIONES	5
C) PRESA LA MANZANILLA	13
II. DEFINICION	
¿QUÉ ES CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO?	29
III. PROPIEDADES	
A) RESISTENCIA A LA COMPACTACION	37
B) RESISTENCIA AL CORTANTE	42
C) CAPACIDAD DE DEFORMACIÓN	42
D) CAMBIOS VOLUMÉTRICOS	44
E) PROPIEDADES ELÁSTICAS	45
F) FLUENCIA	47
G) PERMEABILIDAD	47
H) DURABILIDAD	49
IV. METODO CONSTRUCTIVO	
A) MATERIALES	53
B) MEZCLADO	56
C) TRANSPORTACIÓN Y COLOCACIÓN	59
D) COMPACTACIÓN	67

	PÁGINA
V. REVISION DE LA SECCION GRAVEDAD	
A) FUERZAS QUE SE CONSIDERAN EN EL DISEÑO	72
B) ESTABILIDAD AL VOLTEO	77
C) ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO	79
D) ESFUERZOS EN EL CONCRETO	84
E) CÁLCULOS	84
F) ESPACIAMIENTO DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN	104
VI. COMPARACION Y CONCLUSION	
A) COMPARACIÓN DE COSTOS Y TIEMPOS	111
B) PRESAS DE MATERIALES GRADUADOS	140
C) PRESAS DE CONCRETO CONVENCIONAL	141
D) PRESAS DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO	142
BIBLIOGRAFIA	144

**CAPITULO I**  
**GENERALIDADES**

## A) HISTORIA

EL "CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO" AÚN NO ES MUY CONOCIDO EN MÉXICO, DEBIDO A LA ESCASA INFORMACIÓN QUE EXISTE SOBRE EL TEMA Y A LA POCA APLICACIÓN QUE HA TENIDO EN LA CONSTRUCCIÓN EN EL MUNDO Y EN MÉXICO EN PARTICULAR.

EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO TUVO SUS INICIOS EN 1970, EN EL DÉCIMO CONGRESO MUNDIAL DE GRANDES PRESAS EN MONTREAL, CANADA, DONDE EL PROFESOR WALLINGFORD V.M. PRESENTÓ SU ARTÍCULO "PROPUESTA DE NUEVA TÉCNICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PRESAS DE GRAVEDAD DE CONCRETO", PROPONIENDO QUE LA UTILIZACIÓN DE SUELO-CEMENTO EN LA CONSTRUCCIÓN DE PRESAS, RESULTABA MUY ECONÓMICA.

EN ESE MISMO AÑO, EN EL CONGRESO DE LA SOCIEDAD AMERICANA DE INGENIEROS CIVILES EN ASILOMAR, CALIFORNIA, EL PROFESOR JEROME H. RAPHAEL PRESENTÓ UN ARTÍCULO TITULADO "LA PRESA OPTIMA DE GRAVEDAD", EN EL QUE PROPUSO EL ENRIQUECIMIENTO DEL SUELO-CEMENTO, A FIN DE MEJORAR SUS PROPIEDADES, PRINCIPALMENTE SU RESISTENCIA, POSTULANDO QUE ESTO HARÍA POSIBLE LA CONSTRUCCIÓN DE CORTINAS, CON REDUCCIÓN SIGNIFICATIVA EN LA SECCIÓN DE LA MISMA, FINALMENTE, EL ARTÍCULO INDICA LA FORMA EN LA QUE DEBE APLICARSE LA NUEVA MEZCLA (SUELO-CEMENTO ENRIQUECIDO), PARA

OBTENER MAYOR RENDIMIENTO Y TRABAJABILIDAD Y PROPONE SU APLICACIÓN POR MEDIO DE MAQUINARIA PESADA.

DURANTE EL DESARROLLO DEL ÚLTIMO CONGRESO CITADO, EL ING. ROBERT W. CONNAN PRESENTÓ EL ARTÍCULO "CONSTRUCCIÓN DE PRESAS DE CONCRETO UTILIZANDO EQUIPO PARA COMPACTACIÓN DE TIERRA", EN DONDE PROPONE LA APLICACIÓN DE UNA MEZCLA YA GRADUADA: GRAVA, ARENA, FINOS, CEMENTO Y AGUA, A DIFERENCIA DEL SUELO-CEMENTO PROPUESTO POR EL PROFESOR RAPHAEL UN AÑO DESPUÉS, EL MISMO CONNAN SE DEDICÓ A EXPERIMENTAR EL VIBROCOMPACTADOR PARA GRANDES CANTIDADES DE CONCRETO.

EN 1972, EN EL SIMPOSIUM DE "NUEVOS MÉTODOS DE MEZCLADO Y COLADO DE CONCRETO", EN DALLAS, TEXAS, ORGANIZADO POR EL ACI ("INSTITUTO AMERICANO DEL CONCRETO"), CONNAN PRESENTÓ OTRO ARTÍCULO TITULADO "COMPACTACIÓN DE CONCRETO MASIVO CON RODILLO VIBRATORIO", EN EL QUE EXPUSO LOS RESULTADOS DE SUS EXPERIMENTOS EN 1971, SOBRE EL CONCRETO TRANSPORTADO EN CAMIONES ESTÁNDAR DE VOLTEO, COLOCADO CON TRACTOR BULLDOZER Y COMPACTADO CON RODILLO VIBRADOR. PARA ELLO UTILIZÓ UNA MEZCLA DE BAJO CONTENIDO DE CEMENTO Y ALTO CONTENIDO DE AGREGADOS, AL CUAL LLAMÓ CEMENTO-POBRE, CONFIRMANDO UN INCREMENTO DE RESISTENCIA, ATRIBUIDA A LA COMPACTACIÓN OBTENIDA POR DICHO RODILLO.

PARA ENTONCES, EL CUERPO DE INGENIEROS DE LA ARMADA DE LOS ESTADOS UNIDOS YA SE ENCONTRABA REALIZANDO SUS PROPIAS IN-

VESTIGACIONES CON EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO Y FUE EN 1974, CUANDO DECIDIÓ UTILIZAR, POR PRIMERA VEZ, EL CONCRETO -- COMPACTADO CON RODILLO EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA SECCIÓN DE LA CORTINA LOWER GRANT, SITUADA EN LA FRONTERA ENTRE LOS ESTADOS DE WASHINGTON Y OREGON. NO SE CUENTA CON LOS RESULTADOS DE ESTA PRIMER EXPERIENCIA, PUESTO QUE LA ARMADA NUNCA LOS PUBLICÓ.

EN 1975, LOS MISMOS INGENIEROS REALIZARON UN BORDO DE - PRUEBA EN LA PRESA LOST CREEK, EN OREGON. SE OBTUVIERON MUES - TRAS DE CORAZÓN DEL BORDO COMPACTADO Y FRAGUADO, CUYAS PRUEBAS INDICARON NO EXISTIR NINGUNA DIFERENCIA CON EL CONCRETO CONVEN - CIONAL, PERO DETECTARON VARIABILIDAD EN LA RESISTENCIA DE LAS MUESTRAS. ESTA SE PRESENTABA AL ENSAYAR MUESTRAS COMPUESTAS -- POR DOS CAPAS, OCURRIENDO FALLAS EN LAS JUNTAS ENTRE AMBAS, LO CUAL SE ATRIBUYÓ A LA SEGREGACIÓN DE LOS MATERIALES. SE CONCLU - YÓ, QUE PARA MEJORAR LAS JUNTAS ENTRE LAS CAPAS, DEBERÍA EVI - TARSE LA SEGREGACIÓN UTILIZANDO AGREGADOS MÁXIMOS MÁS PEQUEÑOS Y EN CAPAS DE MENOR ESPESOR.

PARA ESTA ÉPOCA, 1975, VARIOS CENTROS DE INVESTIGACIÓN DEL MUNDO, COMO EL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE TRABAJOS PÚBLICOS DE JAPÓN, LA ASOCIACIÓN AMERICANA DE INGENIERÍA CIVIL Y EL INSTITUTO AMERICANO DEL CONCRETO, EMPEZARON A HACER ESTUDIOS SOBRE EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO.



## B) PRIMERAS INVESTIGACIONES

LA PRIMERA CONSTRUCCIÓN DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO SE LLEVÓ A CABO EN 1974, EN UNA SECCIÓN DE LA CORTINA DE LA PRESA LOWER GRAUNT, DE LA CUAL, SOLAMENTE LA ARMADA DE LOS ESTADOS UNIDOS POSEE INFORMACIÓN.

EN 1975, UNA SECCIÓN DE LA CORTINA DE MATERIALES GRADUADOS DE LA PRESA TARBELA, EN PAQUISTÁN, FUE EROSIONADA A CAUSA DE SU DESBORDAMIENTO. PARA COLOCAR UN GRAN VOLUMEN DE MATERIAL, APROXIMADAMENTE  $345,000 \text{ m}^3$ , SE CONTABA CON MENOS DE DOS MESES, ANTES DE EMPEZAR LA TEMPORADA DE LLUVIAS Y LLENARSE LA PRESA, POR LO QUE SE OPTÓ POR REPONER EL VOLUMEN DE LA CORTINA CON CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO. AÚN CUANDO NO SE TENÍA MUCHA EXPERIENCIA Y SÓLO SE HABÍA UTILIZADO PARA EXPERIMENTOS, SU RÁPIDO Y CONTINUO MÉTODO CONSTRUCTIVO LO HACÍA LA ÚNICA SOLUCIÓN, PARA REPONER ESE VOLUMEN EN TAN POCO TIEMPO. SE REPARÓ LA CORTINA EN SÓLO 44 DÍAS, COLOCANDO UN PROMEDIO DE  $7,600 \text{ m}^3$  DE CONCRETO DIARIO Y UN MÁXIMO DE  $19,000 \text{ m}^3$ .

PARA LA EJECUCIÓN DE ESTE COLADO, SE UTILIZARON BANDAS TRANSPORTADORAS DE LOS MATERIALES A UNA TORRE DE MEZCLADO Y DE ALLÍ, POR MEDIO MEDIO DE OTRAS, HASTA LA CORTINA; DONDE SE EXTENDIÓ CON UN TRACTOR BULLDOZER Y SE COMPACTÓ CON UN RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOIMPULSADO, OBTENIENDO MAGNÍFICOS RESULTADOS.

EN 1976, EN LA PLANTA NUCLEAR TVA DE BELLEFONTE, U.S.A., SE UTILIZÓ, POR SEGUNDA VEZ, CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA LOSA DE 8.000 M<sup>3</sup>. DE CONCRETO, CON ESPESOR DE 3 M, COMO BASE DE SOPORTE PARA EL EDIFICIO DE TURBINAS.

A PESAR DEL POCO VOLUMEN COLADO, Y DEL ESPACIO TAN CONFINADO EN EL CUAL SE COLOCÓ EL CONCRETO, EL PROCEDIMIENTO PROBO SER ECONÓMICO Y RÁPIDO, ADEMÁS DE SU FLEXIBILIDAD PARA APLICARSE EN GRANDES OBRAS DISTINTAS A LOS MONOLITOS DE CONCRETO. PARA ELLO, SE UTILIZÓ UNA PLANTA DE CONCRETO QUE PROPORCIONABA EL RENDIMIENTO DE SÓLO UNA CAPA DIARIA, EN VIRTUD DE QUE NO URGÍA CONCLUIR LA OBRA Y SE DESEABAN REALIZAR PRUEBAS DE LABORATORIO Y REVISAR RESULTADOS.

EL MINISTERIO JAPONÉS DE CONSTRUCCIÓN INICIÓ EN 1974, - UN PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN, CUYO OBJETIVO ERA REDUCIR EL COSTO DE LAS PRESAS DE CONCRETO, Y LLEGÓ A LA CONCLUSIÓN DE QUE - EL MEJOR MÉTODO CONSTRUCTIVO ERA EL UTILIZADO EN LA PRESA ALPE GERA, COMBINADO CON EL CONCRETO POBRE COMPACTADO CON RODILLO - VIBRATORIO, EN LOS BORDOS DE LA PRESA LOST CREEK, POR LA ARMADA DE LOS ESTADOS UNIDOS.

LA PRESA ALPE GERA, ES UNA PRESA GRAVEDAD, CONSTRUIDA - EN ITALIA EN 1964, DE CONCRETO EN CAPAS DE 70 CM, DE LADO A - LADO DEL VALLE, EN LUGAR DE BLOQUES MONOLÍTICOS DEL MISMO MATE

RIAL, COMO SE ACOSTUMBRABA.

EN ESTA PRESA SE UTILIZARON CAMIONES DE VOLTEO PARA EL TRANSPORTE DEL CONCRETO POBRE: EL CUAL SE EXTENDIÓ CON UN TRACTOR DE ORUGAS Y SE VIBRÓ CON DECENAS DE VIBRADORES DE INMERSIÓN, ADAPTADOS EN VARIOS TRACTORES.

EN 1976, EL MINISTERIO JAPONÉS DE CONSTRUCCIÓN DECIDIÓ CONSTRUIR UN BORDO DE PRUEBAS UTILIZANDO LA ATAGUÍA AGUAS ARRIBA DE LA PRESA OKAWA. DICHA ATAGUÍA SE EJECUTÓ DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, EXTENDIDO EN CAPAS, COMO SE HIZO EN LA PRESA ALPE GERA Y SE COMPACTÓ CON RODILLO VIBRATORIO. LOS PARÁMETROS AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO SE CONSTRUYERON DE CONCRETO COMÚN, UTILIZANDO VIBRADORAS COMUNES DE INMERSIÓN. DEBIDO AL GRAN VOLUMEN DE CONCRETO, FUE NECESARIO COLOCAR JUNTAS INTERIORES, CORTADAS CON CUCHILLAS VIBRADORES, INTRODUCIENDO EN ELLAS HOJAS DE PLÁSTICO PARA EVITAR QUE SE CERRARAN. ESTE BORDO DE PRUEBAS RESULTÓ SER TODO UN ÉXITO Y SE DECIDIÓ CONSTRUIR LA LOSA DE LA BASE DE LA CORTINA EN LA MISMA FORMA.

EL CUERPO DE INGENIEROS DE LA ARMADA DE LOS ESTADOS UNIDOS, EN 1979, SE PROPUSO CONSTRUIR LA PRIMERA PRESA DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, DESPUÉS DE DOS AÑOS DE INVESTIGACIÓN, DECIDIERON INICIAR LA PRESA WELTON CREEK, QUE ES UNA PEQUEÑA PRESA DE CONTROL DE AVENIDAS SOBRE EL RÍO WILLOW, LOCALIZADA A UNOS CUANTOS KILÓMETROS DE HEPNER, DISTRITO DE WALLA WALLA, -

EN EL ESTADO DE OREGÓN. LA CORTINA DE GRAVEDAD TENÍA 542 M DE LONGITUD, 53 M DE ALTURA Y UN VOLUMEN DE 307,000 M<sup>3</sup> DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO.

EL CONCURSO FUE PUBLICADO EN SEPTIEMBRE DE 1981 Y EL 6 DE NOVIEMBRE, DEL MISMO AÑO, EL MEJOR POSTOR INICIÓ LA CONSTRUCCIÓN DE DICHA PRESA, "EUCON CORPORATION OF PASCO", GANÓ EL CONCURSO CON \$14'094,762.00 DE DÓLARES. EL COSTO POR PIE CÚBICO DE CONCRETO COLOCADO EN LA CORTINA FUE DE \$18.43 DÓLARES -- APROXIMADAMENTE, APROXIMADAMENTE \$64.00 DÓLARES POR METRO CÚBICO.

EL COSTO ESTIMADO DEL PIE CÚBICO DE CONCRETO CONVENCIONAL ERA DE \$65.00 DÓLARES APROXIMADAMENTE, \$225.00 DÓLARES POR METRO CÚBICO, LO QUE SIGNIFICÓ UNA REDUCCIÓN DEL 70% DEL COSTO. COMPARADO CON LA OPCIÓN DE LA CORTINA DE MATERIALES GRADUADOS, SE ESTIMÓ UN AHORRO DE \$11'000,000.00 DE DÓLARES. EN RELACIÓN A LA ETAPA DE DURACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN, SE ESTIMÓ QUE SE PODRÍAN COLOCAR LOS 307,000 M<sup>3</sup> DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO EN UN AÑO, Y NO EN TRES, COMO SE HABÍA PROPUESTO PARA LA OPCIÓN CON CONCRETO COMÚN. LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS, LA EXCAVACIÓN Y LA CONSTRUCCIÓN DE LA ATAGUÍA DE DESVÍO, FUE TERMINADA EN EL INVIERNO DE 1981. EN ABRIL DE 1982, SE EMPEZÓ A COLOCAR EL CONCRETO Y PARA NOVIEMBRE DE ESE MISMO AÑO LA PRESA ESTABA TERMINADA EN SU TOTALIDAD.

LA SEGUNDA PRESA COMPLETAMENTE CONSTRUIDA DE CONCRETO -  
COMPACTADO CON RODILLO, FUE LA PRESA TAMANDAWA DISEÑADA, EN -  
1982 POR EL MINISTERIO DE CONSTRUCCIÓN DE JAPÓN, QUIEN INICIÓ  
LA CONSTRUCCIÓN EN SEPTIEMBRE DE 1983. SE TRATABA DE UN PRESA  
HIDROELÉCTRICA DE CONTROL DE AVENIDAS Y DE CAPTACIÓN DE AGUA -  
PARA POTABILIZAR, LOCALIZADA SOBRE EL RÍO TAMA, APROXIMADAMEN-  
TE A 10 KM. DEL LAGO TAZAWA. LA CORTINA ERA DE GRAVEDAD, DE --  
441 M. DE LONGITUD, 100 M. DE ALTURA Y CON UN VOLUMEN DE ---  
1'140,000 M<sup>3</sup> DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO. LA PRESA FUE  
DISEÑADA PARA UNA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE 254,000,000M<sup>3</sup>,  
QUE SE CONSIDERA DE ENORMES DIMENSIONES.

EN LA CONSTRUCCIÓN SE UTILIZÓ UN MÉTODO CONSTRUCTIVO -  
MÁS SOFISTICADO, DEBIDO PRINCIPALMENTE A LA GRAN ALTURA DE LA  
CORTINA Y AL GRAN VOLUMEN QUE SE COLOCÓ, APROXIMADAMENTE 4 VE-  
CES EL DE LA PRESA WELTON CREEK. PARA EL MEZCLADO SE UTILIZÓ -  
UNA PLANTA DE CONCRETO COMÚN, EN EL TRANSPORTE DE LA MEZCLA SE  
UTILIZARON DOS CABLES GRÚAS Y UN TREN INCLINADO. ESTE SE USÓ -  
PARA OBTENER GRANDES RENDIMIENTOS EN EL TRANSPORTE DEL CONCRE-  
TO, DESDE LA DOSIFICADORA EN LA CIMA DE LA BOQUILLA, HASTA --  
100 M. ABAJO, EN LA BASE DE LA BOQUILLA.

LOS CABLES - GRÚAS SE UTILIZARON PARA TRANSPORTAR EL --  
CONCRETO DESDE LA DOSIFICADORA EN UN EXTREMO DE LA CORTINA, -  
HASTA EL OTRO EXTREMO A 441 M, PARA DESPUÉS BAJARLOS HASTA EL  
NIVEL DE AVANCE. LA COMPACTACIÓN SE EFECTUÓ CON RODILLO LISO -

VIBRATORIO AUTOIMPULSADO Y SE LE DIO UN ÚLTIMO ACABADO, CON RODILLO DE NEUMÁTICOS.

UTILIZANDO ESTE MÉTODO CONSTRUCTIVO, SE LLEGARON A COLOCAR 5,800 M<sup>3</sup> DE CONCRETO POR DÍA, LOGRANDO UN PROMEDIO DE --- 80,000 M<sup>3</sup> DE CONCRETO POR MES. LA PRESA TAMANDAWA SE CONCLUYÓ EN SEPTIEMBRE DE 1985, EN SÓLO 24 MESES, COMO SE HABÍA PROPUESTO. PUEDE DECIRSE QUE LA PRESA SE CONSTRUYÓ EN SÓLO 19 MESES, PUESTO QUE NO SE PUDO TRABAJAR DURANTE 5 MESES AL AÑO, A CAUSA DE LA NIEVE.

EL MINISTERIO DE CONSTRUCCIÓN DEL JAPÓN, INFORMÓ EN SU REPORTE, LAS CONCLUSIONES A LAS QUE LLEGARON DESPUÉS DE HABER CONCLUÍDO LA OBRA, Y ESTIMARON, QUE CUANDO SE TIENE EL TIEMPO LIMITADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PRESA, EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO SUELE SER LA MEJOR OPCIÓN, DEBIDO A SU RÁPIDO Y CONTINUO MÉTODO CONSTRUCTIVO, ASÍ COMO TAMBIÉN A QUE REDUCE EN GRAN CANTIDAD LA MANO DE OBRA.

EN LA CONSTRUCCIÓN DE CORTINAS DE GRANDES LONGITUDES, EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO RESULTÓ SER AÚN MÁS EFICIENTE, DEBIDO A QUE SE AGILIZA AÚN MÁS EL COLADO, PUESTO QUE SE AVANZA EN CAPAS LONGITUDINALES.

WILLON CREK Y TAMANDAWA, SON LAS CONSTRUCCIONES MÁS IMPORTANTES EN LA HISTORIA DEL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO

Y, GRACIAS A ELLAS, SE COMPROBARON LAS TEORÍAS SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE ESTE CONCRETO, FORMULADAS EN LOS BORDOS DE PRUEBAS Y EN LOS LABORATORIOS, LO QUE INSPIRÓ CONFIANZA EN LA INVESTIGACIÓN DEL MISMO.

PARA 1984, SE TENÍA PUBLICADA LA INFORMACIÓN DE WILLOW CREEK, ASÍ COMO LOS ARTÍCULOS DESCRIBIENDO LA MAGNITUD DE LA PRESA TAMANDAWA QUE, PARA ENTONCES, AÚN SE ENCONTRABA EN CONSTRUCCIÓN. ESTE AÑO FUE DE GRAN INTERÉS Y ACTIVIDAD EN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PRESAS UTILIZANDO ESTA PROMETEDORA TÉCNICA. TAN SÓLO EN LOS ESTADOS UNIDOS SE INICIARON DOS PRESAS MÁS DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO. LA PRESA UPPER STILL WATER, A 100 KM. DE SALT LAKE CITY, EN UTAH, PARA CONTROL DE AVENIDAS Y ALMACENAMIENTO DE AGUA POTABLE, TIENE UNA CORTINA DE 87 M DE ALTURA, 823 M DE LONGITUD Y UN VOLUMEN DE 1.070,000 M<sup>3</sup> DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, UPPER STILL WATER SE ENCUENTRA ACTUALMENTE EN CONSTRUCCIÓN Y SE TIENE PROGRAMADO TERMINAR LA PARA EL VERANO DE 1987.

LA MONKSVILLE DAM, AL NORTE DE NUEVA JERSEY, ES LA SEGUNDA PRESA, QUE, EN 1984, SE INICIÓ EN ESTADOS UNIDOS. ESTA PRESA, PARA CAPTACIÓN DE AGUAS PARA POTABILIZAR, TIENE UNA CORTINA DE 46 M DE ALTURA, 610 M DE LONGITUD Y CUENTA CON UN VOLUMEN DE 300,000 M<sup>3</sup> DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO. LA PRESA CUENTA CON UN PUENTE CARRETERO SOBRE LA CORONA DE LA CORTINA, QUE AÚN SE ENCUENTRA EN CONSTRUCCIÓN Y SE ESPERA TERMINAR A FI

NES DEL AÑO 1986.

EN SUDÁFRICA Y EN LA GRAN BRETAÑA SE UTILIZÓ EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO EN BORDOS DE LAS PRESAS "BRAAM RAU - BEN HERIMER",

EN ESTE AÑO, EN MÉXICO SE EMPEZÓ A HACER ESTUDIOS SOBRE EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO EN LOS LABORATORIOS DE LA DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y DESARROLLO EXPERIMENTAL DE LA SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS.

EN 1985, SE INICIÓ LA CONSTRUCCIÓN DE OTRAS PRESAS DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, AMBAS EN ESTADOS UNIDOS. LA PRESA HIDROELÉCTRICA GELES VILLE, LOCALIZADA EN EL COW CREEK, AL SUR DE OREGON, TIENE UNA CORTINA DE 51 M DE ALTURA, 291 M DE LONGITUD Y UN VOLUMEN DE 166,000 M<sup>3</sup> DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, LA CUAL SE CONCLUYÓ EN SÓLO 4 MESES. LA SEGUNDA PRESA DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, CONSTRUIDA EN ESE AÑO, FUE LA MIDDLE FORK EN EL PARACHUTE CREED, UNA TRIBUTARIA DEL RÍO COLORADO. FUE CONSTRUIDA CON EL OBJETO DE PROTEGER DE INUNDACIONES A LAS MINAS DE OIL-SHELL, Y ES LA MÁS PEQUEÑA CONSTRUIDA DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO; TIENE UNA CORTINA DE 37 M DE ALTURA, 125 M DE LONGITUD Y UN VOLUMEN DE 42,000 M<sup>3</sup> Y FUE TERMINADA EN SÓLO 3 MESES.

EN MÉXICO, ESTE MISMO AÑO LA SECRETARÍA DE AGRICULTURA



Y RECURSOS HIDRÁULICOS, POR MEDIO DE LA DIRECCIÓN DE IRRIGACIÓN Y DRENAJE, PROYECTÓ LA PRIMERA PRESA CON CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, "LA MANZANILLA".

### c) PRESA LA MANZANILLA

FUE PROYECTADA POR LA DIRECCIÓN DE DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA DE IRRIGACIÓN Y DRENAJE, Y DE ACUERDO AL CONCRETO INDICADO EN EL DISEÑO, LA DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y DESARROLLO EXPERIMENTAL ESTUDIÓ, EXPERIMENTÓ Y ESPECIFICÓ LOS MATERIALES PARA USARSE EN LA CONSTRUCCIÓN, ELABORANDO, EN COLABORACIÓN CON LA DIRECCIÓN DE DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA DE IRRIGACIÓN Y DRENAJE, LAS ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN CONVENIENTES.

LA SUPERVISIÓN DE LOS CONCRETOS HECHOS EN LA OBRA SE HARÁN POR MEDIO DE LA DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y DESARROLLO EXPERIMENTAL.

LA PRESA LA MANZANILLA ES DE ALMACENAMIENTO Y CONTROL DE AVENIDAS Y SERÁ CONSTRUIDA A 15 KM AL NOROESTE DE LEÓN, GTO., 2 KM AL NOROESTE DEL POBLADO DEL MISMO NOMBRE EN EL RÍO IBARRILLA.

LA RESIDENCIA EN LEÓN, GTO., SE ENCARGÓ DE INVESTIGAR POSIBLES BANCOS PARA LA OBTENCIÓN DE LOS MATERIALES PETREOS. UNA VEZ UBICADOS LOS MÁS CERCANOS Y DE MEJOR CALIDAD, SE ENVÍA

RON A LA D.I.D.E. (DIRECCIÓN DE INGENIERÍA Y DESARROLLO EXPERIMENTAL), LAS MUESTRAS, PARA DETERMINAR SUS PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LAS ALTERNATIVAS CONTEMPLADAS SE ESCOGIERON LAS MÁS FAVORABLES: EL BANCO LA MANZANILLA 1 Y EL MISMO RÍO IBARRILLA.

CON LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS Y LAS ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN DE LAS PRESAS WILLOW CREEK, TAMANDAWA Y UPPER STILL WATER, SE ELABORARON LAS DE CONSTRUCCIÓN PARA LA MANZANILLA.

EL PASO MÁS IMPORTANTE EN EL DISEÑO DE ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN Y DE CONTROL DE CALIDAD FUE LA CONSTRUCCIÓN DEL BORDO DE PRUEBAS. LA SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS CONSTRUYÓ DICHO BORDO CON LA COLABORACIÓN DE LA CONSTRUCTORA VISE, S.A., EN LAS CERCANÍAS DEL POBLADO COLONIA NUEVA, ENTRE LAS CIUDADES DE LEÓN Y SILAO, GTO. EL BORDO SE CONSTRUYÓ CON LAS SIGUIENTES DIMENSIONES: 12 M DE LONGITUD, 1.5 M DE ALTURA 4.1 M DE ANCHO Y TALUD DE 0.75 A 1. LOS AGREGADOS PETREOS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN FUERON GRAVA TRITURADA DEL BANCO LA MANZANILLA Y ARENA DEL RÍO IBARRILLA, CON UN TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADOS DE 7.5 CM.

EL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO SE DESCRIBIRÁ BREVEMENTE. EL CONCRETO FUE DOSIFICADO POR MEDIO DE BANDAS TRANSPORTADORAS, CON UN PORCENTAJE EN PESO DEL 4% Y 8% DE CEMENTO Y DE 4% Y 6%

DE AGUA. SE MEZCLÓ EN REVOLVEDORAS PARA CONCRETO COMÚN Y FUE -  
TRANSPORTADO EN CAMIONES DE VOLTEO, EXTENDIÉNDOLO CON MOTOCON-  
FORMADORA, EN CAPAS DE 30 CM DE ESPESOR.

EL BORDO FUE DIVIDIDO LONGITUDINALMENTE EN TRES ZONAS,  
QUE SE COMPACTARON CON DOS, CUATRO Y SEIS PASADAS, CON RODILLO  
VIBRATORIO LISO AUTOIMPULSADO, DE 10 TONELADAS DE PESO. UNA --  
VEZ TERMINADO, SE PROTEGIÓ SU CORONA CON ARENA, QUE SE MANTUVO  
HÚMEDA, CON OBJETO DE EVITAR PÉRDIDA DE AGUA EN EL CONCRETO.

LA FINALIDAD DE LA OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS EN EL BORDO  
DE PRUEBAS, FUE DETERMINAR LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE,  
EL PESO VOLUMÉTRICO ÓPTIMO, EL MÓDULO DE ELASTICIDAD Y LA RELA-  
CIÓN DE POISSON. LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LOS LABORATORIOS,  
SE PRESENTAN EN LA TABLA NO. 1.

EL ALTO RENDIMIENTO EN EL COLADO Y LOS RESULTADOS FAVO-  
RABLES DE LAS PRUEBAS A LAS QUE FUERON SOMETIDAS LAS MUESTRAS  
EN EL LABORATORIO, ASEGURARON LA CONFIABILIDAD DE LAS ESPECIFI-  
CACIONES DE CONSTRUCCIÓN. LA CONVOCATORIA PARA LA CONSTRUCCIÓN  
DE LA MANZANILLA SE PUBLICÓ EN NOVIEMBRE DE 1985. LA CONSTRUC-  
TORA VISE, S.A., A LA QUE SE ADJUDICÓ EL CONCURSO, INICIÓ LA -  
CONSTRUCCIÓN EN ENERO DE 1986, PROPONIENDO SU TERMINACIÓN PARA  
DICIEMBRE DEL MISMO AÑO.

LA MANZANILLA FUE DISEÑADA PARA UNA CAPACIDAD TOTAL DE

TABLA I

RESULTADOS DE MUESTRAS EXAMINADAS DEL BORDO DE PRUEBAS " LA MANZANILLA "

MEZCLA ELABORADA CON: GRAVA TRITURADA DEL BANCO " LA MANZANILLA ",

ARENA DE CAUCE DEL RÍO IBARRILLA.

CONTENIDO DE CEMENTO %	CONTENIDO DE AGUA %	TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADOS PULG.	EDAD DÍAS	PESO VOLUMÉTRICO KG/M <sup>3</sup> .	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN KG/CM <sup>2</sup> .
6	6	1 1/2	7	2 311	72
6	6	3	28	2 207	89
6	6	3	90	2 218	105
8	6	1 1/2	7	2 282	66
8	6	3	28	2 296	102
8	6	3	90	2 280	118

16

PRESAS DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, "ING. ANTONIO MOSQUEJA TIMOCO".

ALMACENAMIENTO DE  $6.400,000 \text{ m}^3$ , CON UN EMBALSE DE  $350,000 \text{ m}^2$ . LA CORTINA TENDRÁ UNA ALTURA DE 45 M, LONGITUD APROXIMADA DE 200 M, Y SE COLOCARÁN  $64,000 \text{ m}^3$  DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO. LA MEZCLA UTILIZADA EN SU CONSTRUCCIÓN TENDRÁ UN CONSUMO DE 6% CEMENTO O DE 120 KG, POR METRO CÚBICO DE CONCRETO. SE UTILIZARÁ COMO CEMENTANTE UNA MEZCLA DE CEMENTO DE POCO CALOR DE HIDRATACIÓN Y CENIZAS VOLÁTILES, EN UNA PROPORCIÓN DE 5% AL 10% POR PESO.

LA UTILIZACIÓN DE CENIZAS VOLÁTILES TIENE POR OBJETO REDUCIR EL CALOR DE HIDRATACIÓN DEL PROCESO EXOTÉRMICO, Y REDUCIR EL CONSUMO DE CEMENTO EN LA LECHADA SIN DISMINUIR LA RESISTENCIA DE LA MEZCLA.

LA MEZCLA SE ELABORARÁ CON GRAVA OBTENIDA DEL BANCO MANZANILLA 1, CON TAMAÑO MÁXIMO DE 7.5 CM. LA ARENA SE OBTENDRÁ DEL RÍO IBARRILLA, CON 7% DE FINOS NO PLÁSTICOS, QUE TIENEN POR OBJETO AUMENTAR LA RESISTENCIA, SIN AUMENTAR EL VOLUMEN DE CEMENTO O CENIZA VOLÁTIL, Y MÁS ADELANTE SE HABLARÁ MÁS AMPLIAMENTE SOBRE SU UTILIZACIÓN. EL CONTENIDO DE AGUA DE LA MEZCLA, CON UN REVENIMIENTO CERO, SERÁ DEL 6% POR PESO Ó 130 LT POR METRO CÚBICO DE CONCRETO. ESTE CONTENIDO DE AGUA FUE DETERMINADO POR MEDIO DEL BORDO DE PRUEBA.

LA ELABORACIÓN DE LA MEZCLA SE LLEVARÁ A CABO POR MEDIO DE UNA DOSIFICADORA DE CONCRETO COMÚN, LA CUAL ESTARÁ LOCALIZA

DA A UNOS CUANTOS METROS DE LA CORTINA. LA PROPORCIÓN EN QUE SE DOSIFICARÁ CADA AGREGADO DE LA MEZCLA, FUE DETERMINADA COMO ÓPTIMA EN LAS PRUEBAS DE LABORATORIO EJECUTADAS PARA EL BORDO DE PRUEBA.

EL CONCRETO DEBERÁ COLOCARSE CON UN MÁXIMO DE 10 MINUTOS DESPUÉS DEL MEZCLADO, TRANSPORTÁNDOSE, DE LA DOSIFICADORA A LA CORTINA, EN CAMIONES DE VOLTEO. LOS CAMIONES CARGADOS PODRÁN TRANSITAR SOBRE LA CORTINA EN CONSTRUCCIÓN PARA DEPOSITAR EL CONCRETO EN EL LUGAR MÁS APROPIADO PARA SU COLOCACIÓN. EL COLOCADO O EXTENDIDO DEL CONCRETO SE EJECUTARÁ CON TRACTOR -- BULLDOSER DE ORUGA, EN CAPAS DE 30 CM DE ESPESOR, TRASLAPADAS Y A LO LARGO DE LA CORTINA.

LA COMPACTACIÓN DEL CONCRETO DEBERÁ EFECTUARSE INMEDIATAMENTE DESPUÉS QUE SE HAYA EXTENDIDO, PARA EVITAR FALLAS LOCALES DEBIDAS A LA EVAPORACIÓN DEL AGUA.

EL CONCRETO SE COMPACTARÁ POR MEDIO DE UN RODILLO VIBRATORIO AUTOIMPULSADO DE 10 TONELADAS, SEMEJANTE AL UTILIZADO EN EL BORDO DE PRUEBA. PARA OBTENER LA RESISTENCIA DE  $100 \text{ KG/CM}^2$ , SE PASARÁ EL RODILLO 4 VECES SOBRE LA CAPA A UNA VELOCIDAD NO MAYOR DE 5.0 KM/HR.

LA CORTINA SERÁ CONSTRUIDA EN UNA BOQUILLA DE APROXIMADAMENTE 185 M DE LONGITUD Y 60 M DE ALTURA HASTA LA CORONA. EN

EL BORDO DE PRUEBAS SE ASEGURÓ LA POSIBILIDAD DE CONSTRUIR UN TALUD DE 0.7: 1, CON EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO A UTILIZAR EN LA CORTINA. POR LO TANTO, SE DISEÑÓ EL TALUD DE AGUAS ABAJO CON MAGNITUD DE 0.80:1, POR NECESIDADES DE ESTABILIDAD.

EN EL TALUD AGUAS ARRIBA SE ESTUDIÓ LA POSIBILIDAD DE UTILIZAR FORMAS PREFABRICADAS DE CONCRETO ARMADO COMO CIMBRA PERMANENTE, A FIN DE OBTENER UN TALUD VERTICAL QUE EVITE EL DECIMBRADO. EL TALUD AGUAS ARRIBA ESTÁ COMPUESTO POR DOS PENDIENTES, UNO VERTICAL Y OTRO 0.15:1, DEL DESPLANTE HASTA LA ELEVACIÓN 1904.25 M.

ES IMPORTANTE MENCIONAR QUE, GRACIAS AL REVENIMIENTO CERRO DEL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, ES POSIBLE OBTENER UN TALUD VERTICAL CON LA APLICACIÓN DE FORMAS DE CONCRETO PREFABRICADO.

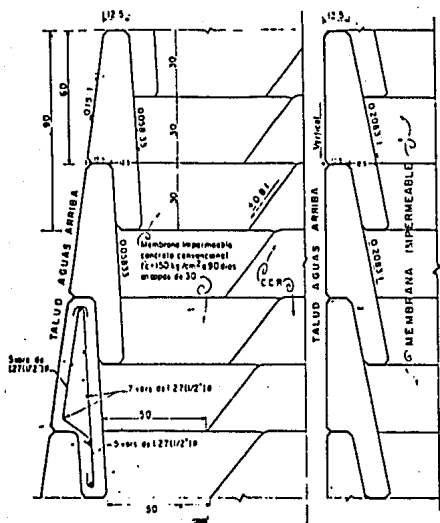
PARA DETERMINAR LA UTILIZACIÓN DE LAS FORMAS PREFABRICADAS, SE HACE UN ESTUDIO ECONÓMICO QUE CONSISTE EN DETERMINAR EL COSTO DE LA SECCIÓN, CON LAS FORMAS PREFABRICADAS Y SIN ELLAS. PARA DETERMINAR EL COSTO DE LA SECCIÓN, SE CONSIDERA EL DE LA CIMBRA DE MADERA O METÁLICA CONVENCIONAL Y SE COMPARA CON EL COSTO DE LAS FORMAS PREFABRICADAS. ES EVIDENTE QUE LA OPCIÓN MÁS ECONÓMICA SE OBTIENE CON LAS FORMAS PREFABRICADAS, PUESTO QUE ÉSTAS NO REQUIEREN DE GRAN MANO DE OBRA, SU COLOCACIÓN ES MÁS RÁPIDA Y NO REQUIEREN DECIMBRADO. LA CORTINA DE LA PRESA,

LA MANZANILLA SE CONSTRUIRÁ CON FORMAS PRECOLADAS EN EL TALUD AGUAS ARRIBA.

EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, AL FRAGUAR, SE COM-  
PORTA COMO EL CONCRETO COMÚN HACIENDO POSIBLE CONSTRUIR EL VER-  
TEDOR SOBRE LA CORTINA Y CON ELLO UN AHORRO EN SU COSTO.

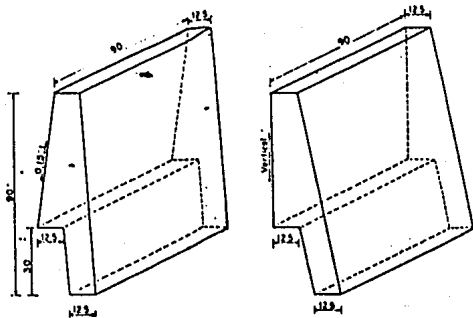


## FORJAS DE CONCRETO PREFABRICADO

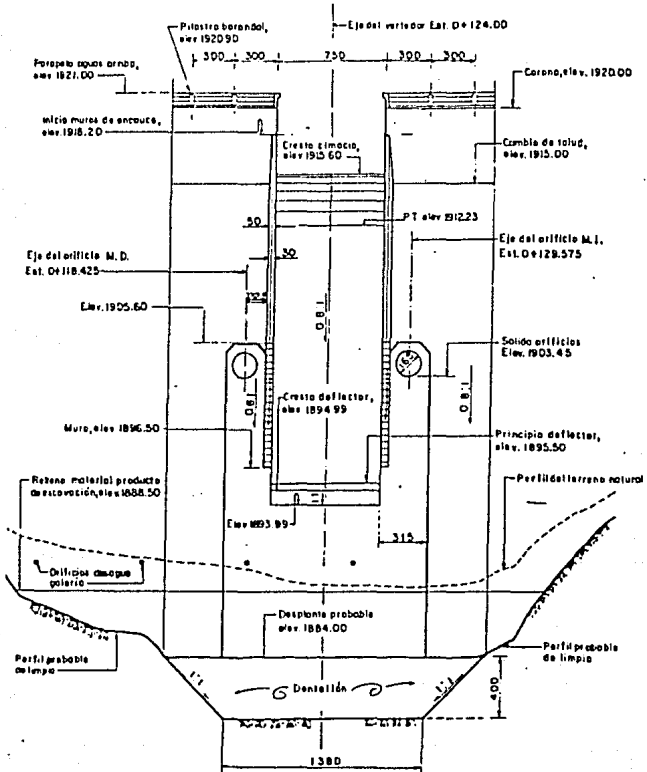


## NOTAS-

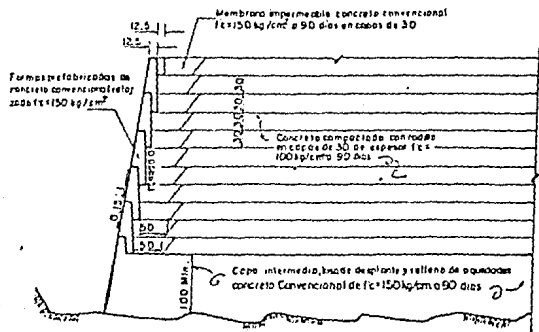
Acotaciones en centímetros -  
 El acero de refuerzo será redondo con piques con  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  con traspases de 12 K 2 metros.  
 Los alambres otros se rematarán con 21 1/2 cm de  
 La cara que estará en contacto con la membrana de impermeabilización, deberá estar estriada con 1/3 del tamaño mínimo de espesor que se requiere. La colocación del concreto prefabricado que se han hecho en C.C.R. y otros prefabricados, se deberá llevar al mismo nivel de colocación del C.C.R.



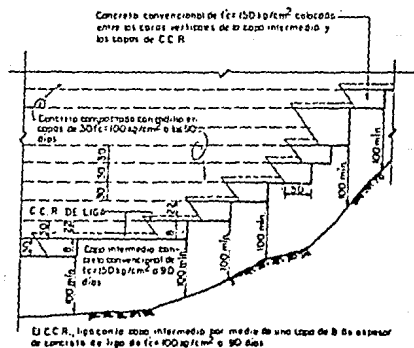
# VERTEDOR SOBRE LA CORTINA DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO



## DETALLE DEL COLADO EN CAPAS DEL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO

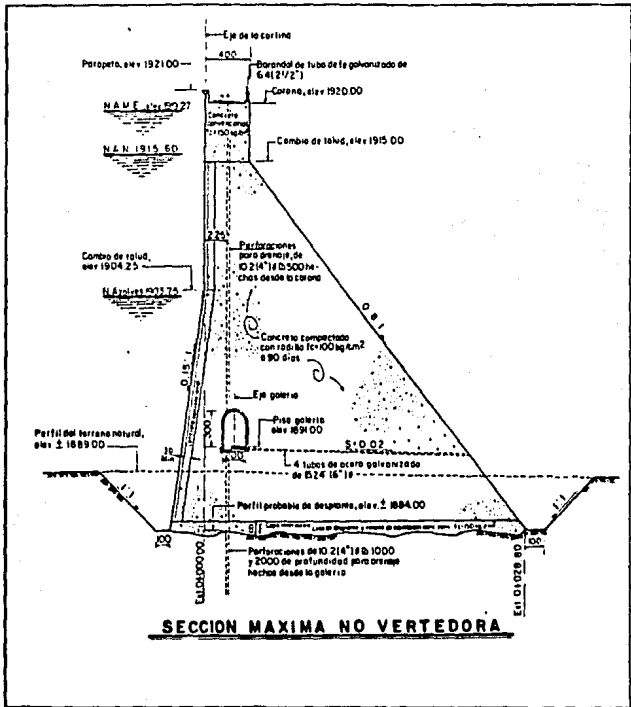


En el paramento de aguas abajo con talud DB:1 no se pondrán formas prefabricadas en la sección no vertedera, en la sección vertedera se usará una losa de concreto con reforzados, anclada en el CCR, con vara de 191(3/4") de 300 a 50 en dos direcciones.



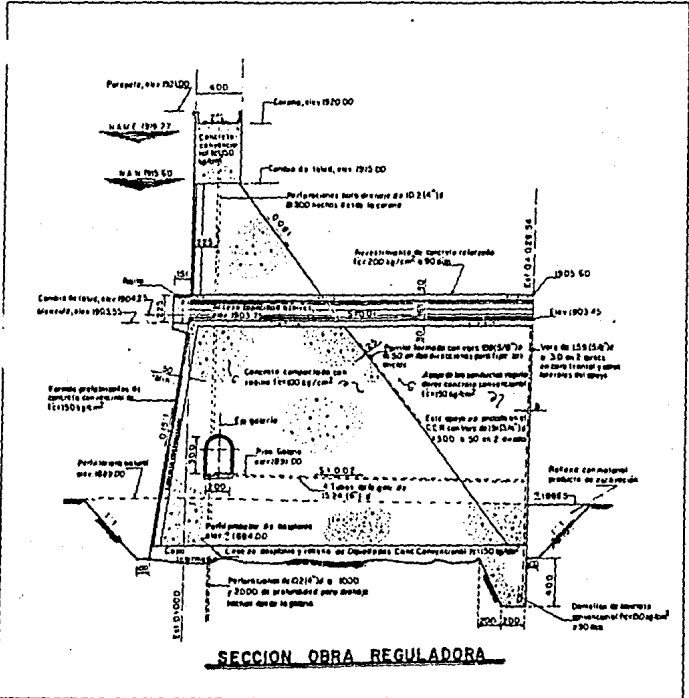
El CCR, ligante a capa intermedia por medio de una losa de 8 cm de espesor de concreto de liga de fc=100 kg/cm² a 90 días.

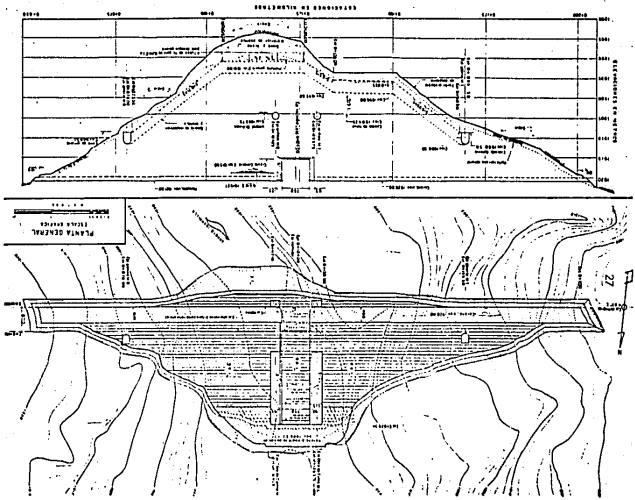
## SECCION DE LA CORTINA DE GRAVEDAD DE LA PRESA LA MANZANILLA





## SECCION DE LA CORTINA DE GRAVEDAD DE LA PRESA LA MANZANILLA





**CAPITULO II**  
**DEFINICION**



## ¿QUE ES EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO?

ESTE CONCRETO TAMBIÉN SE CONOCE COMO CONCRETO RODILLADO O COMO ROLACRETO (ROLLED CRETE).

EN 1980, EL COMITÉ 207 DEL (A.C.I.), INSTITUTO AMERICANO DEL CONCRETO, DEFINIÓ COMO R.C.C. (ROLLED COMPACTED CONCRETE) O C.C.R. (CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO) AL CONCRETO DE BAJO CONTENIDO DE CEMENTO, DE BAJA TRABAJABILIDAD, QUE SE COLOCA CON MAQUINARIA PESADA (TRACTOR O MOTOCONFORMADORA) QUE SE COMPACTA CON RODILLO LISO VIBRATORIO Y ADQUIERE ASPECTO Y PROPIEDADES FÍSICAS SEMEJANTES A LAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL.

CON ESTA DEFINICIÓN, LOS CONCEPTOS COMO CONCRETO RODILLADO Y ROLACRETO (ROLLED CRETE) QUEDAN INCLUIDOS COMO CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO.

EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO (C.C.R.), SE OBTIENE DE LA MEZCLA DE GRAVA, ARENA, FINOS NO PLÁSTICOS O CENIZAS VOLANTES, CEMENTO Y AGUA. ES UN CONCRETO CUYO CONTENIDO DE CEMENTO ES DEL ORDEN DEL 4% AL 7%, QUE CORRESPONDE A UN CONSUMO DE 85 KG/M<sup>3</sup>, A 170 KG/M<sup>3</sup>.

EN LA CONSTRUCCIÓN DE CORTINAS DE GRAVEDAD EN CONCRETO

SE UTILIZAN RESISTENCIAS QUE VARÍAN DE 100 A 150  $\text{KG}/\text{CM}^2$ , LO -- CUAL SIGNIFICA UN CONSUMO DE 200 A 300  $\text{KG}/\text{M}^3$ , EN CONCRETOS CON VENCIONALES.

DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN PRUEBAS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN, EFECTUADOS A DIFERENTES ESTRUCTURAS CONSTRUIDAS DE CONCRETO COMPACTADO CON ROD-LLO, SE HAN OBTENIDO RESISTENCIAS DE 200  $\text{KG}/\text{CM}^2$  A 90 DÍAS DE COLADO, CON UN CONSUMO DE 120  $\text{KG}/\text{M}^3$ , COMO SE PUEDE APRECIAR EN LA TABLA III-A. ESTO IMPLICA QUE -- EXISTE UN AHORRO DEL 60% EN EL CONSUMO DE CEMENTO Y, CONSECUEN TEMENTE, EN LOS COSTOS.

EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO TIENE UN REVENIMIEN TO DE CERO. EL CONTENIDO DE AGUA SE DETERMINA EN FUNCIÓN A LA MAYOR MANEJABILIDAD O TRABAJABILIDAD DEL CONCRETO, YA QUE SU EXCESO PROPICIARÍA QUE SE ADHIRIERA AL RODILLO COMPACTADOR, Y SU ESCASEZ PROVOCARÍA FALLAS LOCALES POR CORTANTE AL NO HIDRA TARSE EL CEMENTO TOTALMENTE. EL CONTENIDO DE AGUA EN EL CONCRE TO COMPACTADO CON RODILLO ESTÁ ENTRE 2% AL 8% EN PESO, LO QUE CORRESPONDE A UN CONSUMO DE 50 A 200  $\text{L}/\text{M}^3$ .

EL CONTENIDO DE AGUA DEL CONCRETO COMPACTADO CON RODI LLO NO SE PUEDE DEFINIR PARA UNA MEZCLA DETERMINADA, PUESTO -- QUE SE VE AFECTADO POR EL CLIMA Y LA TEMPERATURA DURANTE SU CO LADO.

EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO SE DIFERENCIA, EN --  
TÉRMINOS GENERALES, ENTRE EL SUELO-CEMENTO O LA TIERRA ESTABI-  
LIZADA, EN QUE CONTIENE AGREGADOS GROSOS.

EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO UTILIZA GRAVAS DESDE  
2 HASTA 4 PULGADAS, AUNQUE SE HAN LLEGADO A EFECTUAR COLADOS -  
CONTENIENDO AGREGADOS MÁXIMOS DE HASTA 9 PULGADAS. LA GRAVA -  
UTILIZADA EN LA MEZCLA PUEDE SER PROVENIENTE DE BANCOS O DE --  
TRITURACIÓN DE MATERIALES PETREOS DE MAYOR TAMAÑO.

EL ARENA DEBE ESTAR BIEN GRADUADA, DE TODA AQUELLA QUE  
PASA LA MALLA N<sup>o</sup>. 4; PRÁCTICAMENTE LA MISMA UTILIZADA EN EL --  
CONCRETO CONVENCIONAL, CON LA EXCEPCIÓN DE NO NECESITAR DESLA-  
VAR FINOS.

LA COMPACTACIÓN ESTÁ RELACIONADA DIRECTAMENTE CON LA RE-  
LACIÓN DE VACÍOS Y LA GRANULOMETRÍA. EL CONCRETO SE PUEDE COM-  
PACTAR HASTA OBTENER UN CONTENIDO DE VACÍOS DE SÓLO 0.5% A 1.5%,  
SIEMPRE Y CUANDO SE UTILICE UNA GRANULOMETRÍA QUE GARANTICE EL  
NÚMERO SUFICIENTE DE PARTÍCULAS DE CADA TAMAÑO, PARA LLENAR --  
LOS ESPACIOS DEJADOS POR LAS QUE LE SIGUEN DE TAMAÑO MAYOR.

EN LUGAR DE DESLAVAR LOS FINOS, ÉSTOS SE APROVECHAN PA-  
RA DISMINUIR LA RELACIÓN DE VACÍOS, DEBIENDO SER NO PLÁSTICOS,  
DE LO CONTRARIO, RESULTARÁN CONTRAPRODUENTES Y DISMINUIRÁ LA  
COMPACTABILIDAD Y, POR ENDE, LA RESISTENCIA. LOS FINOS TAMBIÉN

DEBEN DE ESTAR BIEN GRADUADOS, HASTA EL TAMAÑO DE 2 MICRAS, PARA OBTENER MÁXIMOS RESULTADOS EN LA COMPACTIBILIDAD. LA CANTIDAD DE FINOS UTILIZADOS EN LA MEZCLA VARÍA DEL 5% AL 10%, Y DEPENDE DEL TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADOS. SI NO SE INCLUYEN LOS FINOS EN LA MEZCLA, LA RELACIÓN DE VACÍOS AUMENTARÁ Y LA COMPACTACIÓN SERÁ MÁS DIFÍCIL, A MENOS QUE LA DEFICIENCIA DE ESTE TAMAÑO SE COMPENSE AGREGANDO CENIZA FINA O CEMENTO.

LA CENIZA FINA UTILIZADA EN LA SUSTITUCIÓN DE LOS FINOS EN EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, NORMALMENTE ES CENIZA VOLÁTIL. ÉSTA CENIZA VOLÁTIL ES EL PRODUCTO NO COQUIZABLE DE LAS CARBOELÉCTRICAS Y LA CANTIDAD UTILIZADA VARÍA AL IGUAL QUE LOS FINOS, DEL 5% AL 10%, Y DEPENDE DEL TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADOS.

EL MEZCLADO, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DEL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO DEBE EFECTUARSE CON EL MENOR REMANEJO Y LO MÁS RÁPIDO POSIBLE. EN EL MEZCLADO, LOS REQUISITOS TÉCNICOS PRINCIPALES SON: MEZCLAR LOS INGREDIENTES PARA OBTENER UNA DISTRIBUCIÓN SUFICIENTE UNIFORME Y TENER LA CAPACIDAD SUFICIENTE PARA CUMPLIR CON LOS ALTOS VOLÚMENES DE COLOCACIÓN.

ES MUY CONVENIENTE EFECTUAR LA MEZCLA POR MEDIO DE UNA DOSIFICADORA DE CONCRETO CONVENCIONAL, PUESTO QUE ASÍ SE MEZCLA POR ESO. EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO NO ES UNA PASTA FLÚIDA Y ES MUY ÁSPERA; POR LO TANTO, LA MEZCLADORA DEBE ES

TAR DISEÑADA PARA RESISTIR LA ACUMULACIÓN, LA QUE PODRÍA SER UN PROBLEMA, PARA EL ALTO CONTENIDO DE FINOS Y LA CONSISTENCIA DE LA MEZCLA.

EL TIPO DE MEZCLADORA A UTILIZAR DEPENDE PRINCIPALMENTE DEL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO, SI ES DE 6 PULGADAS (15.2 CM), SERÁ NECESARIO MEZCLARLA POR MEDIO DE UNA REVOLVEDORA CONTINUA DE OLLA, INCLINADA PARA OBTENER UNA DISTRIBUCIÓN UNIFORME EN LA MEZCLA. CUANDO EL TAMAÑO MÁXIMO ES DE 1 PULGADA (2.54 CM.), SE PUEDEN UTILIZAR CAMIONES-REVOLVEDORAS CON MUCHO ÉXITO.

LOS VEHÍCULOS DE ACARREO, COMO CAMIONES DE VOLTED, HAN RESULTADO CONVENIENTES ÚNICAMENTE PARA MEZCLAS CUYO TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO SEA MENOR DE 3 PULGADAS (7.62 CM), YA QUE OCASIONAN SEGREGACIÓN CUANDO SON MAYORES.

LAS BANDAS TRANSPORTADORAS SE CONSIDERAN COMO LA SOLUCIÓN ÓPTIMA PARA EL ACARREO DE LA MEZCLA, PARA CUALQUIER ALTURA DE CORTINA. EXISTEN SISTEMA DE BANDAS TRANSPORTADORAS, DISEÑADAS PARA MOVERSE CONFORME SE AVANZA EN LA CORTINA. NORMALMENTE SE EMPLEA ESTE SISTEMA CON UNA TOLVA DE RETENCIÓN TEMPORAL, PARA QUE LA REVOLVEDORA DESCANSE, SIN INTERRUMPIR LA TRANSPORTACIÓN. EL CONCRETO DEBERÁ DEPOSITARSE LO MÁS CERCA POSIBLE A LA UBICACIÓN DE SU COMPACTACIÓN.

LA FORMA APROPIADA PARA SU COLOCACIÓN ES AVANZAR EN CA-

PAS TRASLAPADAS, COMPACTANDO DE UN CONTRAFUERTE A OTRO. EL --  
TRASLAPADO DEBERÁ EJECUTARSE DE AGUAS ARRIBA A AGUAS ABAJO.

EL ESPESOR DE LA CAPA VARÍA DESDE 6 PULG. (15 CM), HAS--  
TA 18 PULG. (45 CM), AUNQUE EL MÁS COMÚN SEA DE 12 PULG (30 --  
CM), LA ÚNICA LIMITANTE ES EL ESPESOR DE CADA CAPA ES QUE SEA,  
COMO MÍNIMO, DOS VECES EL TAMAÑO DEL AGREGADO MÁXIMO, CON OBJE  
TO DE EVITAR LA SEGREGACIÓN POR EL RODILLO COMPACTADOR.

LA COMPACTACIÓN SE DEBERÁ LLEVAR A CABO CON RODILLO VI--  
BRATORIO LISO, AUTOIMPULSADO, Y DEBERÁ DE COMPACTARSE TAN PRON  
TO COMO SEA POSIBLE.

ES MUY IMPORTANTE QUE EL CONCRETO COMPACTADO CON RODI -  
LLO SE COMPACTÉ EN UN LAPSO NO MAYOR DE 10 MINUTOS, DESPUÉS DE  
SU COLOCACIÓN.

EL EQUIPO MÁS APROPIADO PARA ESTE TIPO DE COMPACTACIÓN  
ES EL DE COMPACTADORES DE 10 TONELADAS DE PESO, QUE VIBRAN AL  
1 800 RPM, CON MOTOR DE 125 HP. CON ESTE TIPO DE COMPACTADORES  
SÓLO SE NECESITAN DE 3 A 6 PASADAS, PARA OBTENER LA ÓPTIMA COM  
PACTACIÓN EN CAPAS DE 6 PULG (15.2 CM) A 18 PULG (45 CM).

EL EXCESO Y LA ESCASEZ DE COMPACTACIÓN TIENE EL MISMO -  
RESULTADO: BAJA COMPACTACIÓN. EL CONCRETO COMPACTADO CON RODI--  
LLO DEBE DE TRATARSE COMO CONCRETO CONVENCIONAL Y NO COMO MATE

TERIAL GRANULAR, YA QUE AUNQUE PAREZCA MATERIAL GRANULAR TIENE LAS MISMAS PROPIEDADES QUE EL CONCRETO CONVENCIONAL AL ENDURECERSE.

**CAPITULO III**  
**PROPIEDADES**



## A) RESISTENCIA A LA COMPRESION

LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE CONCRETO CONSOLIDADO SE VE PRINCIPALMENTE AFECTADA POR LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO O AGUA/MATERIAL CEMENTANTE, NO EXISTE NINGÚN INCONVENIENTE EN CUANTO A LA OBTENCIÓN DE RESISTENCIA EN UNA MEZCLA CON CERO DE REVENIMIENTO O BAJO CONTENIDO DE AGUA, SIEMPRE Y CUANDO LA CANTIDAD DE AGUA SEA SUFICIENTE PARA LOGRAR LA HIDRATACIÓN CONTINUA DE TODO EL CEMENTO.

EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO REQUIERE DE MENOR CONTENIDO DE CEMENTO PARA OBTENER RESISTENCIAS COMPARABLES A LA DE LOS CONCRETOS CONVENCIONALES.

EN LA TABALA III-A SE PUEDEN OBSERVAR LOS CONTENIDOS DE CEMENTO Y LA RESISTENCIA DE ÉSTOS A DIFERENTES EDADES. LOS DATOS SE OBTUVIERON DE CORAZONES EXTRAÍDOS DE DIFERENTES ESTRUCTURAS CONSTRUIDAS EN LOS ESTADOS UNIDOS.

PUESTO QUE NO EXISTEN REQUISITOS DE RESISTENCIA, TEMPRANA EDAD, PARA COLADOS MASIVOS DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, LAS RESISTENCIAS DEBEN BASARSE EN LAS RESISTENCIAS A EDADES MÁS AVANZADAS, APROXIMADAMENTE DE 6 MESES A 1 AÑO. SALVO EN CASO DE QUE LA ESTRUCTURA SE PONGA EN SERVICIO ANTES.

LAS PROPIEDADES MÁS SIGNIFICATIVAS PARA EL CONCRETO CONVENCIONAL TAMBIÉN SON LAS MÁS IMPORTANTES PARA EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO.

POR LO GENERAL, LAS PEQUEÑAS DIFERENCIAS QUE EXISTEN ENTRE LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO Y EL CONVENCIONAL, SE ATRIBUYEN PRINCIPALMENTE A LAS DIFERENCIAS EN LAS PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS. EN LA DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, EXISTE APROXIMADAMENTE UN 40% MENOS AGUA Y 30% MENOS CEMENTO O MATERIAL CEMENTANTE, QUE EN EL CONCRETO CONVENCIONAL.

ES IMPORTANTE ACLARAR, QUE EL MATERIAL CEMENTANTE CONSISTE EN LA PASATA FORMADA POR LA MEZCLA DE AGUA, CEMENTO Y PUZOLONA O FINOS O CENIZAS VOLANTES.

LAS PROPIEDADES MÁS IMPORTANTES PARA EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO SON: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, RESISTENCIA AL CORTANTE, CAPACIDAD DE DEFORMACIÓN, CAMBIOS VOLUMÉTRICOS, PROPIEDADES ELÁSTICAS, FLUENCIA, PERMEABILIDAD Y DURABILIDAD, LAS CUALES A CONTINUACIÓN SE ANALIZAN.

PARA CUMPLIR CON LOS REQUISITOS DE RESISTENCIAS EN LOSAS Y PAVIMENTOS, LA EDAD DEL CONCRETO PUEDE SER HASTA DE 7 DÍAS O AÚN MENOS. NO HAY RAZÓN PARA RESTRINGIR EL CONTENIDO DE CEMENTO EN LAS ESTRUCTURAS MÁS DELGADAS DE ESTE TIPO, YA QUE

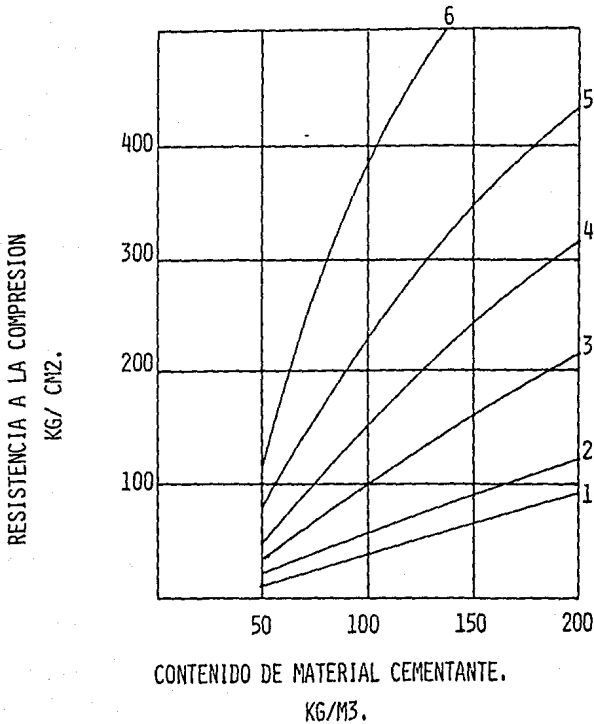
EL CALOR DE HIDRATACIÓN SE DISIPA TAN RÁPIDO COMO SE GENERA.

SE HAN LLEVADO A CABO GRAN NÚMERO DE EXPERIMENTOS SOBRE ESPECÍMENES DE PRUEBA MOLDEADOS A COMPRESIÓN, PARA ESTABLECER UN PROCEDIMIENTO ADECUADO; LOS RESULTADOS ENSAYADOS INDICAN -- UNA ESTRECHA CORRELACIÓN ENTRE LAS RESISTENCIAS DE LOS CORAZONES DE LOS CILINDROS CUANDO EL PROCEDIMIENTO DE MOLDEADO ALCANZE LA COMPACTACIÓN TOTAL. ESTO ÚLTIMO SE PUEDE LOGRAR FÁCILMENTE MEDIANTE EL VIBRADO PROLONGADO EN UN CILINDRO SOBRELLENADO.

SI EL ESPÉCIMEN DE PRUEBA SE FABRICA MEDIANTE EL EMPLEO DE UNA MESA VIBRADORA O DE UN APARATO DE VEBE MODIFICADO, LA COMPACTACIÓN SE COMPLETA CUANDO LA PASTA FLUYE AFUERA DE LOS BORDES DE UNA SOBRE CARGA, QUE SE MANTIENE EN LA PARTE SUPERIOR DEL CONCRETO DEPOSITADO EN EL MOLDE CILÍNDRICO. SE HAN EMPLEADO PISONES DE MANO MECÁNICOS Y NEUMÁTICOS PARA COMPACTAR ESPECÍMENES DE PRUEBA MÁS GRANDES, TALES COMO VIGAS, LOSAS. LOS PISONES CON LOS CUALES SE HAN OBTENIDO LOS RESULTADOS MÁS PRECISOS SON AQUELLOS QUE PROPORCIONAN UNA PRESIÓN DE COMPACTACIÓN DE  $2 \text{ KG/CM}^2$ , Y ESTOS SON LOS RECOMENDABLES A UTILIZAR.

TABLA III A.

CONTENIDO DE CEMENTO/RESISTENCIA A DIFERENTES EDADES.



EJEMPLOS DE PRUEBA

1	3 DÍAS
2	7 DÍAS
3	28 DÍAS
4	90 DÍAS
5	1 AÑO
6	5 AÑOS

TABLA III B.

LA RESISTENCIA AL CORTANTE AUMENTA CON EL INCREMENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESION.

RESISTENCIA A LA COMPRESION KG/CM2.	RESISTENCIA AL CORTANTE KG/CM2.
162	39
181	18
231	57
232	45
262	49

ROLLER COMPACTED CONCRETE, A.C.I.

## B) RESISTENCIA AL CORTANTE

LAS PRUEBAS DE RESISTENCIA AL CORTANTE, NO CONFINADAS, DESARROLLADAS DE ACUERDO CON "CRD C 89, METHOD OF TEST FOR LONGITUDINAL SEHAR STRENGTH, UNICONFINED, SINGEL PLANE", NO REVELAN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LAS PROPIEDADES DE CORTANTE DEL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO Y LAS DEL CONCRETO CONVENCIONAL.

EL TRATAMIENTO DE LAS JUNTAS HA SIDO SIEMPRE UN PROBLEMA IMPORTANTE EN EL COLADO DEL CONCRETO CONVENCIONAL Y DEL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO. POR ESTA RAZÓN SE TOMAN CONSIDERACIONES ESPECIALES EN LAS JUNTAS DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, COMO SON: LA LIMPIEZA Y ESCARIFICACIÓN DE LA SUPERFICIE CON CHORRO DE AGUA Y LA APLICACIÓN DE MEZCLA RICA EN CEMENTO PARA ASEGURAR BUENA LIGA ENTRE CAPAS.

POR LO GENERAL, SIN SER UNA REGLA, LA RESISTENCIA AL CORTANTE NO CONFINADO VARÍA ENTRE UN 20% Y UN 25% DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.

## C) CAPACIDAD DE FORMACION

EL CONCRETO SIN CONFINAR PUEDE CAMBIAR DE VOLUMEN SIN ESFUERZO. CUANDO EL CONCRETO ESTÁ CONFINADO, EL ESFUERZO RESULTANTE DEBE INDUCIR SUFICIENTE DEFORMACIÓN PARA COMPENSAR EL CAMBIO DE VOLUMEN. SI LA DEFORMACIÓN INDUCIDA ES POR TENSIÓN Y

EXCEDE DE LA CAPACIDAD DE DEFORMACIÓN EN EL CONCRETO SE PUEDEN DESARROLLAR DEBIDO A LAS REDUCCIONES DEL VOLUMEN INDUCIDAS POR EL SECADO Y LA CONTRACCIÓN AUTÓGENA, ASÍ COMO POR CONGELACIÓN. LOS FACTORES QUE AFECTAN A LA CAPACIDAD DE DEFORMACIÓN SON; EL CONTENIDO DE CEMENTO, EL TIPO DE AGREGADO Y LAS CARACTERÍSTICAS DE SU FORMA (ANGULOSO, COMO EL QUE SE PRODUCE POR TRITURACIÓN, EN CONTRAPOSICIÓN CON EL REDONDEADO POR MEDIOS NATURALES). GENERALMENTE LOS AGREGADOS DUROS Y QUEBRADIZOS COMO LA ARGILITA Y LA CUARCITA, PRODUCEN BAJA CAPACIDAD DE DEFORMACIÓN, LA TRITURACIÓN, O LA ADICIÓN DE MATERIAL TRITURADO, MEJORA LA CAPACIDAD DE DEFORMACIÓN. EL AUMENTO DEL CONTENIDO DE CEMENTO DESARROLLARÁ LA CAPACIDAD DE DEFORMACIÓN AL INCREMENTAR LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN; SIN EMBARGO, ESTA MEJORÍA SUELE SER CONTRARRESTADA POR LOS PROBLEMAS DE DISIPACIÓN DEL CALOR, CAUSADOS POR EL AUMENTO QUE SE GENERA DEBIDO AL ALTO CONTENIDO DE CEMENTO.

LA CAPACIDAD DE DEFORACIÓN DEL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO NO DEBERÍA SER DISTINTA DE LA DEL CONCRETO COMÚN CON EL MISMO CONTENIDO DE MATERIAL CEMENTANTE; SIN EMBARGO, DEBE ESPERARSE, QUE EN LA MAYORÍA DE LOS CONCRETOS COMPACTADOS CON RODILLO SEA MÁS BAJA, YA QUE, POR LO GENERAL, ÉSTOS ESTÁN ELABORADOS CON CONTENIDOS DE CEMENTO MÁS BAJOS Y/O CON MAYOR SUSTITUCIÓN DE CEMENTO POR POZULANA, PRESENTANDO ASÍ DEFORMACIÓN MÁS BAJA INDUCIDA POR TEMPERATURA, QUE RESULTA DE UNA MEZCLA MÁS POBRE Y DE UN COLADO EN CAPAS MÁS DELGADAS.

## D) CAMBIOS VOLUMETRICOS

LA POSIBILIDAD DE CAMBIOS DE VOLUMEN, DEBIDO A LA PÉRDIDA DE HUMEDAD O A LA CONTRACCIÓN POR SECADO, ES MUY BAJA EN EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, PUESTO QUE TIENE MENOR CANTIDAD DE AGUA EN EL MEZCLADO, QUE EL CONCRETO CONVENCIONAL. EL PRINCIPAL EFECTO DEL SECADO DE LA SUPERFICIE SERÍA EL MICRO AGRIETAMIENTO DE LA PASTA, ALREDEDOR DE LAS PARTÍCULAS DE AGREGADO. LA CONTRACCIÓN POR SECADO SE VE ADEMÁS AFECTADA POR LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO; SI LA PASTA NO ES LO BASTANTE DENSA, O SI LA COMPACTACIÓN NO ES SUFICIENTE PARA IMPEDIR O RESTRINGIR EL DESPLAZAMIENTO DE LA HUMEDAD, LAS GRIETAS POR CONTRACCIÓN DE LA SUPERFICIE TERMINARÁN POR PENETRAR EN EL PERALTE.

EL CAMBIO DE VOLUMEN AUTÓGENO DE UNA MEZCLA DE CONCRETO ES AFECTADO POR LA CANTIDAD Y EL TIPO DE CEMENTO Y PUZOLANA QUE CONTIENE. LOS ESTUDIOS DIRIGIDOS POR EL CUERPO DE INGENIEROS DE LA ARMADA DE ESTADOS UNIDOS INDICAN QUE DICHO CAMBIO AUMENTA CON EL CONTENIDO DE MATERIAL CEMENTANTE Y SU FINURA; GENERALMENTE, LAS PUZOLONAS NATURALES PRODUCEN MAYORES CAMBIOS DE VOLUMEN AUTÓGENO EN EL CONCRETO QUE LA CENIZA VOLANTE O EL CEMENTO PORTLAND PURO.

LAS PROPIEDADES TÉRMICAS DEL CONCRETO SE VEN INFLUENCIADAS SIGNIFICATIVAMENTE POR EL TIPO DE AGREGADOS Y EL CONTENIDO DE HUMEDAD. LA POSIBILIDAD DE UN CAMBIO DE VOLUMEN, DEBIDO A -



LA DISIPACIÓN DEL CALOR DE HIDRATACIÓN, PUEDE REDUCIRSE CONSIDERABLEMENTE EN EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO.

### E) PROPIEDADES ELÁSTICAS

LAS PROPIEDADES ELÁSTICAS DEL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO SE VEN PRINCIPALMENTE AFECTADAS POR LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO, TIPO DE AGREGADOS Y POR LA EDAD, AL IGUAL QUE EL CONCRETO CONVENCIONAL. EL MÓDULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO AUMENTA CON EL CONTENIDO DE CEMENTO, CON EL INCREMENTO DE RESISTENCIA EN LOS AGREGADOS Y CON LA EDAD.

EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO TIENE UN MÓDULO DE ELASTICIDAD SIMILAR AL DEL CONCRETO CONVENCIONAL, CUANDO ÉSTE POSEE BUENA GRADUACIÓN EN LOS AGREGADOS Y ES COMPACTADO ADECUADAMENTE. EN LA TABLA III-E, SE PUEDE APRECIAR EL AUMENTO DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD CON EL CONTENIDO DE CEMENTO Y EL TIEMPO.

EL AUMENTO EN LAS PROPORCIONES DEL AGREGADO, RELACIONADO CON EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO Y EL CONSIGUIENTE INCREMENTO EN LA DENSIDAD, DEBEN ACRECENTAR EL MÓDULO DE ELASTICIDAD PARA UN TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO DADO, SIEMPRE QUE LA MEZCLA TENGA SUFICIENTE PASTA. SI EL VOLUMEN DE PASTA NO ES EL SUFICIENTE, LA DENSIDAD DISMINUIRÁ CON EL AUMENTO DE CAVIDADES DE AIRE. EN ESTAS CONDICIONES, EL MÓDULO DE ELASTICIDAD NO SÓ-

TABLA III E.

EL MODULO DE ELASTICIDAD AUMENTA CON EL CONTENIDO DE CEMENTO Y CON EL TIEMPO.

CONTENIDO DE CEMENTO	EDAD	MODULO DE ELASTICIDAD
KG/M <sup>3</sup> .	DIAS	KG/M <sup>2</sup> .
60	3	.22
	7	.49
	28	.92
	90	1.51
	365	1.81
120	3	.95
	7	.92
	28	1.55
	90	1.74
	365	2.36

NOTA: MEZCLA CON T.M.A. DE 3 PULGADAS.

ROLLER COMPACTED CONCRETE, A.C.I.

LO SE VERÁ AFECTADO POR LA PÉRDIDA DE DENSIDAD, SINO TAMBIÉN - POR LA DISCONTINUIDAD DE LA PASTA POR TODA LA MASA DE CONCRETO, Y SERÁ RAZONABLE ESPERAR QUE DISMINUYA, EN PROPORCIÓN, AL AU - MENTAR EL CONTENIDO DE VACÍOS.

#### F) FLUENCIA

LA FLUENCIA ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL AL VOLUMEN DE MATERIAL CEMENTANTE DE LA MEZCLA, COMO OCURRE EN EL CONCRETO - CONVENCIONAL. POR LO GENERAL, AGREGADOS QUE POSEEN UN ELEVADO ÍNDICE DE ELASTICIDAD OCASIONAN UN CONCRETO DE BAJA FLUENCIA. ES IMPORTANTE HACER NOTAR, QUE LOS CONCRETOS CON ALTA RELACIÓN DE VACÍOS, CONTRIBUYEN A UN INCREMENTO EN LA DEFORMACIÓN POR - FLUENCIAS BAJO CARGA.

PUEDE SUPONERSE QUE UN CONCRETO CON UN MÍNIMO DE MATE - RIAL CEMENTANTE, COMPACTADO AL 98% DE SU DENSIDAD ÓPTIMA, TEN - DRÍA APROXIMADAMENTE 20% MENOS DE FLUENCIA EN UNA SITUACIÓN DE CARGA DETERMINADA. SE PUEDE APRECIAR EN LA TABLA III-F, QUE LA FLUENCIA AUMENTA CON EL MAYOR CONTENIDO DE CEMENTANTE.

#### G) PERMEABILIDAD

LA PERMEABILIDAD DE UNA MASA DE CONCRETO DEPENDE EN GRAN MEDIDA DEL SISTEMA DE CAVIDADES DE AIRE ATRAPADO, ES DECIR, DE SU RELACIÓN DE VACÍOS Y, POR LO TANTO, ESTÁ CASI TOTALMENTE -- CONTROLADA POR EL PROPORCIONAMIENTO DE LA MEZCLA Y POR EL GRA-

TABLA III F.

LA FLUENCIA DISMINUYE CON EL AUMENTO EN EL CONTENIDO DE CEMENTO

CONTENIDO DE CEMENTO KG/M3.	FLUENCIA I/E
60	1.43
120	.76

NOTA: MEZCLA CON T.M.A. DE 3 PULGADAS.  
ROLLER COMPACTED CONCRETE, A.C.I.

DO DE COMPACTACIÓN. CUANDO HAY SUFICIENTE MATERIAL CEMENTANTE PARA REDUCIR AL MÍNIMO LA RELACIÓN DE VACÍOS, Y EL EQUIPO DE COMPACTACIÓN ES CAPAZ DE COMPACTAR POR COMPLETO LA MASA, EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO RESULTARÁ RELATIVAMENTE IMPERMEABLE. EL AGRIETAMIENTO Y LAS JUNTAS FRÍAS REPRESENTAN LOS MEDIOS MÁS FRECUENTES DE FILTRACIÓN DE AGUA A TRAVÉS DE CUALQUIER TIPO DE CONCRETO; POR ESTO, ES IMPORTANTE QUE LA MEZCLA DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO QUE CUBRE LAS JUNTAS FRÍAS, TENGA UN EXCESO DE MATERIAL CEMENTANTE QUE ADHIERA Y SELLE LA JUNTA, PARA IMPEDIR LA FILTRACIÓN.

#### H) DURABILIDAD

LA DURABILIDAD DEL CONCRETO SE EVALÚA CON BASE EN SU RESISTENCIA AL INTEMPERISMO, AL ATAQUE DE SUSTANCIAS QUÍMICAS, A LA EROSIÓN Y AL DESGASTE.

LA RESISTENCIA DEL CONCRETO AL ATAQUE DEL INTERPERISMO (O CONGELACIÓN-DESHIELO) DEPENDE DE SU RESISTENCIA Y CONTENIDO DE AIRE INCLUIDO, ASÍ COMO DE LA RESISTENCIA A LA CONGELACIÓN DEL AGREGADO. LA EFICACIA DE LOS AGENTES INCLUSORES DE AIRE (AEA) PARA INTRODUCIR AIRE EN EL CONCRETO, DEPENDE EN GRAN MEDIDA DEL CONTENIDO DE AGUA DE LA MEZCLA. MIENTRAS EL CONTENIDO DE AGUA DE LAS MEZCLAS PARA CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, PARECE SER DEMASIADO BAJO PARA ACEPTAR UNA INCLUSIÓN DE AIRE EFICAZ, LAS DOSIS NORMALES DE AGENTES PRODUCEN UNA LIGERA RE -

DUCCIÓN EN LOS REQUERIMIENTOS PARA LOGRAR UNA COMPACTACIÓN COMPLETA A UN NIVEL DETERMINADO. POR LO TANTO, PARECE EXISTIR -- CIERTO GRADO DE EFICACIA, AÚN CUANDO LAS DENSIDADES COMPACTADAS NO REFLEJEN AUMENTO EN LOS CONTENIDOS DE AIRE. EL CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO DE LOS E.U.A., UTILIZÓ DOSIS NORMALES DE AEA EN LOS EXPERIMENTOS REALIZADOS PARA LA PRESA DE -- LOST CREEK. LAS PRUEBAS DE CONGELACIÓN-DESHIELO SE LLEVARON A CABO EN PRISMAS ASERRADOS EN CORAZONES EXTRAÍDOS MEDIANTE TALA DRO VERTICAL DESDE EL COLADO. CON BASE EN LAS CONDICIONES DE -- LOS PRISMAS DESPUÉS DE DICHAS PRUEBAS, SE CONCLUYÓ QUE ESTE CONCRETO SE PODÍA COMPARAR FAVORABLEMENTE CON OTRO CONCRETO POBRE MASIVO QUE SE HABÍA UTILIZADO EN LA MAYOR PARTE DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA. EL TERRENO AGLOMERADO DE PROTECCIÓN EN LAS -- PRESAS DE TIERRA, Y LOS DIQUES DE TERRENO AGLOMERADO MACIZO -- QUE AÚN ESTÁN EN SERVICIO, CONSTRUIDOS MEDIANTE PROCEDIMIENTOS SIMILARES A LOS DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, ESTÁN DE -- MOSTRANDO BUEN COMPORTAMIENTO EN SERVICIO Y CONDICIONES DE EXPOSICIÓN, QUE A VECES SON MUY SEVERAS . CON BASE EN ÉSTO, NO -- DEBEN ESPERARSE PROBLEMAS DE DURABILIDAD EN ESTA CLASE DE MEZCLAS POBRES, PARA CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO.

LA RESISTENCIA AL DESGASTE SE BENEFICIA AL AUMENTAR LA RESISTENCIA DEL CONCRETO, POR EL USO DE TAMAÑO MÁXIMOS DE AGREGADOS MÁS PEQUEÑOS Y CON TEXTURAS MÁS SUAVES.

LOS ESTUDIOS SOBRE EROSIÓN REALIZADOS POR EL CUERPO DE

INGENIEROS PARA LA PRESA DEL ZINTEL CONYO, DEMOSTRARON QUE UN CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, CON TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO DE 1½ PULG (38 MM), ES RESISTENTE A LA EROSIÓN CUANDO ESTÁ SOMETIDO A UNA VELOCIDAD DEL AGUA HASTA DE 20 M/S.

NO SE HAN LLEVADO A CABO ESTUDIOS NI EXPERIMENTOS RELACIONADOS CON LA RESISTENCIA AL ATAQUE DE SUSTANCIAS QUÍMICAS; SIN EMBARGO, LOS PRINCIPALES FACTORES QUE RIJAN LA RESISTENCIA AL DETERIORO POR EL ATAQUE DE SUSTANCIAS QUÍMICAS, DEBEN SER MUY SEMEJANTES A LOS DEL CONCRETO COMÚN.

**CAPITULO IV**  
**METODO CONSTRUCTIVO**



AÚN NO EXISTE NINGUNA EXPERIENCIA EN MÉXICO EN CUANTO AL MÉTODO CONSTRUCTIVO DEL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, -- POR LO QUE, ESTE CAPÍTULO ESTÁ BASADO EN LOS ARTÍCULOS Y CONFERENCIAS DEL ING. ERNEST K. SCHRADER, QUIEN TIENE MAYOR EXPERIENCIA EN EL TEMA.

EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, LA COLOCACIÓN SE EFECTÚA DISPERSANDO HORIZONTALMENTE EL CONCRETO EN CAPAS CONTINUAS SOBRE GRANDES ÁREAS, EN LUGAR DE CONSTRUIRSE VERTICALMENTE EN GRANDES BLOQUES MONOLÍTICOS INDEPENDIENTES. POR LO TANTO, LA PLANEACIÓN Y LA LOGÍSTICA PARA CONSTRUIR UNA PRESA CON ESTE CONCRETO ES SENSIBLEMENTE DISTINTA QUE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CONCRETO CONVENCIONAL.

#### A) MATERIALES

ES FUNDAMENTAL QUE TODOS LOS MATERIALES, ACCESOS, PARTES EMPOTRADAS, LIMPIEZA DEL DESPLANTE, ETC., SE PLANIFIQUEN Y PREPAREN CON ANCIIPACIÓN. CUANDO SE SUSCITAN PROBLEMAS DE DISEÑO O DE INGENIERÍA, EN LA PRESENTE OBRA TENDRÁ QUE ESTAR LA PERSONA RESPONSABLE, CON AUTORIDAD PARA TOMAR DECISIONES SOBRE EL DISEÑO EN ESE MISMO MOMENTO.

EL APILADO DE AGREGADOS Y LA LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

DE CONCRETO PUEDEN SER MÁS IMPORTANTES QUE EN LA COLOCACIÓN -- CONVENCIONAL. TÍPICAMENTE SE REQUIEREN PILAS MUY GRANDES, QUE FÁCILMENTE PODRÍAN SER DE LA MITAD DEL MATERIAL NECESARIO PARA UNA TEMPORADA DE COLOCACIÓN, ANTES DE QUE SE EMPIECE A MEZCLAR EL CONCRETO COMPACTADO. LAS RAZONES DE ESTO PUEDEN SER: REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DEL DISEÑO, COMO LA PRODUCCION DE AGREGADOS - DURANTE UN INVERNO FRÍO, DE MANERA QUE SE APILEN "PRE-ENFRÍA - DOS" PARA SU USO POSTERIOR; PROGRAMA Y FLUJO DE EFECTIVO, YA - QUE PUEDE SER RELATIVAMENTE FÁCIL MOVILIZAR Y PRODUCIR AGREGA- DOS CUANDO SE ESTÁ OPERANDO A TODA LA CAPACIDAD, EN TANTO QUE EL TRABAJO DEL RESTO DEL PROYECTO PUEDE ESTAR APENAS INICIÁNDO SE, O POR NECESIDADES DE CONSTRUCCIÓN; EL ÍNDICE DE USO DE -- AGREGADOS DURANTE LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO COMPACTADO CON RO DILLO PUEDE EXCEDER EL ÍNDICE DE PRODUCCIÓN DE AGREGADOS. ASI- MISMO, SI SE APILAN GRANDES CANTIDADES, EL MATERIAL QUE OCASIO NALMENTE SE PRODUCE, FUERA DE LOS LÍMITES DE LAS ESPECIFICACIO NES SE PUEDE ESPARCIR SOBRE EL MATERIAL ACEPTABLE, DE MANERA - QUE LA MEZCLA RESULTANTE ESTÉ DENTRO DE LAS ESPECIFICACIONES Y NO HAYA MERMAS.

LA LOCALIZACIÓN, TAMAÑO Y FORMA DE LAS PILAS DE AGREGA- DOS SE DEBERÁN COORDINAR CON LA LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA DE - CONCRETO Y EL MÉTODO DE CARGA. A LOS ÍNDICES EXTRAORDINARIOS - DE MEZCLADO QUE SE PUEDEN LOGRAR EN OBRAS GRANDES, SE USARÁN - VARIOS CARGADORES EN FORMA SIMULTÁNEA PARA LLENAR LOS TAMBORES DE CARGA, EN CASO DE QUE NO SE USEN BANDAS TRANSPORTADORAS. SE

TIENEN QUE PENSAR LOS TRAMOS DE ACARREO, LAS VUELTAS, ETC., PARA QUE EL EQUIPO DE CARGA PUEDA OPERAR CON RAPIDEZ, EFICIENCIA Y SEGURIDAD.

LA DISTRIBUCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA DE CONCRETO SE DEBE SELECCIONAR DE TAL FORMA QUE SE MINIMICEN LOS REQUERIMIENTOS DE ENERGÍA, YA SEA QUE EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO SE TRANSPORTE POR BANDAS, O POR VEHÍCULOS DE ACARREO. SE DEBEN MINIMIZAR LAS DISTANCIAS GENERALES DE ACARREO, LA ELEVACIÓN Y LA EXPOSICIÓN DE LA MEZCLA FESCA AL SOL Y EL CLIMA. ESPECIALMENTE SI SE USA UN TRANSPORTE VEHÍCULAR, LA PLANTA DEBE ESTAR LOCALIZADA EN UN ÁREA ELEVADA, PARA QUE LOS DERRAMES Y LOS DRENAJES DEL AGUA PARA LAVAR ESCURRAN SIN PRODUCIR UN ÁREA LODOSA. EN GENERAL, LA LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA ESTARÁ EN EL FUTURO DEPÓSITO, JUSTO AGUAS ARRIBA DE LA PRESA Y ARRIBA DEL NIVEL DEL BORDO PROVISIONAL, O EN UNA DE LOS CONTRAFUERTES.

LA CARGA DE COMBUSTIBLE Y EL CIMBRADO SE DEBEN PROGRAMAR Y PLANIFICAR, PARA QUE SE TERMINE LA MAYOR PARTE DEL TRABAJO ANTES DE EMPEZAR A ELEVAR EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO Y DURANTE LOS CAMBIOS DE TURNO O PAROS DE LA CUADRILLA DE COLOCACIÓN. TODO VEHÍCULO Y PERSONAS INNECESARIAS DEBEN MANTENERSE FUERA DE LAS ÁREAS DE COLOCACIÓN Y VÍAS DE ACCESO DEL EQUIPO.

## B) MEZCLADO

SE PUEDE USAR EL BOTE O LOS SISTEMAS DE CARGA CONTINUA PARA COLOCAR EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO. LOS REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PRINCIPALES SON LA CAPACIDAD SUFICIENTE PARA CUMPLIR CON LOS ALTOS ÍNDICES DE COLOCACIÓN Y MEZCLAR LOS INGREDIENTES PARA QUE TENGAN UNA DISTRIBUCIÓN SUFICIENTEMENTE UNIFORME EN LA MEZCLA. DESDE UN PUNTO DE VISTA PRÁCTICO, LA MEZCLADORA DEBE OPERAR POR PERÍODOS PROLONGADOS, SIN PAROS, O MUY CORTOS.

LAS REPARACIONES SE TIENEN QUE HACER CON RAPIDEZ; LAS MEZCLAS NO CONTIENEN UNA PASTA FLUÍDA Y PUEDEN SER MUY ÁSPERAS. LAS OLLAS O CÁRAMA DE MEZCLADO DEBEN ESTAR DISEÑADOS PARA RESISTIR LA ACUMULACIÓN, LA QUE PODRÍA SER UN PROBLEMA, POR LA CONSISTENCIA Y EL ALTO CONTENIDO DE FINOS. LAS REVOLVEDORAS CONTINUAS, EN GENERAL, TIENEN UNA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN MÁS ALTA QUE LAS PLANTAS POR BOTE.

HAY PLANTAS CONTINUAS, MODERNAS, COMPLEJAS, QUE PUEDEN DAR EL MISMO GRADO DE CONTROL EN LA MAYORÍA DE LAS OPERACIONES POR BOTE. LAS REVOLVEDORAS CONTINUAS DE OLLA SE HAN UTILIZADO CON MUCHO ÉXITO CON AGREGADOS DE 6 PULG (152 MM) COMO MÁXIMO. LAS MEZCLADORAS DE OLLA POR BOTE PUEDEN MANEJAR CONCRETO CONVENCIONAL CON AGREGADOS GRANDES, Y TAMBIÉN SE PUEDEN EMPLEAR CON CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, EN CASO DE AGREGADOS GRAN

DES, PERO SI LA MEZCLA SE QUIERE HACER "A GRANEL", EN VIRTUD -  
DE QUE NO TIENE PASTA Y POR SU BAJA DENSIDAD SUELTA, PUEDE PRO -  
DUCIRSE EN UN 10% A 15% DE LA CAPACIDAD DE LA OLLA DE LA REVOL -  
VEDORA.

SE HAN USADO CON MUCHO ÉXITO CAMIONES CON REVOLVEDORAS  
PARA CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO CON AGREGADOS PEQUEÑOS, -  
DE UN TAMAÑO MÁXIMO DE 1 PULG (25 MM) O MENOS, Y PARA COLOCA -  
CIONES DE PRUEBA, CUANDO NO HABÍA OTRO EQUIPO DISPONIBLE. SIN  
EMBARGO, LA SEGREGACIÓN SEVERA Y EL MAL MEZCLADO NORMALMENTE -  
RESULTA EN AGREGADOS DE MÁX DE 1½ PULG (36 MM). CUANDO ÉSTE --  
SEA EL ÚNICO MÉTODO DISPONIBLE PARA HACER UN RELLENO DE PRUEBA,  
EL MATERIAL SE PUEDE DESCARGAR POR LA MANGA DEL CAMIÓN AL LE -  
CHO DE UN CAMIÓN DE VOLTEO, MIENTRAS LOS TRABAJADORES PALEAN Y  
MEZCLAN EL MATERIAL EN EL LECHO DEL CAMIÓN, MIENTRAS SE ESTÁ -  
LLENANDO.

CADA DISEÑO DE MEZCLA Y CADA PLANTA PARECEN TENER SUS -  
PROPIOS REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS PARA EL CONCRETO Y, POR EN -  
DE, SÓLO SE PODRÁN DETERMINAR, PROBANDO. EN WILLON CREEK, POR  
EJEMPLO, SE PODÍA AGREGAR Y MEZCLAR BIEN UNA ARENA FINA, SI --  
ERA EL PRIMER MATERIAL ENCINTADO A LA BANDA DE CARGA. SI SE --  
AGREGABA SOBRE LOS OTROS AGREGADOS, EL RESULTADO ERA UN MEZCLA  
DO INADECUADO Y GRANDES ACUMULACIONES DE MATERIAL EN LA REVOL -  
VEDORA. EN GENERAL, SE UTILIZARÍA LA SECUENCIA CONTRARIA PARA  
EL CONCRETO CONVENCIONAL.

LA EXACTITUD DE LA PLANTA DE CONCRETO, Y LOS MÉTODOS -- QUE SE SIGUEN PARA CONTROLAR LA MEZCLA DURANTE LA PRODUCCIÓN, HAN SIDO OBJETO DE DISCUSIONES CONTROVERTIDAS. SI EL CONTROL - EXACTO DE LA CALIDAD Y LA BAJA VARIABILIDAD SON UNA NECESIDAD TÉCNICA, SE PUEDEN OBTENER EN LAS MEZCLAS DE CONCRETO COMPACTA DO CON RODILLO. SI NO SON TÉCNICAMENTE NECESARIOS, PUEDEN SER UNA SOFISTICACIÓN MUY COSTOSA QUE NO SE DEBE PAGAR SIMPLEMEN TE POR LA TRADICIÓN. SE PUEDEN REQUERIR LA MISMA EXACTITUD DE LA PLANTA, GRADO DE PRUEBAS Y RESTRICCIONES DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA QUE SE UTILIZAN EN OPERACIONES MÁS CONVENCIONALES. SIN EMBARGO, SE PUEDEN LOGRAR ECONOMÍA Y SIMPLICIDAD, CUANDO - NO ES VERDADERAMENTE NECESARIO ESTE GRADO DE CONTROL.

CUANDO SE USAN MEZCLAS DELGADAS, CON LA MISMA CALIDAD - DE AGREGADOS PERO DIFERENTES CONTENIDOS DE CEMENTO, DIGAMOS DE 120 Y 85 KG POR METRO CÚBICO, ESTÁ DENTRO DE LO RAZONABLE CAMBIAR EL PESO DEL CEMENTO EN LA DOSIFICACIÓN, Y DEJAR TODOS LOS OTROS PESOS CONSTANTES. EN FORMA TÍPICA, LA DEMANDA DE AGUA O EL CONTENIDO ADECUADO DE HUMEDAD, NO SE ALTERARÁN CON LOS CAMBIOS EN EL CEMENTO DENTRO DE ESTE ORDEN DE MAGNITUD. ESTA ES - UNA DE LAS DIFERENCIAS MÁS NOTABLES ENTRE EL CONCRETO COMPACTA DO CON RODILLO Y EL CONCRETO CONVENCIONALMENTE PRODUCIDO.

CUANDO SE ARRANCA POR PRIMERA VEZ UNA PLANTA DE CONCRE- TO COMPACTADO CON RODILLO, SE RECOMIENDA ANTICIPAR UNA DEMANDA DE AGUA LIGERAMENTE MÁS ALTA, MIENTRAS SE HUMEDECE TODO EL --

EQUIPO Y SE ALCANZA EL ALTO ÍNDICE DE PRODUCCIÓN NORMAL. CUANDO EMPIECE A ESTABILIZARSE EL TRABAJO, EL SUPERVISOR DE COLOCACIÓN PUEDE PEDIR QUE SE REDUZCA EL AGUA A LO QUE SEA NORMAL, PARA LAS CONDICIONES DE EXPOSICIÓN DE ESE DÍA.

### C) TRANSPORTE Y COLOCACION

TODO EL SISTEMA DE MEZCLADO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN SE DEBE COMPLETAR TAN RÁPIDO COMO SEA POSIBLE, CON EL MÍNIMO DE RE MANEJO, LAS CONDICIONES AMBIENTALES Y DE COLOCACIÓN LOCALES -- AFECTARÁN LOS LÍMITES RAZONABLES DE TIEMPO PARA ESTAS OPERACIONES, PERO COMO REGLA GENERAL, LA COLOCACIÓN (DEPÓSITO) SE DEBE HACER EN UN LAPSO DE 10 MIN DESPUÉS DE MEZCLARLO, LA DISPERSIÓN EN ESTE LAPSO DESPUÉS DE COLOCADO, Y LA COMPACTACIÓN EN EL MISMO LAPSO, DESPUÉS DE ESPARCIRLO.

LOS DOS MÉTODOS PRINCIPALES DE TRANSPORTE DEL CONCRETO SON POR BANDA TRANSPORTADORA Y VEHÍCULO DE ACARREO. EL TRANSPORTE EN BOTE O MÁQUINAS LIVIANAS ES REGULAR, YA QUE ES MÁS LENTA LA VELOCIDAD DE PRODUCCIÓN Y LA EFICIENCIA DE LA OPERACIÓN EN UNA ESTRUCTURA ESENCIALMENTE COMPLETA DE CONCRETO Y ES MÁS SUSCEPTIBLE DE CAUSAR PROBLEMAS DE SEGREGACIÓN. NO OBSTANTE, SI YA SE TIENE UN SISTEMA DE ESTE TIPO, O SI FUERA NECESARIO PARA VOLÚMENES GRANDES DE CONCRETO CONVENCIONAL, SE PUEDE USAR TAMBIÉN PARA EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO.

EXCEPTO LOS SISTEMAS DE BANDAS TRANSPORTADORAS, DISEÑADOS PARA MOVERSE Y COLOCAR EL CONCRETO CONTINUAMENTE SOBRE TODA LA SUPERFICIE DEL COLADO, NORMALMENTE SERÁ NECESARIO TENER UNA TOLVA DE RETENCIÓN TEMPORAL, PARA EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO MEZCLADO AL FINAL DE LA BANDA TRANSPORTADORA PRINCIPAL, DE MODO QUE LAS REVOLVEDORAS PUEDAN OPERAR Y DESCARGAR SIN INTERRUPCIÓN MIENTRAS ESPERAN UN VEHÍCULO DE ACARREO. CON ESTE CONCEPTO, UNA BANDA TRANSPORTADORA ENTREGARÍA EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO A UNA TOLVA SOBRE LA PRESA, QUE SE SUBE CONFORME SE CONSTRUYE. LOS VEHÍCULOS DE ACARREO ESENCIALMENTE SE QUEDAN EN LA PRESA EN TODO MOMENTO, Y CARGAN DESDE ESTA TOLVA. LA TOLVA ASEGURARÍA QUE LOS VEHÍCULOS DE ACARREO SIEMPRE TENGAN UNA CARGA FRESCA DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO DISPONIBLE, Y EVITARÍAN LAS OPERACIONES DE ARRANQUE, PERO QUE, -- SON INDESEABLES EN LAS PLANTAS DE MEZCLADO CONTINUO. SE RECOMIENDA QUE LA TOLVA TENGA UN TAMAÑO MÍNIMO, DEL DOBLE DE LA CAPACIDAD DE LOS DOS VEHÍCULOS DE ACARREO MÁS GRANDES QUE SE VAYAN A EMPLEAR. EL MATERIAL NO SE DEBE RETENER EN LA TOLVA DE ALMACENAMIENTO DURANTE MÁS DE 5 A 10 MIN, AUNQUE SE PUEDEN PERMITIR EXCEPCIONES OCASIONALES, SI EL MATERIAL NO HA EMPEZADO A SECARSE Y SI SE VA A COLOCAR, ESPARCIR Y APLANAR POCO TIEMPO DESPUÉS.

EL MÉTODO DE COLOCACIÓN MÁS DESEABLE ES CON UNA BANDA TRANSPORTADORA CONTINUA DE ALTA VELOCIDAD, DIRECTAMENTE EN EL PUNTO DE COLOCACIÓN. EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN EN LA BANDA TRANS



PORTADORA DEBE SER MÍNIMO, CON 5 MIN COMO LÍMITE DESEADO Y 10 -- MIN COMO LÍMITE PRÁCTICO, EL TRANSPORTADOR SE DEBE TAPAR PARA PROTEGER LA MEZCLA Y EVITAR QUE SE SEQUE O SE MOJE CON LA LLUVIA, ESPECIALMENTE TODOS LOS TRAMOS LARGOS Y DE PREFERENCIA, - TODO EL SISTEMA.

EL SISTEMA DE TRANSPORTE DEBE DISEÑARSE ESPECÍFICAMENTE PARA EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO DEL TIPO QUE SE ESTÁ - MEZCLANDO Y COLOCANDO, ESTO GENERALMENTE INCLUYE UNA MEZCLA - DELGADA DE MASA DE AGREGADOS GRANDES, PARA LA MAYOR PARTE DE - LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA.

AL IGUAL QUE EN LOS SISTEMAS DE TRANSPORTE DEL CONCRETO MACIZO CONVENCIONAL, SE DEBE PRESTAR ESPECIAL ATENCIÓN A LOS - ANCHOS, VELOCIDADES, PROTECCIÓN, MANTENIMIENTO, ÁNGULOS, SISTE - MAS DE RESPALDO, REFACCIONES, ETC. DE LAS BANDAS. DEBE HABER - RASPADORES PARA LIMPIAR EL MORTERO DE LA CABEZA DE CADA UNA DE LAS SECCIONES DE LA BANDA, Y PLACAS ESPECIALES, U OTROS DISPO - SITIVOS, PARA EVITAR LA SEGREGACIÓN EN LOS PUNTOS DE TRANSFE - RENCIA.

SI SE CONSIDERAN VEHÍCULOS PARA TRANSPORTAR EL CONCRETO, SE DEBE HACER UN ESTUDIO PRELIMINAR MINUCIOSO DEL SISTEMA DE - VÍAS DE TRANSPORTE. LOS PROBLEMAS QUE PODRÍAN IMPEDIR EL TRAN - PORTE A LA CORTINA POR CARRETERA, INCLUYEN EL TERRENO, DISPONI - BILIDAD DE MATERIAL PARA CONSTRUIR LA CARRETERA, UBICACIÓN DE

## LA PLANTA, PROGRAMA Y CONSIDERACIONES AMBIENTALES.

DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL PROGRAMA, LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS, CON LA VELOCIDAD SUFICIENTE PARA MANTENERSE AL RITMO DE ELEVACIÓN EN LA CORTINA, PUEDE REQUERIR TANTO TIEMPO QUE SE VUELVA UN SISTEMA INEFICIENTE A ELEVACIONES MÁAS ALTAS. PARA NO DESACELERAR LAS OPERACIONES DE LA PLANTA Y DE COLOCACIÓN, SE DEBE CONSIDERAR LA POSIBILIDAD DE ELEVAR LAS CARRETERAS DURANTE UN PERÍODO DE PARO DE 2 HORAS POR DÍA, AL MISMO TIEMPO QUE SE DA MANTENIMIENTO O SE HACEN OTROS TRABAJOS.

LAS CARRETERAS DE TRANSPORTE DEBEN DESEMBOCAR A LA CORTINA CON UN ÁNGULO SOMERO, PARA QUE SE MINIMICEN LAS VUELTAS Y LOS DAÑOS A LOS NEUMÁTICOS. SI SE TIENE QUE DAR UNA VUELTA INMEDIATA EN ÁNGULO RECTO, DESDE CARRETERAS QUE ENTRAN DIRECTAMENTE A LA CORTINA PERPENDICULARES A LA SUPERFICIE, SE RASPARÁN Y DAÑARÁN MUCHO; LOS OPERADORES DEBEN MOVERSE LENTAMENTE AL DAR UNA VUELTA Y USAR EL RADIO DE GIRO MÁAS AMPLIO POSIBLE. LA CARRETERA SE DEBE CONSTRUIR, EN TANTO RESULTE PRÁCTICO, CON PIEDRAS O GRAVAS LIMPIAS DE DRENAJE LIBRE, PERO ESTO NO SIEMPRE SE PUEDE HACER. DE CUALQUIER MANERA LA ÚLTIMA PORCIÓN DE LAS CARRETERAS, ANTES DE ENTRAR A LA CORTINA, DEBEN TENER EN LA SUPERFICIE MATERIAL QUE LIMPIE LOS NEUMÁTICOS E IMPIDA LA CONTAMINACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL CONCRETO, CON MATERIAL RECIGIDPOR LOS NEUMÁTICOS DE LOS VEHÍCULOS. NO BASTARÁ CON EXTENDER EL CONCRETO HASTA LA CARRETERA.

NO IMPORTA QUÉ MÉTODO DE TRANSPORTE SE USE, EL CONCRETO GENERALMENTE DEBERÁ DEPOSITARSE TAN CERCA DE SU UBICACIÓN FINAL COMO SEA POSIBLE. LAS ESCREPAS Y CAMIONES DE VOLTEO POR ABAJO TIENEN LA VENTAJA DE QUE DEPOSITAN EL MATERIAL EN EL COLADO - QUE SE VA DISPERSAR, CONFORME AVANZAN. CUANDO SE USAN CAMIONES DE VOLTEO POR DETRÁS, EL MATERIAL SE DEBE VACIAR AL COLADO NUEVO QUE SE ESTÁ COLOCANDO, NO EN EL QUE SE VA A CUBRIR.

ESTO PERMITE RETRABAJAR LAS ÁREAS LIGERAMENTE SEGREGADAS DE MATERIAL VACIADO AL IR EMPUJÁNDOLO HACIA ADELANTE. DEBIDO A SU CONSISTENCIA TÍPICAMENTE SECA, LA SEGREGACIÓN PUEDE SER CRÍTICA SI EL MATERIAL SE VACÍA EN GRANDES PILAS. COMO REGLA GENERAL, HAY QUE LIMITAR LA ALTURA A 1 M, PORQUE DE LO CONTRARIO, LOS AGREGADOS MÁS GRANDES VAN A RODAR AL FONDO DE LA PILA. SI LA ESCREPA DE EMPUJE HACE UNA DISPERSIÓN CUIDADOSA, SE PUEDE REMEZCLAR GRAN PARTE DE LAS SEGREGACIÓN QUE PODRÍA COURRIR AÚN CON PILAS PEQUEÑAS, PERO SERÍA CASI IMPOSIBLE SI LAS PIEDRAS SE RODARON HACIA LA CAPA DE AVANZADA. SI ESTÁN EN LA CAPA NUEVA, SE PUEDEN MEZCLAR CUANDO SE VAN EMPUJANDO. SI ACCIDENTALMENTE OCURRIERA ESTO, EL MATERIAL AGREGADO GRANDE SE DEBE PALEAR A MANO, Y DESCARGAR O LANZAR A LA CAPA DE CONCRETO QUE SE ESTA PARCIENDO.

LOS TRACTORES DE ORUGAS HAN DEMOSTRADO SER LOS MEJORES PARA DISPERSAR EL CONCRETO SON RÁPIDOS, SUFICIENTEMENTE EXACTOS Y TIENEN UNA PRESIÓN RELATIVAMENTE BAJA ABAJO DE LAS ORU -

GAS. SE NECESITA EL EQUIVALENTE DE UN CAT D-3 Ó D-4, Ó UN JD-350 PARA COMENZAR LOS CIMIENTOS, LAS ÁREAS RUGOSAS DE LOS CIMIENTOS, Y EN CONDICIONES ESTRECHAS. SE HA DEMOSTRADO QUE UN D-6, Ó SU EQUIVALENTE, TIENE EL TAMAÑO ADECUADO PARA ÁREAS ABIERTAS Y LA MAYOR PARTE DE LAS COLOCACIONES. UN D-6, CON UNA TOPADORA PEQUEÑA DE RESPALDO, BASTARÁ PARA MANTENER MUY ALTOS ÍNDICES DE PRODUCCIÓN.

LAS ORUGAS DEL TRACTOR DEBEN ESTAR GASTADAS O TENER UNOS COJINES ESPECIALES PARA MINIMAR EL DAÑO CAUSADO POR LOS SALIENTES A LAS SUPERFICIES COMPACTADAS. LA TOPADORA DEBE OPERAR, EN LO POSIBLE, SOBRE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO FRESCO, QUE NO HAYA SIDO APLANADO. CUANDO SEA NECESARIO QUE LA TOPADORA PASE SOBRE CONCRETO YA COMPACTADO, LA OPERACIÓN DEBE LIMITAR EL MOVIMIENTO A RECORRIDOS EN LÍNEA RECTA, HACIA ADELANTE Y HACIA ATRÁS. LAS MARCAS DE LAS ORUGAS SOBRE EL CONCRETO, QUE TENGAN MENOS DE UNA HORA, SE PUEDEN RECOMPACTAR EN CIERTO GRADO CON LA COMPACTADORA VIBRATORIA, DE PREFERENCIA SIN VIBRACIÓN SI YA EMPEZÓ A FRAGUAR LA CAPA.

EL EQUIPO DE DISPERSIÓN DEBE DEJAR UNA SUPERFICIE PLANA (DISEÑOS HORIZONTALES O LA PENDIENTE REQUERIDA), ANTES DE COMPACTAR EL COLADO. LOS BORDES DE LOS ESCALONES ENTRE LOS PASOS ADYACENTES DE LA HOJA DEL TRACTOR, PUEDEN RESULTAR EN UNA DISTRIBUCIÓN DISPAREJA DEL ESFUERZO DE COMPACTACIÓN Y EN UNA CALIDAD VARIABLE DEL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO.

COMO REGLA GENERAL, ES MÁS IMPORTANTE TENER UNA SUPERFICIE PLANA LISA PARA COMPACTAR EN EL MENOR TIEMPO POSIBLE, QUE TENER UNA NIVELACIÓN EXACTA Y RETRASAR EL COMPACTADO. LAS TOLERANCIAS TÍPICAS DE LOS ESPESORES DE LAS CAPAS SON DEL ORDEN DE  $\pm 50$  MM.

EL ESPESOR DE LA CAPA COMPACTADA MÁS COMÚN HA SIDO DE 30 CM, EXCEPTO EN JAPÓN DONDE SE USARON SECCIONES MUCHO MÁS PROFUNDAS, DEL ORDEN DE 0.5 A 1.0 M. DENTRO DEL INTERVALO DE 6 A 18 PULG, APROXIMADAMENTE, LOS GRANDES RODILLOS VIBRATORIOS QUE SE USAN PARA COMPACTAR PUEDEN DESARROLLAR UNA CONSOLIDACIÓN MÁS O MENOS IGUAL CON SÓLO 4 A 5 PASADAS. EN ALGUNAS PARTES DEL MUNDO HA RESULTADO CONVENIENTE TRABAJAR EN UN ESPESOR DE 0.30 M, QUE ES MÁS O MENOS EL MÁXIMO QUE PUEDEN DEPOSITAR CON FACILIDAD LAS ESCREPAS Y LOS CAMIONES DE VOLTEO POR ABAJO.

CADA OBRA DEBE ESTUDIARSE PARA OPTIMAR LOS BENEFICIOS QUE PUDIERA OFRECER CON CAPAS MÁS GRUESAS O DELGADAS. LAS CAPAS MÁS GRUESAS SIGNIFICAN MENOS JUNTAS ENTRE COLADOS Y MENOS TRAYECTORIAS PARA LA FILTRACIÓN, PERO LAS MÁS DELGADAS, PERMITEN QUE LAS JUNTAS SE CUBRAN MÁS PRONTO CON UN MEJOR POTENCIAL DE COHESIÓN.

LOS EQUIPOS DE NEUMÁTICOS, COMO EL CARGADOR FRONTAL O LA MOTOCONFORMADORA, PRESENTAN VARIAS DESVENTAJAS. SON MÁS LENTOS QUE LOS TRACTORES, PUEDEN REQUERIR MÁS ESPACIO, DERRAPAN

SUS NEUMÁTICOS, RASGAN EL CONCRETO CUANDO TRATAN DE EMPUJAR DE MASIDO MATERIAL Y LO PRECOMPACTAN BAJO LOS NEUMÁTICOS. ÉSTA ZONA DE PRECOMPACTACIÓN POSTERIORMENTE SE LLENA CON MATERIAL ADICIONAL DURANTE LA OPERACIÓN DE ESPARCIDO. PREVALECE LA INQUIETUD DE QUE LA COMPACTADORA PUEDA MONTARSE SOBRE ESTAS ZONAS PRECOMPACTADAS Y PUENTEAR PARCIALMENTE SOBRE EL MATERIAL QUE QUEDA ENTRE LOS NEUMÁTICOS.

SE PUEDE USAR UNA MOTOCONFORMADORA CON MUCHA EFECTIVIDAD PARA EL ACABADO FINAL, PERO UN OPERADOR HÁBIL DE TRACTOR PUEDE LOGRAR UNA SUPERFICIE SUFICIENTEMENTE LISA. QUIZÁ SEA NECESARIO USAR MOTOCONFORMADORA PARA ESPARCIR LA MEZCLA HACIA LA ORILLA EXTERIOR DE UNA SUPERFICIE SECA NO CIMBRADA. LA HOJA SE PUEDE AJUSTAR PARA QUE LLEGUE MÁS ALLÁ DE LAS HUELLAS DE LAS RUEDAS, A AMBOS LADOS, PARA QUE NI EL EQUIPO NI EL OPERADOR QUEDEN EN LA ORILLA DE UN COLADO EN EL TALUD DE AGUAS ABAJO. LA NIVELADORA TAMBIÉN RESULTA ÚTIL CUANDO SE ESPECIFICA UNA ZONA ANGOSTA DE CONCRETO DE MEJOR CALIDAD, PARA ÁREAS COMO LAS QUE SE ENCUENTRAN A 1 M DE LA SUPERFICIE DE AGUAS ABAJO. EL EQUIPO DE ACARREO NO PODRÁ VACIAR LA MEZCLA EN ESTA ÁREA LIMITADA, PERO LA MOTOCONFORMADORA PUEDE ESPARCIR EL MATERIAL VACIADO MÁS ALLÁ DE SUS ÁREAS DESIGNADAS.

## D) COMPACTACION

EL CONCRETO DEBE COMPACTARSE TAN PRONTO COMO SEA POSIBLE, DESPUÉS DE ESPARCIRLO. ÉSTO, SEGÚN SE ESPECIFICA, EN UN LAPSO DE 10 MIN DESPUÉS DE ESPARCIRLO, Y 30 MIN, A PARTIR DEL MOMENTO EN QUE SE HACE EL MEZCLADO INICIAL.

LA COMPACTADORA DE RODILLOS VIBRATORIOS, CON LAS SIGUIENTES ESPECIFICACIONES, HAN DEMOSTRADO SER MÁS EFECTIVAS PARA COMPACTAR MEZCLAS DE CONCRETO, QUE LAS QUE NORMALMENTE SE USAN EN LA CONSTRUCCIÓN DE PRESAS,

ANCHO DEL RODILLO	66 A 96 PULGADAS (1.67 A 2.44 M).
DIÁMETRO DEL RODILLO	48 A 66 PULGADAS (1.22 A 1.67 M).
PESO ESTÁTICO	21,000 LB (9,526 KG).
FUERZA DINÁMICA	350-550 LB POR PULGADA DE ANCHO DE LA OLLA (6.3-9.8 KG POR MM DE ANCHO DE LA OLLA).
VELOCIDAD	2.5 KM/H
POTENCIA DE LA MASA EXCÉNTRICA	125 HP MIN.
FRECUENCIA	1,800 VPM MIN.

SE HAN USADO Y PROBADO OTROS EQUIPOS Y OTROS MÉTODOS DE COMPACTACIÓN CON DIVERSOS GRADOS DE ÉXITO. APARENTEMENTE, LA FUERZA DINÁMICA ES EL FACTOR MÁS CRÍTICO Y LA VIBRACIÓN, FUNDAMENTAL. LO COMPACTADORES MÁS PEQUEÑOS, SIMPLE Y SENCILLAMENTE

NO LOGRAN EL GRADO DE COMPACTACIÓN-POTENCIA QUE SE PUEDE LOGRAR CON COMPACTADORES MÁS GRANDES, NO IMPORTA CUANTAS VECES PASAN.

LAS ÁREAS ESTRECHAS Y ADYACENTES A LAS CIMBRAS, EN AFLORAMIENTOS DE ROCAS, ETC., EL COMPACTADOR APISONADOR DE PEZUÑA TIPO WACKER ES EL MÁS ADECUADO; ES MÓVIL Y PUEDE PRODUCIR UNA ALTA ENERGÍA DEL IMPACTO CON BUENA DENSIDAD. SIN EMBARGO, GENERALMENTE NO DEJA UNA SUPERFICIE LISA, Y SE PUEDE HUNDIR CUANDO SE APISONA EL CONCRETO COLOCADO CON ESPESORES EXCESIVOS DE MEZCLA DE ASENTAMIENTO HÚMEDA.

CUANDO SE USAN COMPACTADORES DE RUEDA DE HULE SE HA PRODUCIDO UN CONCRETO DE ALTA DENSIDAD, SIMILAR AL QUE SE LOGRA CON LOS COMPACTADORES DE RODILLO VIBRATORIO. EXISTEN CIERTAS DUDAS SOBRE EL GRADO DE COHESIÓN ALCANZADO EN LA INTERFASE DE LAS CAPAS DEL CONCRETO COMPACTADO.

EN TÉRMINOS GENERALES, DE 3 A 6 PASADAS DE UN COMPACTADOR DE RODILLO VIBRATORIO CON 2 RODILLOS, LOGRARÁN LA DENSIDAD MÁXIMA ALCANZABLE DE LAS CAPAS DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO DENTRO DEL RANGO DE 6 A 18 PULG (152 A 457 MM). ESTO SUPONE QUE LA COMPACTACIÓN ES OPORTUNA, Y CON EL EQUIPO APROPIADO. SI SE COMPACTA EN EXCESO, SE PUEDE REDUCIR LA DENSIDAD, LO QUE DEBE DE EVITARSE. LA TÉCNICA DE COMPACTAR CAPAS PROFUNDAS DE 18 A 36 PULG (DE 45 A 90 CM) HA SIDO EFECTIVA, CUANDO SE DIS-



PERSA EN DOS CAPAS SUCESIVAS, PERO SE COMPACTAN EN UNA. PARA ESTO SE REQUIERE QUE PASE MÁS VECES EL COMPACTADOR, ES DECIR DE 6 A 15 PASOS.

COMO REGLA GENERAL, EL ESPESOR COMPACTADO DE CUALQUIER CAPA DE CONCRETO DEBE SER DE, POR LO MENOS, DOS VECES LA PROFUNDIDAD DEL TAMAÑO DE AGREGADO MÁS GRANDE. LA SUPERFICIE CON MEZCLA FRESCA DEBE ESPARCIRSE UNIFORMEMENTE PARA QUE EL RODILLO PRODUZCA UNA FUERZA DE COMPACTACIÓN UNIFORME BAJO TODO EL ANCHO DEL RODILLO. ESTE NO DEBE USARSE PARA "EXTENDER" LOS BORDES O LOS PUNTOS ALTOS QUE QUEDAN DESPUÉS DE ESPARCIRLO; DE LO CONTRARIO, EL RODILLO SOBRECUMPACTARÁ BAJO EL BORDE Y SUBCOMPACTARÁ JUNTO A ÉL.

LA SOBRECUMPACTACIÓN PUEDE LLEVAR A DENSIDADES MÁS BAJAS Y DEBE EVITARSE. PUEDE OCURRIR LOCALMENTE Y SER DIFÍCIL DE DETECTAR, ES DECIR, LA PARTE SUPERIOR DE UN COLADO SE AFLOJA MIENTRAS QUE LA DE ABAJO SE HACE MÁS DENSA. NO HAY QUE CONDUCIR SOBRE UN COLADO COMPACTADO CON EL RODILLO VIBRANDO, PORQUE SE PUEDE ALTERAR LA MICROESTRUCTURA QUE ESTÁ OBTENIENDO EL FRAGUADO INICIAL, PERO QUE TODAVÍA TIENE POCA RESISTENCIA.

LOS DAÑOS MENORES POR MARCAS DE RASPONES, DESGARRES INEVITABLES DE LA CUCHILLA DEL TRACTOR, ETC., EN LA SUPERFICIE DE UN COLADO DE RECIENTE COMPACTACIÓN, SE PUEDEN RECOMPACTAR DE INMEDIATO, CASI SIEMPRE, CON EL RODILLO EN UNA MODALIDAD ESTÁ-

TICA, SI LA MEZCLA ESTABA SUFICIENTEMENTE FRESCA, HÚMEDA Y REAPLANDA, SE OBTENDRÁ UNA REHABILITACIÓN BASTANTE BUENA DEL DAÑO. SI LA MEZCLA YA ESTÁ VIEJA, SEVERAMENTE DAÑADA, ETC., EL MATERIAL REAPLANDO SE PUEDE VER BIEN, PERO SE PUEDE VOLAR CON LA MANGUERA DE AIRE USADA PARA LA LIMPIEZA GENERAL DEL CASCAJO --UELTO DEL COLADO.

CADA MEZCLA DE CONCRETO TENDRÁ SU PROPIO COMPORTAMIENTO CARACTERÍSTICO, EL CONTENIDO Y DEL DE HUMEDAD PARA SU COMPACTACIÓN. ESTO DEPENDERÁ DE LA TEMPERATURA, HUMEDAD, TIEMPO, PLASTICIDAD DE LOS FINOS DE LOS AGREGADOS, GRADUACIÓN GENERAL Y --AGREGADOS DEL TAMAÑO MÁXIMO. EN GENERAL, LAS MEZCLAS DE CONCRETO SE DEBEN COMPACTAR EN UNA SUPERFICIE RELATIVAMENTE LISA DE TEXTURA CERRADA. EL MATERIAL NO DEBE "PEGAR" AL RODILLO DEL COMPACTADOR. NO SE DESARROLLA HUMEDAD LIBRE EN LA SUPERFICIE --NI SE TIENE QUE BOMBLEAR EL AGUA EXCEDENTE DE LA MEZCLA; ESTO --INDICARÍA QUE SE ESTÁ DESARROLLANDO UNA PRESIÓN NOCIVA EN LOS POROS Y UN CONTENIDO EXCESIVO DE HUMEDAD.

LOS BORDES EXPUESTOS DE LAS CAPAS DE CONCRETO QUE NO SE HAN EXTENDIDO CON MÁS MATERIAL, SE DEBEN ENROLLAR HACIA ABAJO EN EL ÁNGULO MÁS PRONUNCIADO POSIBLE, EN UN LAPSO DE 30 MIN --DESPUÉS DE COLOCADO. EL COMPACTADOR DEBE LLEGAR DE FRENTE Y --CRUZAR EL BORDE SIN DAR VUELTA.

**CAPITULO V**  
**REVISION DE LA SECCION GRAVEDAD**

## A) FUERZAS QUE SE CONSIDERAN EN EL DISEÑO

EL OBJETIVO DE UNA CORTINA ES ALMACENAR EL AGUA; POR LO QUE LA FUERZA PRINCIPAL QUE DEBERÁ RESISTIR ES LA DEL AGUA.

EXISTEN TAMBIÉN OTRAS FUERZAS QUE ACTÚAN SOBRE LA CORTINA, Y QUE SON:

PESO PROPIO DE LA CORTINA

SUBPRESIÓN

FUERZAS SÍSMICAS

ESTAS DEBEN CONSIDERARSE EN CUALQUIER PROYECTO. CON EL TIPO DE CORTINA, SE MODIFICA LA TRANSMISIÓN DE FUERZAS Y LOS FACTORES DE SEGURIDAD.

EN LAS CORTINAS DE GRAVEDAD, EL PESO PROPIO DE LA SECCIÓN ES LA FUERZA PRINCIPAL QUE ESTABILIZA LA PRESIÓN DEL AGUA.

LAS CORTINAS DEBEN SER SUFICIENTEMENTE ESTABLES PARA QUE NO SE VOLTEEN, NO DESLICEN, NI TENGAN QUE SOPORTAR ESFUERZOS EXCESIVOS POR CUALQUIER EROSIÓN SECUNDARIA QUE PRODUZCA EL DESLIZAMIENTO DE LA CIMENTACIÓN.

### PESO PROPIO

EL PESO PROPIO DE LA CORTINA ES LA FUERZA PRINCIPAL QUE ESTABILIZA LA CORTINA AL VOLTEO Y DESLIZAMIENTO. ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL AL VOLUMEN DE LA SECCIÓN Y AL PESO VOLUMÉTRICO DEL CONCRETO. EL PESO DE LA CORTINA SE CALCULA MEDIANTE LA SIGUIENTE FÓRMULA:

$$P = V \times \gamma_{\text{CONCRETO}}$$

ES IMPORTANTE MENCIONAR QUE LOS CÁLCULOS DE TODAS LAS FUERZAS ACTUANTES SE OBTENDRÁN POR METRO LINEAL DE CORTINA, -- POR LO TANTO SE MODIFICA LA FORMULA A:

$$P = A \times \gamma_{\text{CONCRETO}}$$

DONDE

A ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL

DE ESTA FORMA, EL PESO SERÁ CALCULADO POR METRO LINEAL DE CORTINA.

### EMPUJE DEL AGUA

LA PRESIÓN UNITARIA DEL AGUA AUMENTA EN PROPORCIÓN A SU

PROFUNDIDAD. SE CALCULA EN BASE A UNA CARGA TRIANGULAR. LA RESULTANTE DE LA DISTRIBUCIÓN ESTÁ A UNA PROFUNDIDAD IGUAL A  $1/3$  DE LA PROFUNDIDAD A LA QUE SE CONSIDERA.

LA ECUACIÓN DE LA PRESIÓN UNITARIA DEL AGUA ES:

$$P = w \cdot H$$

DONDE

$w$  PESO DEL AGUA, EN  $\text{TON}/\text{M}^3$

$H$  ALTURA DE AGUA HASTA EL N.A.N.

LA ECUACIÓN DEL EMPUJE RESULTANTE DEL AGUA ES:

$$P_w = \frac{w \cdot H^2}{2}$$

EN LA MAYORÍA DE LAS CORTINAS DE GRAVEDAD, EL PARAMENTO AGUAS ARRIBA DE LA CORTINA ES CASI SIEMPRE VERTICAL POR LO TANTO LA PRESIÓN DEL AGUA SE CALCULA CON ESTA ECUACIÓN. EN LAS CORTINAS DE GRAVEDAD DE GRAN ALTURA, EL PARAMENTO AGUAS ARRIBA QUEDA LIGERAMENTE INCLINADO. EN ESTE CASO, LA CARGA VERTICAL DE AGUA ESTÁ REPRESENTADA POR EL PESO DEL VOLUMEN ARRIBA DE LA PORCIÓN ENCLINADA. LA RESULTANTE DE ESTA CARGA VERTICAL ESTÁ EN EL CONTROL DE DICHA ÁREA. EN LAS PRESAS PEQUEÑAS NO SE TOMA EN CUENTA ESTA CARGA ESTABILIZADORA.

OCURREN FUERZAS DE SUBPRESIÓN EN LOS POROS, GRIETAS Y HENDIDURAS, TANTO EN LA CIMENTACIÓN COMO EN EL CONCRETO. LA INTENSIDAD DE ESTAS FUERZAS INTERNAS O DE SUBPRESIÓN DEPENDE DE LA CARGA HIDRÁULICA, ES DECIR DE LA ALTURA DE LA CORTINA Y DE LA DISTANCIA DEL PARAMENTO AGUAS ARRIBA AL PUNTO EN CUESTIÓN. ESTA FUERZA ES MUY IMPORTANTE EN EL DISEÑO, ESPECIALMENTE EN EL CASO DE CIMENTACIONES PERMEABLES.

LOS MISMOS MÉTODOS PARA LA REDUCCIÓN DE SUBPRESIÓN SE UTILIZAN PARA CUALQUIER TIPO DE CIMENTACIÓN. ESTOS CONCISTEN EN: EL COLADO DE LA PANTALLA INTERIOR IMPERMEABLE, CERCA DEL PARAMENTO AGUAS ARRIBA DE LA CORTINA, LA COLOCACIÓN DE VARIOS DENTELLONES Y LA COLOCACIÓN DE DRENES DE ALIVIO EN EL CONCRETO Y EN LA CIMENTACIÓN, DESCARGANDO EN LA GALERÍA DE INSPECCIÓN.

LA SUBPRESIÓN MÁXIMA, CUANDO LA CORTINA CARECE DE DRENES DE ALIVIO, SE CALCULA MEDIANTE LA SIGUIENTE ECUACIÓN:

$$SP = \frac{W_0 \cdot L \cdot H}{2}$$

DONDE

W<sub>0</sub> PESO ESPECÍFICO DEL AGUA

L LONGITUD DE LA BASE DE LA CORTINA

H ALTURA DE AGUA AL N.A.N.

CUANDO SE CUENTA CON DRENES DE ALIVIO EN LA BASE DE LA CORTINA, LA SUBPRESIÓN SE CALCULA EN FORMA DISTINTA, Y LLEGA A LA LOCALIZACIÓN DEL DRENAJE EN LA CIMENTACIÓN, COMO SE APRE- CIA CLARAMENTE EN LA FIGURA V-1.

### FUERZAS SÍSMICAS

LOS SISMOS GENERAL ACELERACIONES EN UNA CORTINA, Y A SU VEZ FUERZAS HORIZONTALES Y VERTICALES. ES NECESARIO FIJAR LA INTENSIDAD O ACELERACIÓN DE UN SISMO PARA DETERMINAR LAS FUERZAS ACTUANTES.

EN LAS REGIONES QUE NO EXPERIMENTAN SISMOS FUERTES SE UTILIZA 0.1 DE LA ACELERACIÓN DE LA GRAVEDAD. LA FUERZA PARA ACELERAR LA MASA DE UNA CORTINA SE DETERMINA CON LA ECUACIÓN:

$$E_T = \alpha W$$

DONDE

$\alpha$  RELACIÓN DE LA ACELERACIÓN DEL SISMO A LA DE LA GRAVEDAD

$W$  PESO DE LA CORTINA, EN TON.

ESTA FUERZA ACTÚA EN EL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA SECCIÓN.

LA FUERZA DE INERCIA DEL AGUA EN  $KG/M^2$ , SE ENCUENTRA CON LA FÓRMULA DE WESTERGARD.



$$E_{T_2} = K_T H^{3/2}$$

DONDE

H CARGA HIDRÁULICA, EN M

H ALTURA DE AGUA HASTA EL N.A.M.E.

K<sub>T</sub> COEFICIENTE DE WESTERGARD

$$K_T = \frac{2}{3} C_T \alpha$$

$$C_T = \frac{817}{1 - 0,0775 \left( \frac{H}{100 T_T} \right)^2}$$

$\alpha$  RELACIÓN DE LA ACELERACIÓN DEL SISMO A LA DE LA GRAVEDAD

T TIEMPO DE DURACIÓN DE UNA OSCILACIÓN DEL TEMBLOR = 1

## B) ESTABILIDAD AL VOLTEO

EN EL CÁLCULO DE UNA PRESA EXISTEN VARIAS SUPOSICIONES DE PROYECTO, COMO SON LAS ACELERACIONES SÍSMICAS, LA SUBPRESIÓN, LA EFICACIA DE LAS MEDIDAS DE CONTROL DE FILTRACIÓN, LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN Y LA CALIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN. ESTAS SUPOSICIONES DE PROYECTO DEBEN DE EVALUARSE TOMANDO EN CUENTAS COEFICIENTES DE SEGURIDAD AMPLIOS AMPLIOS ESTOS DEPENDEN PRINCIPALMENTE DE LAS CONDICIONES ECONÓMICAS Y DEL TI

PO DE PRESA POR CALCULAR. CON COEFICIENTES AMPLIOS SE OBTIENEN SECCIONES MÁS COSTOSAS, SI SE CONSIDERAN COEFICIENTES BAJOS -- PUEDEN PRODUCIRSE FALLAS EN LA ESTRUCTURA, LO QUE REDUNDA EN UN COSTO DE REPARACIONES, ELEVADO. ES NECESARIO HACER UNA BUENA DETERMINACIÓN DE LAS FUERZAS DE VOLTEO, DESLIZAMIENTO Y LAS QUE PRODUZCAN ESFUERZOS EXCESIVOS DENTRO DE LA PRESA PARA PODER OBTENER FACTORES DE SEGURIDAD ADECUADOS.

EL COEFICIENTE DE SEGURIDAD CONTRA EL VOLTEO SE CONSIDERA IGUAL O MAYOR A 1.5.

LA SECCIÓN DE LA CORTINA DEBE MODIFICARSE HASTA AUMENTA EL MARGEN DE SEGURIDAD. EL COEFICIENTE DE SEGURIDAD CONTRA EL VOLTEO ES LA RELACIÓN DEL MOMENTO QUE TIENDE A ESTABILIZAR LA CORTINA AL MOMENTO QUE TIENDE AL VOLCARLA ALREDEDOR DEL PIE -- AGUAS ABAJO. ESTA RELACIÓN SE EXPRESA COMO SIGUE:

$$SV = \frac{\text{M. ESTABILIZADORES} = (WxL + Px \times L \frac{1}{2} - SP Lc)}{\text{M. DESESTABILIZADORES} = (PxL_3 + E_{T \frac{1}{2}} \times L_5)} > 1.5$$

DONDE

- W FUERZA DEBIDA
- PX FUERZA DEBIDA AL PESO DEL AGUA EN LA SUPERFICIE INCLINADA
- P FUERZA DEL AGUA QUE OBRA EN EL PARAMENTO AGUAS ARRIBA DE LA CORTINA
- SP SUBPRESIÓN EN LA BASE DE LA CORTINA
- L LONGITUDES DE BRAZO DE MOENTO PARA LAS FUERZAS RESPECTIVAS

LAS CORTINAS SE DISEÑAN PARA QUE NO HAYA TENSION EL PARAMENTO AGUAS ARRIBA EN CONDICIONES SEVERAS DE CARGA. EN EL CASO DE QUE EXISTAN ESFUERZOS DE TENSION, SI ESTOS SON MENORES QUE LOS ADMISIBLES POR EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, LA CORTINA SE PUEDE CONSIDERAR SEGURA.

UNA CORTINA DE GRAVEDAD RARA VEZ VALLA AL VOLTEO, YA QUE CUALQUIER TENDENCIA AL MISMO DA MAYOR OPORTUNIDAD A QUE FALLE POR DESLIZAMIENTO.

### C) ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO

EXISTEN 3 MÉTODOS PARA DETERMINAR LA SEGURIDAD DE UNA PRESA AL DESLIZAMIENTO. TRES SON DIFERENTES Y SU APLICACIÓN DEPENDE DEL TIPO Y CIMENTACIÓN.

1. COEFICIENTE DE SEGURIDAD POR FRICCIÓN ESTÁTICO,
2. COEFICIENTE DE SEGURIDAD,
3. COEFICIENTE DE SEGURIDAD POR CORTE Y FRICCIÓN.

EL OBJETO DE CADA UNO DE ELLOS ES OBTENER UN COEFICIENTE, QUE CUANDO SE EXCEDE, PONE EN PELIGRO LA PRESA DE DESLIZAR HACIA AGUAS ABAJO.

1. COEFICIENTE DE SEGURIDAD POR FRICCIÓN ESTÁTICO: CONSISTE EN OBTENER UN COEFICIENTE DE FRICCIÓN NECESARIO PARA EVITAR EL DESLIZAMIENTO DE CUALQUIER PLANO HORIZONTAL EN LA CORTI

NA O SOBRE LA CIMENTACIÓN, NO SE TOMAN EN CONSIDERACIÓN LA RESISTENCIA AL CORTANTE, SIN EMBARGO, ÉSTE AUMENTA LA SEGURIDAD EN EL PROYECTO. EL MÉTODO RESULTA DESVENTAJOSO PARA LAS PRESAS DE CONCRETO SOBRE CIMENTACIÓN EN ROCA, YA QUE PODRÍAN USARSE SECCIONES MÁS PEQUEÑAS SI SE INCLUYERA LA RESISTENCIA AL CORTANTE.

EL COEFICIENTE DE DESLIZAMIENTO DE UNA CORTINA DE GRAVEDAD CON BASE HORIZONTAL, ES IGUAL A LA TANGENTE DEL ÁNGULO ENTRE LA PERPENDICULAR A LA BASE Y LA RESULTANTE DE LA REACCIÓN DE LA CIMENTACIÓN. ESTE COEFICIENTE SE CALCULA TOMANDO LA RELACIÓN DE LA SUMA DE LAS FUERZAS HORIZONTALES A LA SUMA DE LAS FUERZAS VERTICALES, INCLUYENDO LA SUBPRESIÓN Y SE REPRESENTA COMO SIGUE:

$$F = \tan \theta \frac{\sum F. \text{ HORIZONTALES}}{\sum F. \text{ VERTICALES}}$$

SI ES IGUAL O MENOR QUE EL COEFICIENTE DE ROZAMIENTO ESTÁTICO  $F'$ , LA CORTINA SE CONSIDERA SEGURA.

EN LA TABLA V-3 SE PUEDEN APRECIAR LOS DIFERENTES COEFICIENTES DE FRICCIÓN EN DIFERENTES MATERIALES.

TABLA V.3

COEFICIENTES DE DESLIZAMIENTO PARA LAS DIFERENTES  
CONDICIONES DE LA CIMENTACION

MATERIAL	COEFICIENTE DE SEGURIDAD CONTRA DESLIZAMIENTO F	COEFICIENTE MINIMO DE SEGURIDAD QUE SE SUGIERE FS
CONCRETO SOBRE CONCRETO	0.65-0.8	1-1.5
CONCRETO SOBRE ROCA PROFUNDA, SUPERFICIE LIMPIA E IRREGULAR	0.8	1-1.5
CONCRETO SOBRE ROCA, ALGUNAS LAMINACIONES	0.7	1-1.5
CONCRETO SOBRE GRAVA Y ARENAS GRUESAS	0.4	2.5
CONCRETO SOBRE ARENA	0.3	2.5
CONCRETO SOBRE ESCUISITOS	0.3	2.5
CONCRETO SOBRE LIMA Y ARCILLA	*	2.5*

\*SE REQUIEREN PRUEBAS PARA DETERMINAR  
LA SEGURIDAD

PRESAS PEQUEÑAS DE CONCRETO, PORTLAND CEMENT ASSOCIATION.

2. EL COEFICIENTE DE SEGURIDAD,  $F_s$ , CONTRA DESLIZAMIENTO SE DEFINE COMO LA RELACIÓN DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN ESTÁTICO  $F'$ , A LA TANGENTE DEL ÁNGULO ENTRE LA PERPENDICULAR A LA BASE Y LA CIMENTACIÓN. ESTA RELACIÓN SE PRESENTA POR MEDIO DE LA SIGUIENTE FÓRMULA:

$$F_s = \frac{F'}{\tan \theta} = \frac{F' \sum F. \text{ VERTICALES} - SP}{\sum F. \text{ HORIZONTALES}}$$

DONDE

SP SUBPRESIÓN

DICHO COEFICIENTE TIENE UN VALOR ENTRE 1 Y 1.5 PARA PRESAS DE GRAVEDAD SOBRE ROCA. ESTOS VALORES SON PARA LA SEGURIDAD CONTRA DESLIZAMIENTO EN UN PLANO HORIZONTAL, SI LA CIMENTACIÓN SE ENCUENTRA INCLINADA HACIA AGUAS ABAJO LOS COEFICIENTES DE SEGURIDA SE REDUCEN. CUANDO SE TRATA DE PRESAS NO CIMENTADAS EN ROCA, LOS COEFICIENTES DE SEGURIDAD SE INCREMENTAN PARA EVITAR DESLIZAMIENTO EN PLANOS SITUADOS DEBAJO DE LA SUPERFICIE DE LA CIMENTACIÓN. EN ESTE MÉTODO NO SE TOMA EN CONSIDERACIÓN LA RESISTENCIA AL CORTANTE.

3. EL COEFICIENTE DE SEGURIDAD POR CORTE Y FRICCIÓN SE PUEDE CONSIDERAR COMO EL MÁS APROPIADO PARA PRESAS DE CONCRETO CIMENTADAS SOBRE ROCA, QUEDANDO INCLUIDA LA EVALUACIÓN DE LAS FUERZAS DE CORTE. LA RELACIÓN ENTRE LAS FUERZAS DE CORTE Y FRICCIÓN ES:

$$c_{RC} = \frac{F' (\Sigma F. VERTICALES - SP) + B \nabla}{\Sigma F. HORIZONTALES} = 2$$

DONDE

B LONGITUD DE LA BASE EN EL PLANO EN QUE SE ESTUDIAN LOS ESFUERZOS DE CORTE.

$\nabla$  ESFUERZO CORTANTE DE TRABAJO DEL MATERIAL O MATERIALES EN EL PLANO DE DESLIZAMIENTO CUYA MAGNITUD SE CONSIDERA EN FUNCIÓN DE:

$$\nabla = 0.29 \sqrt{F'c}$$

LOS COEFICIENTES DE SEGURIDAD CALCULADOS DE ESTA MANERA DEBEN DE APROXIMARSE A LOS VALORES USADOS EN LOS CÁLCULOS ESTRUCTURALES NORMALES.

EL VALOR DEL COEFICIENTE ESTÁTICO DE FRICCIÓN SE SUPONE PARA EL CONCRETO QUE SE MUEVE SOBRE ROCA  $F' = 0.65$  A  $.80$  EL ESFUERZO CORTANTE DE TRABAJO DEL CONCRETO, DEPENDE DE SU RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN. POR LO GENERAL, EN PRESAS DE GRAVEDAD, SE UTILIZA UN CONCRETO DE  $120 \text{ kg/cm}^2$  DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN. EL COEFICIENTE DE SEGURIDAD POR CORTANTE Y FRICCIÓN TIENE UN VALOR DE 2, SIEMPRE Y CUANDO LA PRESA SEA DESPLANTADA SOBRE ROCA. EL COEFICIENTE POR FRICCIÓN Y CORTANTE SE UTILIZA EN LA ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO ÚNICAMENTE CUANDO SE TIENE CONCRETO SOBRE CONCRETO O CONCRETO SOBRE ROCA.

## D) ESFUERZOS EN EL CONCRETO

LOS ESFUERZOS EN EL CONCRETO DEBEN DE MANTENERSE DENTRO DE LOS VALORES MÁXIMOS PRESCRITOS, PARA EVITAR FALLAS. SI SE ELIGE LA FORMA Y LA SECCIÓN TRANSVERSAL CORRECTAS PARA UNA PRESA, PUEDE EVITARSE EL VOLTEO Y EL ESFUERZO DE COMPRESIÓN QUEDAR DENTRO DE LOS VALORES PERMISIBLES.

POR LO GENERAL, LAS PRESAS DESARROLLAN ESFUERZOS DENTRO DEL CONCRETO MENORES A LA RESISTENCIA REAL DE ÉSTE. LOS ESFUERZOS DE TRABAJO TÍPICOS EMPLEADOS EN EL PROYECTO DE LAS PRESAS DE CONCRETO SON DE 42 A 70  $\text{KG}/\text{CM}^2$  EN COMPRESIÓN Y DE 0 A 7  $\text{KG}/\text{CM}^2$  EN TENSIÓN. SE PUEDEN EVITAR LOS ESFUERZOS EN TENSIÓN MANTENIENDO TODAS LAS FUERZAS RESULTANTES DENTRO DEL TERCIO MEDIO DE LA BASE DE LA CORTINA.

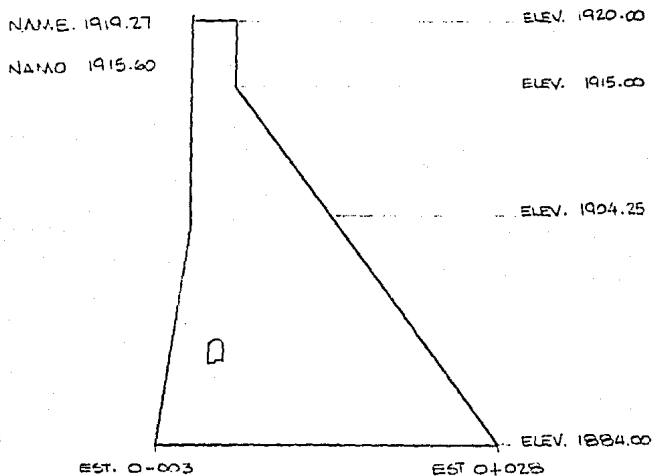
## E) CALCULOS

DEBE RESERVARSE LA SECCIÓN NO VERTEDORA DE LA CORTINA POR VOLTEO, POR DESLIZAMIENTO Y POR ESFUERZOS EN EL CONCRETO. LAS CONDICIONES DE ANÁLISIS DEBEN SER LAS MÁS DESFAVORABLES, ESTO ES, A PRESA LLENA AL NAMO, CON SISMO Y SUBPRESIÓN CON DRENES OPERANTES. ESTAS CONDICIONES SE APLICARÁN A TRES DIFERENTES ELEVACIONES DE LA CORTINA: EN LA BASE, DONDE PRINCIPIA EL TALUD VERTICAL AGUAS ARRIBA, DONDE PRINCIPIA EL TALUD VERTICAL AGUAS ABAJO, PARA LO CUAL SE CONSIDERA QUE LA CORTINA SE DES-



PLANTA SOBRE UNA CIMENTACIÓN DE ROCA SANA.

SECCION DE LA CORTINA DE LA PRESA "LA MANZANILLA"



ALTURA DE OLA (COMBINADA DE HAWKELEY Y HENNY)

SE EMPLEA LA FÓRMULA  $H = (0.005 V - .068) \sqrt{F_T}$

DONDE

H ALTURA DE OLA, EN M.

V VELOCIDAD DEL VIENTO, EN KM/HR

F FETCH, EN KM (DISTANCIA MÁXIMA EN LÍNEA RECTA PERPENDICULAR LA CORTINA, MEDIDA SOBRE LA SUPERFICIE DE AGUA AL NAMO HASTA EL PRIMER OBSTÁCULO NATURAL VISIBLE.)

ELEVACIÓN NAHO	1,915.60
CARGA SOBRE VERTEDOR	<u>3.67</u>
ELEVACIÓN NAHE	1,919.27
ALTURA DE OLA + BORDO LIBRE ADICIONAL	<u>2.00</u>
ELEVACIÓN DE CORONA	1,921.27

REVISION DEL ANCHO DE LA CORONA

SE UTILIZA LA FÓRMULA

$$B = .5 \sqrt{HT}$$

DONDE:

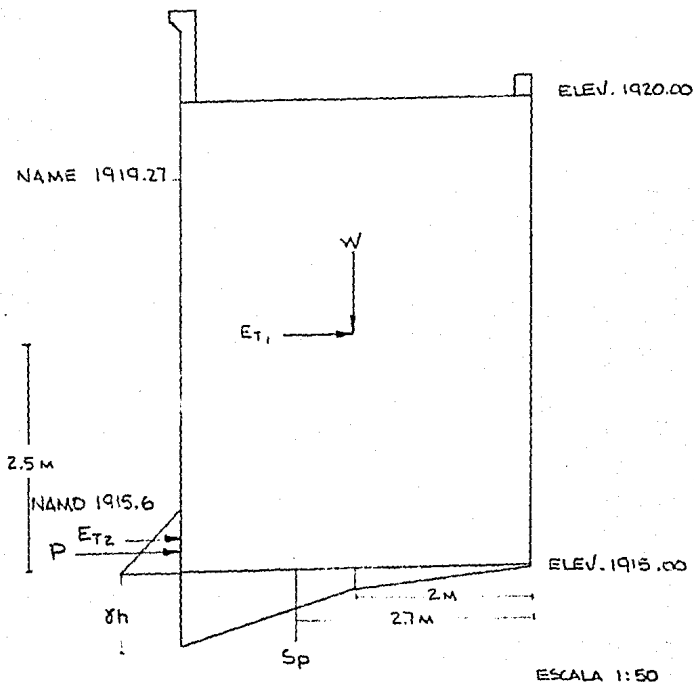
HT = ALTURA TOTAL DE  
LA CORTINA = 37 M

$$B = .5 \sqrt{37} \text{ M}$$

$$B = 3.04 \text{ M}$$

DONDE HT ES LA ALTURA TOTAL DE LA CORTINA EN EL CASO DE DE LA MANZANILLA H = 37 M, POR LO QUE CON 4 M DE ANCHO SE CONSIDERA SUFICIENTE.

## REVISION DE LA SECCION EN LA ELEVACION 1915.0 M



## PESO DE LA SECCION

$$W = A \times \text{CONCRETO}$$

$$W = 20 \text{ M}^2 \times 2.265 \text{ KG/M}^3$$

$$W = 45,300 \text{ KG}$$

DONDE:

A AREA DE LA SECCION DE LA CORTINA

$\gamma$  CONCRETO = PESO VOLUMETRICO DEL  
 CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO  
 OBTENIDO DEL PROMEDIO DE LA TA -  
 BLA 1, DE 2,265 KG/M<sup>3</sup>

EL PESO PROPIO ACTÚA EN EL CENTROIDE DE LA SECCION

## PRESION DE AGUA

$$P = \gamma \cdot H \times \frac{H}{2}$$

$$P = 1,000 \text{ KG/M}^3 \cdot 6 \text{ M} \times \frac{6 \text{ M}}{2}$$

$$P = 180 \text{ KG.}$$

DONDE

$\gamma$  PESO VOLUMÉTRICO DEL AGUA

H ALTURA DE AGUA, EN M

LA PRESIÓN DEL AGUA ACTÚA A 1/3 DE LA ALTURA DE AGUA, - ESTO ES, A 0.2 M DE LA BASE.

## SUBPRESION

$$SP = \frac{\gamma \cdot H \times B}{2}$$

DONDE

$\gamma$  PESO VOLUMÉTRICO DE AGUA

H ALTURA DE AGUA

LA SUBPRESIÓN SE DISMINUYE A 1/3 AL LLEGAR A LOS DRENES, COMO SE INDICA EN EL DIBUJO.

$$SP = \frac{100 \times 0.2 \times 0.2 \times 100 \times 0.4 \times 0.2 \times 100 \times 0.2 \times 2}{2}$$

DONDE  $S_p = 1000$  KG POR METRO LINEAL DE CORTINA.

## DETERMINACION DEL PUNTO DE ACCION DE LA SUBPRESION

	AREA	CENTROIDE EN X	A $\bar{X}$
(1)	0.4 M <sup>2</sup>	3.00 M	1.2
(2)	0.4 M <sup>2</sup>	3.33 M	1.3
(3)	<u>0.2 M<sup>2</sup></u>	1.33 M	<u>.2</u>
	1.0		2.7

$$\bar{X} = \frac{2.7}{1} = 2.7 \text{ M}$$

LA SUBPRESIÓN ACTÚA A 2.7 M DEL PIE DE LA BASE

## FUERZA SISMICA EN LA CORTINA

$$E T_1 = \alpha W$$

$$E T_1 = 0.1 \cdot 45,300 \text{ KG}$$

$$E T_1 = 4,530 \text{ KG}$$

DONDE

$\alpha$  RELACIÓN DE ACELERACIÓN DEL SISMO A LA DE LA GRAVEDAD,  
EN ESTE CASO = 0.1.

W PESO DE LA SECCIÓN 45,300 KG.

LA FUERZA SÍSMICA EN LA CORTINA ACTÚA EN EL CENTROIDE -  
DE LA SECCIÓN.

## FUERZA SISMICA EN EL AGUA

$$ET_2 = K_T H^{3/2}$$

$$C_T = \frac{817}{1 - .0775 \frac{(5M)^2}{100}}$$

$$C_T = 817.1$$

$$K_T = \frac{2}{3} 817.1 \times .1 \sqrt{5} M$$

$$K_T = 121$$

$$ET_2 = 121 \times .6^{3/2}$$

$$ET_2 = 56.33 \text{ KG.}$$

DONDE

H ALTURA DE AGUA AL NAMO

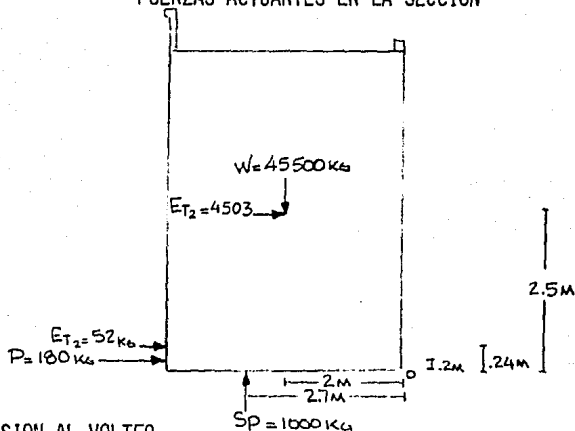
$$K_T = \frac{2}{3} C_T \alpha \sqrt{H_T}$$

H<sub>T</sub> ALTURA TOTAL DE LA SECCIÓN

$$C_T = \frac{817}{1 - .0775 \frac{(H_T)^2}{100}}$$

LA FUERZA SÍSMICA EN EL AGUA ACTÚA A 2/5 DE LA ALTURA -  
DE AGUA, POR LO TANTO A 0.24 M DE LA BASE

## FUERZAS ACTUANTES EN LA SECCION



## REVISION AL VOLTEO

$$SV = \frac{\sum M_o FV}{\sum M_o FH} = \frac{45300 (2) - 1000 (2.7)}{180 (6.2) + 4530 (2.5) + 56 (6.24)} = \frac{87900}{11,373} = 7.72$$

$SV = 7.7 > 1.5$ , POR TANTO, SE CONSIDERA SEGURA ANTE EL VOLTEO.

## REVISION AL DESLIZAMIENTO

$$SD = \frac{F' (11_o FV + B \nabla)}{11_o FH}$$

DONDE.  $F' = 0.8$  DE LAS TABLAS

$B$  BASE, 4 M.

$$SD = \frac{.8 (87900 + 4 \times 3.17)}{11,373}$$

$$\nabla = 0.29 \sqrt{f'_c}$$

$$SD = \frac{70,330.14}{11,373.00} = 6.1$$

$SD = 6.1 > 2$ , POR TANTO SE CONSIDERA SEGURA ANTE EL DESLIZAMIENTO.

## REVISIÓN DE ESFUERZOS

## REVISIÓN DE LA RESULTANTE EN EL TERCIO MEDIO

$$E = \frac{\sum H_0 \cdot F_V - \sum H_0 \cdot F_H}{\sum F_V} = \frac{87900 - 11373}{45300 - 1000} = 1.7 \text{ M}$$

$$\frac{2}{3} B < E > \frac{1}{3} B \quad 2.6 < 1.7 > 1.3$$

LO QUE INDICA, AUSENCIA DE ESFUERZOS A TENSION

DE LA FÓRMULA DE LA ESCUADRIA

$$F = \frac{H}{A} \pm \frac{Hx}{Ix} \quad Y$$

Y SE OBTIENE

$$F = \frac{\sum F_V}{AB} (1 \pm \frac{6E}{B})$$

$$F = \frac{443,000}{1 \times 4} (1 \pm \frac{6 \times 1.7}{4})$$

· DONDE:

FV SUMA DE FUERZAS VERTICALES

B LONGITUD DE LA BASE

A AREA DE LA SECCIÓN

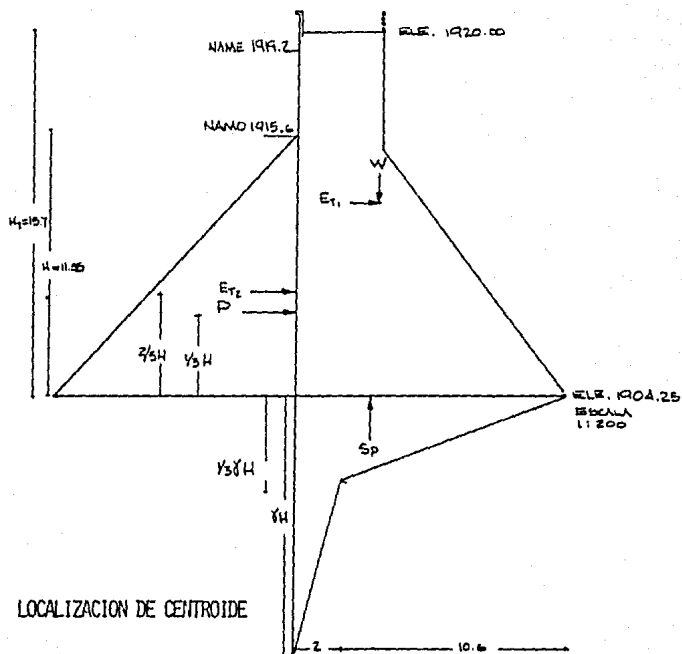
E EXCENTRICIDAD DE LA RESULTANTE = 2M - 1. - M.

$$F_1 = 16,058 \text{ KG/M}^2 = 1.606 \text{ KG/CM}^2 \text{ (COMPRESIÓN)}$$

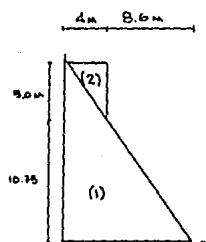
$$F_2 = 6,091 \text{ KG/M}^2 = .609 \text{ KG/CM}^2 \text{ (COMPRESIÓN)}$$



## REVISIÓN DE LA SECCIÓN EN LA ELEVACIÓN 1904.25



LOCALIZACIÓN DE CENTROIDE



	AREA	X	Y	$\bar{A}X$	$\bar{A}Y$
(1)	99.2 M <sup>2</sup>	8.4	5.25	832.2	520.0
(2)	10.0 M <sup>2</sup>	9.9	14.08	99.0	140.8
	109.2 M <sup>2</sup>			932.2	661.6

$$\bar{X} = \frac{932.2}{109.2} = 8.53 \text{ M.}$$

$$\bar{Y} = \frac{661.6}{109.12} = 6.05 \text{ m.}$$

## PESO DE LA SECCION

$$W = A \times \gamma_{\text{CONCRETO}}$$

$$W = 109,2 \times 2265$$

$$W = 247338 \text{ KG.}$$

DONDE

A AREA DE LA SECCIÓN (109,2 m<sup>2</sup>)

$\gamma$  PESO VOLUMÉTRICO DEL CONCRETO  
COMPACTADO CON RODILLO OBTENI  
DO DEL PROMEDIO DE LA TABLA No.1

## PRESION DEL AGUA

$$P = \gamma_{\text{OH}} \times \frac{H}{2}$$

$$P = 1000 \times 11,35 \times \frac{11,35}{2}$$

$$P = 64 \ 411,25 \text{ KG}$$

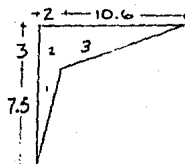
DONDE

 $\gamma$  PESO VOLUMÉTRICO DEL AGUA (1000 KG/M<sup>3</sup>)

H ALTURA DE AGUA, EN M.

## SUBPRESION

$$SP = \frac{\gamma \cdot H \times B}{2}$$



DONDE

 $\gamma$  PESO VOLUMÉTRICO DEL AGUA  
(100 KG/M<sup>3</sup>)

H ALTURA DE AGUA AL NAMO

B BASE DE LA SECCIÓN

LA SUBPRESIÓN DISMINUYE A 1/3  
CUANDO ÉSTA LLEGA A LOS DRENES

$$SP = \frac{1000 \times 7,56}{2} + 1000 \times 37,8 \times \frac{2}{2} + \frac{1000 \times 10,6 \times 3,78}{2}$$

$$SP = 7560 + 7560 + 20,034$$

$$SP = 35 \ 154 \text{ KG.}$$

## DETERMINACION DEL PUNTO DE APLICACION DE LA SUBPRESION

	AREA	$\bar{x}$	$A\bar{x}$
(1)	7.56 m <sup>2</sup>	11.9	89.96
(2)	7.56 m <sup>2</sup>	11.6	87.69
(3)	<u>19.61</u> m <sup>2</sup>	7.0	<u>137.27</u>
	34.73		314.92

$$\bar{x} = \frac{314.92}{34.73} = 9.0 \text{ m}$$

## FUERZA SISMICA EN LA CORTINA

$$E_{T_1} = \alpha W$$

$$E_{T_1} = .1 (247338 \text{ KG})$$

$$E_{T_1} = 24,733.8 \text{ KG.}$$

DONDE

$\alpha$  = RELACION DE ACELERACION DEL SISMO  
A LA DE LA GRAVEDAD LA CUAL ES = 0.1

W = PESO DE LA SECCION = 247,338 KG.

## FUERZA SISMICA EN EL AGUA

$$E_{T_2} = K_T H^{3/2}$$

$$C_T = \frac{817}{1 - .0775 \frac{(15.75)^2}{100}}$$

$$C_T = 818.6$$

$$K_T = \frac{2}{3} 818.6 \cdot .1 \sqrt{15.75}$$

$$K_T = 216.6$$

$$E_{T_2} = 216.6 \times 11.35$$

$$E_{T_2} = 8282.3 \text{ KG.}$$

DONDE

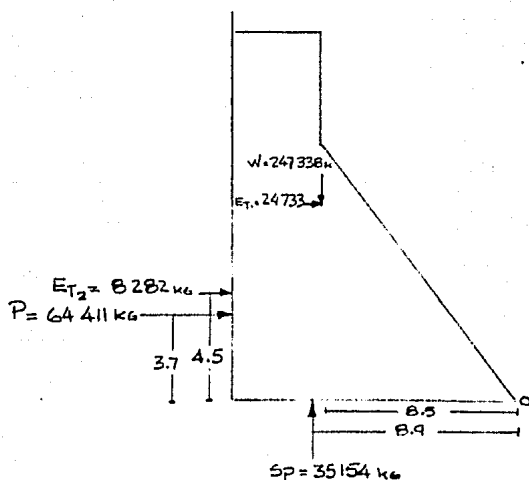
H ALTURA DE AGUA AL NAMO = 11.35 M.

$$K_T = \frac{2}{3} C_T H_T$$

H ALTURA TOTAL DE LA SECCION

$$C_T = \frac{817}{\sqrt{1 - \frac{0.0775 (H)^2}{100}}}$$

FUERZAS ACTUANTES EN LA SECCION



REVISION AL VOLTEO

$$S_v = \frac{\sum N_i \cdot F_v}{\sum N_i \cdot F_H} = \frac{247,338 (8.5) - 35,154 (9.0)}{64,411 (3.78) + 24,733 (6.05) + 8,282 (4.54)}$$

$$= \frac{1,785,987.0}{430,708.5}$$

$SV = 4,1 > 1,5$  .'. SE CONSIDERA SEGURA ANTE EL VOLTEO

REVISION AL DESLIZAMIENTO

$$SD = \frac{F' (\sum II_0 F_v + B \gamma)}{\sum II_0 F_H}$$

DONDE

$F' = 0,8$  (DE LAS TABLAS) Y  $B = 12,6$  M.

$$SD = \frac{0,8 (1'785,987 + 12,6 \times 3,7)}{430708,5} = 3,32$$

$SD = 3,32 > 2$  SE CONSIDERA ESTABLE AL DESLIZAMIENTO

REVISION DE ESFUERZOS

REVISION DE RESULTANTE EN EL TERCIO MEDIO

$$E = \frac{\sum II_0 F_v - \sum II_0 F_H}{\sum F_v} = \frac{1'785,987 - 430708,5}{247,338 - 35,154} = 6,3 \text{ M.}$$

$$\frac{2}{3} B < E < \frac{1}{3} B \quad 8,4 \text{ M.} < 6,4 > 4,2 \text{ M.}$$

LO QUE INDICA AUSENCIA DE ESFUERZOS DE TENSION

DE LA FORMULADE ESCUADRIA

$$F = \frac{N}{A} \pm \frac{Mx}{IX}$$

SE OBTIENE

$$F = \frac{\sum FV}{AB} \left(1 \pm \frac{6E}{B}\right)$$

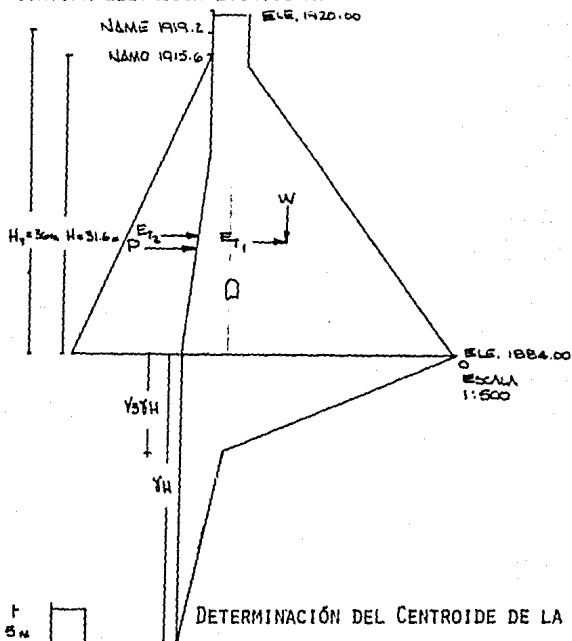
DONDE

$$E = 0 \text{ Y } F_1 = F_2$$

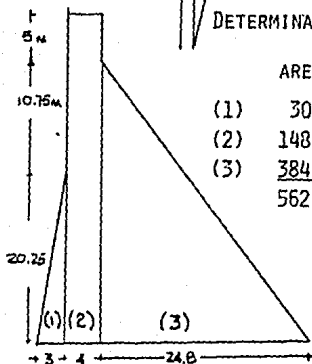
$$F = \frac{212184}{1 \times 12.6} \left(1 \pm \frac{6 \times 0}{12.6}\right)$$

$$F_1 = F_2 = 16,840 \text{ KG/M}^2 = 0.68 \text{ KG/CM}^2 \text{ (COMPRESIÓN)}$$

REVISIÓN DE LA SECCIÓN EN LA BASE DE LA  
CORTINA ELEVACION 1884.00 M.



DETERMINACIÓN DEL CENTROIDE DE LA SECCIÓN



	AREA	$\bar{x}$	$\bar{y}$	$A\bar{x}$	$A\bar{y}$
(1)	30.4	2	6.7	60.8	203.7
(2)	148.0	5	18.5	740.0	2738.0
(3)	<u>384.4</u>	15.2	10.3	<u>5842.8</u>	<u>3959.3</u>
	562.8			6643.6	6901.0

$$\bar{x} = \frac{6643.6}{562.8} = 11.8 \text{ M.}$$

$$\bar{y} = \frac{6901.0}{562.8} = 12.26 \text{ M.}$$

## PESO DE LA SECCION

$$W = A \times \gamma \text{ CONCRETO}$$

CON

$$A = 562.8 \text{ M}^2 \text{ Y } \gamma = 2265 \text{ KG/M}^3 \text{ RESULTA}$$

$$W = 562.8 \text{ M}^2 \times 2265 \text{ KG/M}^3$$

$$W = 1274.742 \text{ KG}$$

## PRESION DEL AGUA

$$P = \gamma_{OH} \times \frac{H}{2}$$

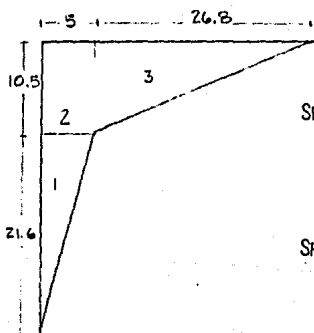
CON

$$H = 31.6 \text{ M (ALTURA DEL AGUA HASTA EL NAMO), RESULTA}$$

$$P = 1000 \times 31.6 \times \frac{31.6}{2}$$

$$P = 499,200 \text{ KG.}$$

## SUBPRESION



$$SP = \frac{\gamma \cdot H \times B}{2}$$

$$SP = 100 \frac{21.6 \times 5}{2} + 1000 \text{ KG/M}^3$$

$$\times 10.6 \times 5 + \frac{1000 \cdot 26.8 \times 10.6}{2}$$

$$SP = 247500 \text{ KG}$$



## DETERMINACION DEL PUNTO ACTUANTE DE LA SUBPRESION

	AREA	$\bar{x}$	$\bar{y}$	$A\bar{x}$	
(1)	52.5	1.6	17.6	84	$x = \frac{2120}{219.5} = 9.6 \text{ M}$
(2)	25.0	2.0	5.3	62.5	
(3)	<u>142.0</u>	13.9	3.5	<u>1973.8</u>	$31.6 - 9.6 = 22\text{M}$
	219.5			2120	

## FUERZA SISMICA EN EL AGUA

$$E_{T_2} = K_T H^{3/2}$$

$$C_T = \frac{817}{1 - .0775 \frac{(36)^2}{100}} = 821.1$$

$$K_T = \frac{2}{3} 821.1 \cdot .1 \sqrt{36}$$

$$K_T = 328.48$$

$$E_{T_2} = 328.48 \times 31.6^{3/2}$$

$$E_{T_2} = 58349 \text{ KG}$$

## FUERZA SISMICA EN LA CORTINA

$$E_{T_1} = \alpha W$$

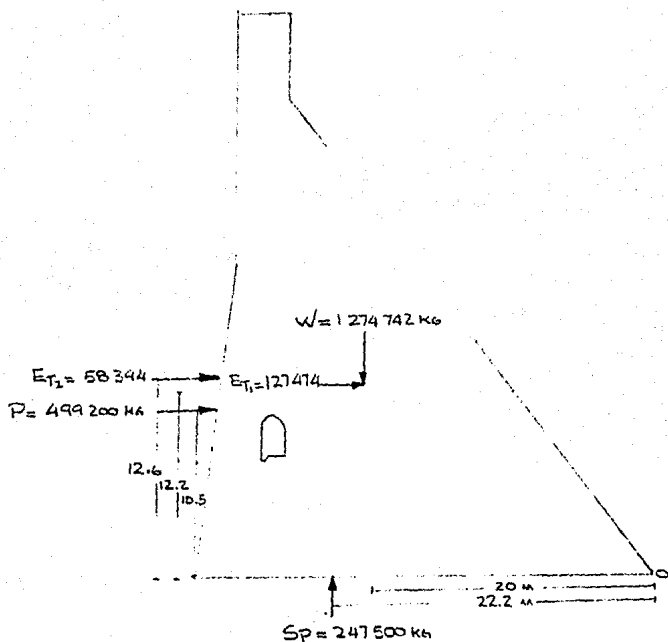
CON

$$\alpha = 0.1 \text{ Y } W = 1'274,742 \text{ KG, RESULTA}$$

$$E_{T_1} = .1 \times 1'274,742$$

$$E_{T_1} = 127'474.2 \text{ KG}$$

## FUERZAS ACTUANTES EN LA SECCION



## REVISION AL VOLTEO

$$S = \frac{\sum \text{lb Fv}}{\sum \text{lb Fh}} = \frac{1,274,742 \times 20 - 247,500 \times 22.2}{499,200 \times 10.53 + 127,474 \times 12.26 + 58,349 \times 12.6} = 2.6$$

$S = 2.6 > 1.5$ , SE CONSIDERA SEGURA ANTE VOLTEO

## REVISION DESLIZAMIENTO

$$S_D = \frac{F' (M_0 F_V + B \bar{V})}{M_0 F_H} = \frac{.8(20000,340 + 31.8 \times 3.17)}{7554,604.6} = 2.1$$

SD = 2.1 > 2, SE CONSIDERA SEGURA ANTE DESLIZAMIENTO

REVISIÓN DE ESFUERZOS

RESULTANTE EN EL TERCIO MEDIO

$$E = \frac{\sum MCFV - \sum Mo FH}{\sum FV} = \frac{20,00340 - 7554,604,6}{1,274,742 - 247500} - \frac{12,445735,4}{1027242} = 12.11 \text{ M}$$

$$\frac{2}{3} B < E < \frac{1}{3} B, 21.2 < 12.11 \text{ M} > 10.6 \text{ M}$$

NO EXISTEN ESFUERZOS DE TENSION EN LA BASE.

DE LA FÓRMULA DE LA ESCUADRIA

$$F = \frac{N}{A} \pm \frac{Mx}{Ix} Y$$

SE OBTIENE

$$F = \frac{\sum FV}{AB} \left( 1 \pm \frac{EE}{A} \right)$$

$$F = \frac{1,027,242}{1 \times 31.8} \left( 1 \pm \frac{6 \times 3.79}{31.8} \right)$$

$$F_1 = 55,403 \text{ KG/M}^2 = 5.54 \text{ KG/CM}^2 \text{ (COMPRESIÓN)}$$

$$F_2 = 9,203 \text{ KG/M}^2 = .92 \text{ KG/CM}^2 \text{ (COMPRESIÓN)}$$

RESISTENCIA MÍNIMA DEL TERRENO EN ROCA SANA = 20 KG/CM<sup>2</sup> > 5.64 KG/CM<sup>2</sup>

LOS CONCEPTOS BÁSICOS DE DISEÑO DE PRESAS NO SE VEN -- AFECTADOS POR EL EMPLEO DE RODILLOS VIBRATORIOS COMO MÉTODO -- DE COMPACTACIÓN, PERO EN LA PLANEACIÓN DE LAS OBRAS COMPLEMEN -- TARIAS DEBE TOMARSE EN CUENTA QUE LA CONSTRUCCIÓN SERÁ MÁS RÁ -- PIDA.

#### F) ESPACIAMIENTO DE LAS JUNTAS DE CONTRATACION

UN FACTOR QUE IMPIDE LA UTILIZACIÓN DEL MÉTODO DE COMPAC -- TACIÓN CON RODILLO HA SIDO LA RENUENCIA DE LOS PROYECTISTAS A -- DESVIARSE DEL CONCEPTO TRADICIONAL DE CONSTRUCCIÓN CON BLO -- QUES. EN REALIDAD, EL CONCEPTO DE BLOQUE MONOLÍTICO SE CREÓ -- COMO RESULTADO DE LAS LIMITACIONES CONSTRUCTIVAS MÁS QUE DE -- LOS INTERESES DEL DISEÑO PARA CONTROLAR EL AGRIETAMIENTO.

EL INFORME DEL COMITÉ ACI 207: "MASS CONCRETE FOR DAMS AND OTHER MASSIVE ESTRUCTURES" INDICA QUE LA CONSTRUCCIÓN CON BLOQUES SE APLICÓ A ALGUNAS PRESAS CONSTRUIDAS ANTES DE 1900. SIN EMBARGO, ANTES DE 1930 HABÍA Poca INFORMACIÓN, SINO ES -- DE NINGUNA, SOBRE EL CONTROL DEL AGRIETAMIENTO. EN ESE AÑO SE ORGANIZÓ EL COMITÉ ACI PARA CONCRETO MASIVO Y POR PRIMERA VEZ, SE EMPRENDIERON EXTENSAS INVESTIGACIONES SOBRE EL CONCRETO DE LA PRESA HOOVER.

LA PRINCIPAL FUNCIÓN DEL ESPACIAMIENTO DE LAS JUNTAS DE CONTRACCIÓN ES LIMITAR LAS ZONAS DE RESTRICCIÓN IMPORTANTE DE

LA CIMENTACIÓN A LAS REGIONES MÁS BAJAS DE LA PRESA. AÚN ASÍ, SE REQUIERE EL CONTROL DE LAS TEMPERATURAS DE HIDRATACIÓN PARA IMPEDIR EL AGRIETAMIENTO EN ESAS ZONAS; Y LAS JUNTAS DE CONTRACCIÓN SIRVEN PARA REDUCIR EL AGRIETAMIENTO EN LAS REGIONES SUPERIORES DE LA PRESA.

LA PRINCIPAL PREOCUPACIÓN QUE SE DERIVA DEL AGRIETAMIENTO EN LAS PRESAS DE GRAVEDAD SIN JUNTAS DE CONTRACCIÓN, ES LA APARIENCIA Y EL CONTROL DE LA FILTRACIÓN. LA SEPARACIÓN DE LAS GRIETAS QUE SE EXTIENDEN POR TODA LA ALTURA Y EL ESPESOR DE UNA CORTINA SIN JUNTAS, COMO RESULTADO DE LA RESTRICCIÓN DE LA CIMENTACIÓN, ESTÁ DIRECTAMENTE RELACIONADO CON EL CAMBIO ESPERADO EN EL VOLUMEN  $\Delta V$ , CON EL MÓDULO EFECTIVO DE ELASTICIDAD EN TENSIÓN  $E_T$ , Y CON LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN DEL CONCRETO  $F'_1$ .

EL MÓDULO DE ELASTICIDAD EN TENSIÓN SE VE AFECTADO POR LA EDAD Y POR LA VELOCIDAD DE APLICACIÓN DEL ESFUERZO. PARA LOGRAR UN CAMBIO DE VOLUMEN UNIFORME EN UN PERÍODO DE VARIOS MESES, SE PUEDE TOMAR EL MÓDULO EFECTIVO DE TENSIÓN,  $E_T$ , COMO DEL 50% AL 60% DEL MÓDULO ESTÁTICO NORMAL  $E_C$ , PARA CONCRETO DE LA MISMA EDAD. ESTO TIENE EL EFECTO DE CASI DUPLICAR EL DESCENSO DE TEMPERATURA PERMISIBLE PARA LOS CAMBIOS DE ESTACIÓN, CON RESPECTO A LA QUE SE PUEDE MANTENER SIN AGRIETAMIENTO, CON UN DESCENSO RÁPIDO A EDADES AVANZADAS. EN CONDICIONES DE TOTAL RESTRICCIÓN, EL AGRIETAMIENTO OCURRIRÁ CUANDO  $\Delta T \geq \Delta T_{\text{perm}} = \frac{F'_1}{E_T}$

IGUALE LA RESISTENCIA A LA TENSION DEL CONCRETO. EL COEFICIENTE DE EXPANSION TERMICA PARA DETERMINADO CONCRETO ES RELATIVAMENTE INALTERABLE CON LA EDAD.

POR LO TANTO, LA TEMPERATURA DE AGRIETAMIENTO ES PROPORCIONAL A LA RELACION  $F'_{T}/E$ .

EL AGRIETAMIENTO SE INICIA EN EL PUNTO EN QUE EL EFECTO COMBINADO DE RESTRICCIÓN Y CAMBIO DE VOLUMEN ESTÁ EN SU PUNTO MÁXIMO. LA RESTRICCIÓN DE LAS CIMENTACIONES A TODO LO ALTO DE LA CORTINA DEPENDE DE LA RELACION DE LA LONGITUD DE BASE Y LA ALTURA DE LA MISMA PRESA. LOS CAMBIOS TERMICOS EN TODA LA SECCION SE COMPLICAN POR MUCHOS FACTORES, PERO SON AFECTADOS -- PRINCIPALMENTE POR CONDICIONES AMBIENTALES, LA SECUENCIA DE LA CONSTRUCCION, EL TAMAÑO Y LA FORMA DE LA CORTINA. LA VELOCIDAD DE CAMBIO TERMICO ES SIGNIFICATIVAMENTE MAYOR EN LAS SUPERFICIES. EL AGRIETAMIENTO EN LA SUPERFICIE GENERALMENTE SE DEBE A RESTRICCIONES INTERNAS Y NO A RESTRICCIONES EN LA CIMENTACION, LO QUE IMPONE UNA PROFUNDIDAD LIMITADA. LAS RESTRICCIONES EN LA CIMENTACION PUEDEN CONTRIBUIR AL AGRIETAMIENTO SUPERFICIAL EN UNA PRESA CONSTRUIDA SIN JUNTAS DE CONTRACCION; SIN EMBARGO, LA PROPAGACION DE LAS GRIETAS SUPERFICIALES REDUCE LA CONDICION DE RESTRICCIÓN INTERNA, REQUIRIENDO, UNA DISMINUCION CONTINUA EN EL VOLUMEN, PARA QUE HAYA UNA MAYOR PROPAGACION. EL ENFRIAMIENTO DE LA MASA INTERIOR EN UNA CORTINA GRANDE PUEDE, POR LO TANTO, REQUIERIR AÑOS PARA ALCAN

ZAR LOS CAMBIOS CRÍTICOS DE VOLUMEN, POR EFECTO LA PROPAGACIÓN DEL AGRIETAMIENTO A LO LARGO DE SU ALTURA. EN LA MAYOR PARTE DE LOS CASOS, EL CAMBIO CRÍTICO DE VOLUMEN EN LAS PARTES INFERIORES DE LA ESTRUCTURA, SE PUEDEN EVITAR COLANDO CUANDO EL CLIMA SEA MÁS FRÍO Y UTILIZANDO UN CONCRETO CON BAJA GENERACIÓN DE CALOR. CUANDO EL COLADO SE REALIZA DURANTE CLIMA TEMPLADO O CALIENTE, SE NECESITARAN MEDIDAS ADICIONALES PARA EVITAR EL AGRIETAMIENTO Y, EN ALGUNOS CASOS, PUEDE NO SER POSIBLE LA PREVENCIÓN DEL CAMBIO CRÍTICO DE VOLUMEN.

LA CORTINA DE LA PRESA ALPE GERA SE CONSTRUYÓ EN ITALIA SIN UTILIZAR JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN, DIFERIENDO EL EMPLEO DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO POR LA AUSENCIA DEL MÉTODO DE COMPACTACIÓN DEL CONCRETO. ESTE SE TRANSPORTÓ Y DEPOSITÓ EN CAMIONES DE VOLTEO, SE DISTRIBUYÓ CON TRACTOR DE ORUGAS Y SE COMPACTÓ MEDIANTE VIBRADORES MONTADOS EN UN TRACTOR. EL CONCRETO TUVO CONSISTENCIA DE BAJO REVENIMIENTO. LAS JUNTAS DE CONTRACCIÓN SE CORTARON APROXIMADAMENTE 12 HORAS DESPUÉS DE LA COMPACTACIÓN, MEDIANTE HOJAS VIBRATORIAS MONTADAS EN UN TRACTOR. DE AMENRA SIMILAR SE USÓ EL MISMO TIEMPO DE QUIPO PARA CORTAR JUNTAS DE CONTRACCIÓN EN CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO PARA LA PRESA OKAWA, EN JAPÓN, PARA EVITAR LA PROPAGACIÓN DESCONTROLADA DE GRIETAS EN LA SUPERFICIE SUPERIOR, DICHAS JUNTAS NO NECESITAN ESTAR ESPACIADAS MÁS CERCA QUE LA ALTURA PROMEDIO DE LA PRESA SOBRE LA CIMENTACIÓN.

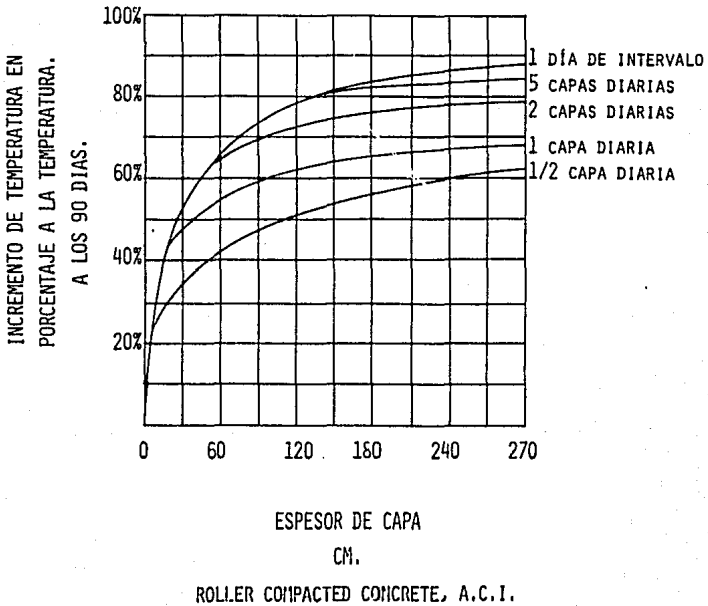
ESTUDIOS SOBRE LA GENERACIÓN DEL CALOR Y ELEVACIÓN DE LA TEMPERATURA DE COLOCACIONES MASIVAS DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO INDICAN QUE EL COLADO SECUENCIAL UNIFORME DE CAPAS PUEDE TENER UN EFECTO BENÉFICO EN LA REDUCCIÓN DE GRIETAS, DEBIDO A LA DISTRIBUCIÓN UNIFORME DE LA TEMPERATURA, EL RITMO PROMEDIO DE COLOCACIÓN TIENE UN EFECTO MÁS IMPORTANTE QUE LA ALTURA DEL COLADO, Y LA TEMPERATURA AMBIENTE AFECTA A LA MÁXIMA MÁS QUE A LA DEL COLADO.

LA FIGURA V-D MUESTRA EL EFECTO QUE LA VELOCIDAD Y LA ALTURA DEL COLADO TIENEN EN LA ELEVACIÓN DE LA TEMPERATURA. PARA LA MISMA VELOCIDAD PROMEDIO, LA ELEVACIÓN DE LA TEMPERATURA SE REDUJO AL DISMINUIR LA ALTURA DEL COLADO. EL EFECTO DE LA DIFERENCIA ENTRE LA TEMPERATURA DE COLADO Y LA DEL AMBIENTE SE REDUCEN POR LA EXPOSICIÓN DE LAS CAPAS PLÁSTICAS DE 25 A 30 CM A LA TEMPERATURA AMBIENTE DURANTE VARIAS HORAS. ES TO CONSTITUYE UNA VENTAJA EN CLIMA FRÍO, CUANDO LA TEMPERATURA DEL AIRE ES MENOR QUE LA DEL COLADO.



FIGURA V D

RELACION DE INCREMENTO DE TEMPERATURA/ESPESOR DE CAPA  
A DIFERENTES VELOCIDADES DE COLADO.



**CAPITULO VI**  
**COMPARACION Y CONCLUSION**

EN ESTE TRABAJO SE TRATA ÚNICAMENTE EL ESTUDIO Y CONSTRUCCIÓN DE CORTINAS DE GRAVEDAD CON CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO. LAS LIMITANTES QUE DETERMINAN LA DECISIÓN DEL TIPO DE CORTINA POR CONSTRUIR, COMO SON: CONDICIONES TOPOGRÁFICAS, GEOTÉCNICAS, HIDROLÓGICAS Y DE DISPONIBILIDAD DE MATERIALES, NO HAN SIDO EXPUESTAS. POR LO TANTO, LA COMPARACIÓN SE EFECTÚA CONSIDERANDO QUE LA BOQUILLA PERMITE LA CONSTRUCCIÓN DE CORTINA DE GRAVEDAD. ASÍ MISMO EL ESTUDIO SE EFECTÚA EN IGUALDAD DE CIRCUNSTANCIAS PARA LOS TRES TIPOS DE MATERIALES MÁS UTILIZADOS EN LAS CORTINAS DE GRAVEDAD, TOMANDO COMO ÚNICAS LIMITANTES LA ECONOMÍA Y EL TIEMPO.

#### A) COMPARACION DE COSTOS

A CONTINUACIÓN SE ESTABLECE UN ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PRECIOS UNITARIOS POR METRO CÚBICO DEL CONCRETO CONVENCIONAL Y DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO.

EN ESTOS ANÁLISIS, NO SE CONSIDERA EL COSTO DE CEMENTO, YA QUE EN ESTE TIPO DE OBRAS, LA S.A.R.H. PROPORCIONA EL CEMENTO, POR SER MÁS ECONÓMICO PARA LA OBRA.

LOS PRECIOS UNITARIOS SE CALCULARON CON COSTOS, TANTO DE MATERIALES COMO DE MAQUINARIA, AL MES DE DICIEMBRE DE 1985.

CALCULO COSTO HORARIO TRACTOR DE ORUGA  
CATERPILLAR D-8K

PRECIOS DE ADQUISICION  
DE LA MAQUINA. \$ 36'000,000.00  
VALOR DE RESCATE 9'000,000.00

DATOS GENERALES:

VIDA ECONOMICA 5 AÑOS, 2,000 Hr/Año.  
FACTOR DE OPERACION 7/8 = 0.88  
POTENCIA DE OPERACION 300 X 0.8 H.P.

CARGOS FIJOS :

DEPRECIACION	$\frac{\$ 36'000,000 - 9'000,000}{10,000 \text{ Hr.}}$	\$ 2,700.00
INVERSION	$\frac{\$(36'000,000 + 9'000,000) \times 0.5}{2 \times 2,000 \text{ Hr.}}$	5,625.00
SEGUROS	$\frac{\$(36'000,000 + 9'000,000) \times 0.02}{2 \times 2,000 \text{ Hr.}}$	225.00
ALMACENAJE	0.01 x 2,700	27.00
MANTENIMIENTO	3.23 x 2,700.	8,721.00
	SUMA CARGOS FIJOS POR HORA	<u>\$ 17,298.00</u>

CONSUMOS:

COMBUSTIBLES	0.17 x (300. x 0.8 ) x \$40.00	\$ 1,632.00
LUBRICANTES	0.004 x (300 x 0.8 ) x \$234.76	255.37
	SUMA CONSUMOS POR HORA.	<u>\$ 1,887.37</u>

OPERACION:

OPERADOR	\$ 1,558.00	
AYUDANTE	1,070.00	
OBROERO	580.00	
	<u>\$ 3,208.00</u>	
	$\frac{\$ 3,208.00 \times 1.63}{8 \times 0.88}$	742.35
	COSTO DIRECTO HORA MAQUINA	<u>\$ 19,927.72 Hr.</u>

## CALCULO COSTO HORARIO DE MAQUINARIA

TRACTOR DE ORUGA CATERPILLAR D-6C

PRECIOS DE ADQUISICION  
 DE LA MAQUINA \$ 20'136,200.00  
 VALOR DE RESCATE 5'034,050.00

DATOS GENERALES:

VIDA ECONOMICA 5 AÑOS. 2,000 HR/AÑO  
 FACTOR DE OPERACION 7/8 = 0.88  
 POTENCIA DE OPERACION 140 X 0.8

CARGOS FIJOS:

DEPRECIACION	$\frac{\$ 20'136,200 - 5'034,050}{10,000 \text{ Hr.}}$	\$ 1,510.22
INVERSION	$\frac{\$ 20'136,200 + 5'034,050 \times 0.02}{2 \times 2,000 \text{ Hr.}}$	3,146.28
SEGUROS	$\frac{\$(20'136,200 + 5'034,050) \times 0.02}{2 \times 2,000 \text{ Hr.}}$	125.85
ALMACENAJE	$1,510.22 \times 0.01$	15.10
MANTENIMIENTO	$1,510.22 \times 3.23$	<u>4,878.01</u>
	SUMA CARGOS FIJOS POR HORA.	\$ 9,675.46

CONSUMOS:

COMBUSTIBLES	$0.17 \times (140 \times 0.8) \times \$ 40.00$	\$ 761.60
LUBRICANTES	$0.004 \times (140 \times 0.8) \times \$ 234.76$	<u>105.17</u>
	SUMA CONSUMOS POR HORA.	\$ 866.77

OPERACION:

OPERADOR \$ 1,558.00		
OBRERO 410.00	$\frac{\$ 1,968. \times 1.63}{8 \times 0.88}$	<u>455.93</u>
\$ 1,968.00		
	COSTO DIRECTO HORA MAQUINA.	\$ 10,998.16 Hr.

CALCULO DEL COSTO HORARIO DE LA MAQUINARIA  
VIBROCOMPACTADOR DYNAPAC CA-25-A

PRECIOS DE ADQUISICION	
DE LA MAQUINA	\$ 18'720,000.00
DE LAS LLANTAS	1'711,198.00
VALOR INICIAL DE LA MAQUINA, SIN EQUIPO, SIN LLANTAS.	17'008,802.00
VALOR DE RESCATE	4'252,200.00

DATOS GENERALES:

VIDA ECONOMICA 5 AÑOS. 2,000 HR/AÑO.  
FACTOR DE OPERACION 5/8 = 0.625  
POIENCIA DE OPERACION 115 x 0.8

CARGOS FIJOS:

DEPRECIACION	$\frac{\$ 17'008,802 - 4'252,200}{10,000 \text{ Hr.}}$	\$ 1,275.66
INVERSION	$\frac{\$ (17'008,802. + 4'252,200 ) \times 0.5}{2 \times 2,000 \text{ Hr.}}$	2,657.63
SEGUROS	$\frac{\$ (17'008,802 + 4'252,200 ) \times 0.02}{2 \times 2,000 \text{ Hr.}}$	106.31
ALMACENAJE	0.01 x 1,275.66	12.76
MANTENIMIENTO	1.67 x 1,275.66	<u>2,130.35</u>
	SUMA CARGOS FIJOS POR HORA.	\$ 6,182.71

CONSUMOS:

COMBUSTIBLES	0.17 x (115 x 0.8 ) x \$ 40.00	\$ 625.60
LUBRICANTES	0.004 x (115 x 0.8) x \$ 234.76	86.39
LLANTAS	$\frac{1'711,198.00}{1,500}$	<u>1,140.80</u>
	SUMA CONSUMOS POR HORA	\$ 1,852.79

OPERACION:

OPERADOR	\$ 1,172.00	
OBRERO	500.00	
	<u>\$ 1,672.00</u>	$\frac{\$ 1,672.00 \times 1.63}{8 \times 0.625}$
		<u>545.07</u>

COSTO DIRECIO HORA MAQUINA \$ 8,580.50 Hr.

## CALCULO COSTO HORARIO DE OPERACION DE MAQUINARIA

## COMPACTADOR COMPACTO 137-9

PRECIO DE ADQUISICION DE LA MAQUINA	\$ 6'420,000.00
DE LAS LLANTAS	164,754.00
VALOR INICIAL DE LA MAQUINA SIN EQUIPO, SIN LLANTAS.	6'255,246.00
VALOR DE RESCATE.	1'605,000.00

DATOS GENERALES:

VIDA ECONOMICA 5 AÑOS. 1,400 HR/AÑO.  
 FACTOR DE OPERACION 5/8 = 0.625  
 POTENCIA DE OPERACION 88 X 0.8

CARGOS FIJOS:

DEPRECIACION	$\frac{\$ 6'255,246 - 1'605,000}{7,000 \text{ Hr.}}$	\$ 664.32
INVERSION	$\frac{\$ (6'255,246 + 1'605,000) \times 0.5}{2 \times 1,400 \text{ Hr.}}$	1,403.62
SEGUROS	$\frac{\$ (6'255,246 + 1'605,000) \times 0.02}{1,400 \text{ Hr.}}$	56.14
ALMACENAJE	0.01 X 664.32	6.64
MANTENIMIENTO	1.67 X 664.32	<u>1,109.41</u>
	SUMA CARGOS FIJOS POR HORA.	\$ 3,240.13

CONSUMOS:

COMBUSTIBLES	$0.17 \times (88 \times 0.8) \times \$ 40.00$	\$ 478.72
LUBRICANTES	$0.004 \times (88 \times 0.8) \times \$ 234.76$	66.11
LLANTAS	$\frac{164,754.00}{1,500}$	<u>109.84</u>
	SUMA CONSUMOS POR HORA	\$ 654.57

OPERACION:

OPERADOR	\$ 1,172.00	
OBROERO	400.00	
	$\frac{\$ 1,572.00 \times 1.63}{8 \times 0.625}$	<u>\$ 512.47</u>

COSTO DIRECTO HORA MAQUINA \$ 4,407.17 Hr.

## CALCULO COSTO HORARIO DE OPERACION DE MAQUINA

## CARGADOR FRONTAL CATERPILLAR 955 L

PRECIOS DE ADQUISICION	
DE LA MAQUINA	\$ 19'000,000.00
VALOR DE RESCATE	4'750,000.00

DATOS GENERALES:

VIDA ECONOMICA 5 AÑOS. 2,000 HR/AÑO

FACTOR DE OPERACION 1/8 = 0.88

POTENCIA DE OPERACION 130 x 0.8

CARGOS FIJOS:

DEPRECIACION	$\frac{\$ 19'000,000 - 4'750,000}{10,000 \text{ Hr.}}$	\$ 1,425.00
INVERSION	$\frac{\$ (19'000,000 + 4'750,000) \times 0.5}{2 \times 2,000 \text{ Hr.}}$	2,968.75
SEGUROS	$\frac{\$ (19'000,000 + 4'750,000) \times 0.02}{2 \times 2,000 \text{ Hr.}}$	118.75
ALMACENAJE	1,425 x 0.01	14.25
MAINTENIMIENTO	1,425 x 2.39	<u>3,405.75</u>
	SUMA CARGOS FIJOS POR HORA	\$ 7,932.50

CONSUMOS:

COMBUSTIBLES	0.17 (130 x 0.8) x \$ 40.00	\$ 707.20
LUBRICANTES	0.004 x (130 x 0.8) x \$ 234.76	<u>97.66</u>
	SUMA CONSUMOS POR HORA	\$ 804.86

OPERACION:

OPERADOR	\$ 1,510.00		
OBRERO	410.00		
	<u>\$ 1,920.00</u>	$\frac{\$ 1,920.00 \times 1.63}{8 \times 0.33}$	<u>\$ 444.76</u>
		COSTO DIRECTO HORA MAQUINA	\$ 9,182.12 Hr.



CALCULO COSTO HORARIO DE OPERACION DE LA MAQUINARIA  
CARGADOR FRONTAL CATERPILLAR 920

PRECIOS DE ADQUISICION DE LA MAQUINA	\$ 9'800,000.00
DE LAS LLANTAS	472,164.00
VALOR INICIAL DE LA MAQUINA SIN EQUIPO, SIN LLANTAS.	9'327,836.00
VALOR DE RESCATE	2'331,959.00

DATOS GENERALES:

VIDA ECONOMICA 5 AÑOS. - 2,000 HR/AÑO.

FACTOR DE OPERACION 6/8 = 0.75

POTENCIA DE OPERACION 103 X 0.8

CARGOS FIJOS:

DEPRECIACION	$\frac{\$ 9'327,836 - 2'331,959}{10,000 \text{ Hr.}}$	\$ 699.59
INVERSION	$\frac{\$ (9'327,836 + 2'331,959) \times 0.5}{2 \times 2,000 \text{ Hr.}}$	1,457.47
SEGUROS	$\frac{\$ (9'327,836 + 2'331,959) \times 0.02}{2 \times 2,000 \text{ Hr.}}$	58.30
ALMACENAJE	0.01 X 699.59	6.99
MANTENIMIENTO	3.23 X 699.59	2,259.68
	SUMA CARGOS FIJOS POR HORA	\$ 4,482.03

CONSUMOS:

COMBUSTIBLES	0.17 X (103 X 0.8) X \$40.00	\$ 560.32
LUBRICANTES	0.004 X (130 X 0.8) X \$234.76	77.38
LLANTAS	$\frac{472,164}{1,500}$	314.78
	SUMA CONSUMOS POR HORA	\$ 952.48

OPERACION:

OPERADOR	\$ 1,510.00	
OBRAERO	1,064.00	
	$\frac{\$ 2,574.00 \times 1.63}{8 \times 0.75}$	\$ 699.27
	COSTO DIRECTO HORA MAQUINA	\$ 6,133.39 Hr.

CALCULO COSTO HORARIO DE OPERACION DE MAQUINARIA  
PLANTA DE TRITURACION 12 X 36 CON SECUN  
DARIA Y TERCIARIA

PRECIOS DE ADQUISICION  
DE LA MAQUINA  
VALOR DE RESCATE

\$ 36'000,000.00  
9'000,000.00

DATOS GENERALES:

VIDA ECONOMICA 6.66.-10,000 HR/AÑO.  
POTENCIA 250 H.P. 440 VOLT.  
MERMAS: 7/8 = 0.88

CARGOS FIJOS:

INVERSION	$\frac{\$ (36'000,000 + 9'000,000) \times 0.5}{2 (1500) \text{ Hr.}}$	\$ 7,500.00
SEGUROS	$\frac{\$ (36'000,000 + 9'000,000) \times 0.02}{2 (1500) \text{ Hr.}}$	300.00
ALMACENAJES	2,700.00 X 0.01	27.00
DEPRECIACION	$\frac{\$ (36'000,000 - 9'000,000)}{10,000 \text{ Hr.}}$	2,700.00
MANTENIMIENTO	2,700.00 X 3.33	8,991.00
	SUMA CARGOS FIJOS POR HORA	\$ 19,518.00

CONSUMOS:

COMBUSTIBLES	20.00 KWH X \$ 53.33	1,066.60
LUBRICANTES	0.006 X 200 X \$ 239.00	286.80
	SUMA CONSUMOS POR HORA	\$ 1,353.40

OPERACION:

1 OPERADOR	= 1,555.24	= 1,555.24
2 AYDTES.	= 2,070.26	= 2,140.52
2 PEONES	= 1,014.80	= 2,029.60
BONIF.		750.00
		<u>6,475.36</u>

$$\frac{6,475.36}{8} \times \frac{1.63}{0.88}$$

COSTO DIRECTO HORA MAQUINA

1,499.27  
\$ 22,370.67 Hr.

CALCULO COSTO HORARIO DE OPERACION DE MAQUINARIA  
CAMION FORD F-600

PRECIOS DE ADQUISICION	
DE LA MAQUINA	\$ 6'400,000.00
DE LAS LLANTAS	510,444.00
VALOR INICIAL DE LA MAQUINA	
SIN EQUIPO, SIN LLANTAS	5'889,556.00
VALOR DE RESCATE	1'472,389.00

DATOS GENERALES:

VIDA ECONOMICA 4 AÑOS. - 2,000 HR/AÑO.  
FACTOR DE OPERACION 6/8 = 0.75  
POTENCIA DE OPERACION 200 X 0.8 H.P.

CARGOS FIJOS:

DEPRECIACION	$\frac{\$ 5'889,556 - 1'472,389}{8,000 \text{ Hr.}}$	\$ 552.15
INVERSION	$\frac{\$ ( 5'889,556 + 1'472,389 ) \times 0.5}{2 \times 2,000 \text{ Hr.}}$	920.24
SEGUROS	$\frac{\$ ( 5.889,556 + 1'472,389 ) \times 0.02}{2 \times 2,000 \text{ Hr.}}$	36.81
ALMACENAJE	0.01 X 552.15	5.52
MANTENIMIENTO	1 X 552.15	552.15
	SUMA CARGOS FIJOS POR HORA	\$ 2,066.87

CONSUMOS:

COMBUSTIBLES	$0.17 \times (200 \times 0.8) \times \$40.00$	1,088.00
LUBRICANTES	$0.004 \times (200 \times 0.8) \times \$234.76$	150.24
LLANTAS	$\frac{510,444.00}{1,500}$	340.30
	SUMA CONSUMOS POR HORA	\$ 1,578.54

OPERACION:

OPERADOR	\$ 1,516.00	
OBROERO COMP.	700.00	
	$\frac{\$ 2,216.00}{8 \times 0.75}$	\$ 602.01
	COSTO DIRECTO HORA MAQUINA	\$ 4,247.42 Hr.

CALCULO COSTO HORARIO DE OPERACION DE MAQUINARIA  
CAMION PIPA FORD F-600

PRECIOS DE ADQUISICION	
DE LA MAQUINA	\$ 6'400,000.00
DE LAS LLANTAS	510,444.00
VALOR INICIAL DE LA MAQUINA SIN EQUIPO, SIN LLANTAS.	5'889,556.00
VALOR DE RESCATE	1'472,389.00

DATOS GENERALES:  
VIDA ECONOMICA 4 AÑOS.- 2,000 HR/AÑO.  
FACTOR DE OPERACION 6/8 = 0.75  
POTENCIA DE OPERACION 200 x 8.0 H.P.

CARGOS FIJOS:

DEPRECIACION	$\frac{\$ 5'889,556 - 1'472,389}{8,000 \text{ Hr.}}$	\$ 552.15
INVERSION	$\frac{\$(5'889,556 + 1'472,389) \times 0.5}{2 \times 2,000 \text{ Hr.}}$	920.24
SEGUROS	$\frac{\$(5'889,556 + 1'472,389) \times 0.02}{2 \times 2,000 \text{ Hr.}}$	36.81
ALMACENAJE	0.01 X 552.15	5.52
MAINTENIMIENTO	1 X 552.15	552.15
	SUMA CARGOS FIJOS POR HORA	\$ 2,066.87

CONSUMOS:

COMBUSTIBLES	0.17 X ( 200 X 0.8 ) X \$40.00	\$ 1,088.00
LUBRICANTES	0.004 X (200 X 0.8) X \$234.76	150.24
LLANTAS	$\frac{510,444.00}{1,500}$	340.30
	SUMA CONSUMOS POR HORA	\$ 1,578.54

OPERACION:

OPERADOR	\$ 1,516.00	
OBRERO COMP.	700.00	
	\$ 2,216.00	
	$\frac{\$ 2,216.00 \times 1.63}{8 \times 0.75}$	602.01
	COSTO DIRECTO HORA MAQUINA	\$ 4,247.42 Hr.

CALCULO COSTO HORARIO DE OPERACION DE MAQUINARIA  
TRAK DRILL STENJIK

PRECIOS DE ADQUISICION  
DE LA MAQUINA \$ 5'600,000.00  
VALOR DE RESCATE 1'400,000.00

DATOS GENERALES:

VIDA ECONOMICA 8 AÑOS.- 1,000 HR/AÑO.  
FACTOR DE OPERACION 5/8 = 0.625

CARGOS FIJOS:

DEPRECIACION	$\frac{\$ 5'600,000 - 1'400,000}{8,000 \text{ Hr.}}$	\$ 525.00
INVERSION	$\frac{\$(5'600,000 + 1'400,000) \times 0.5}{2 \times 1,000 \text{ Hr.}}$	1,750.00
SEGUROS	$\frac{\$(5'600,000 + 1'400,000) \times 0.02}{2 \times 1,000 \text{ Hr.}}$	70.00
ALMACENAJE	0.01 X 525	5.25
MANTENIMIENTO	1.0 X 525	<u>525.00</u>
	SUMA CARGOS FIJOS POR HORA	\$ 2,875.25

OPERACION:

OPERADOR \$ 1,461.00		
OBRERO COM. <u>90.00</u>	$\frac{\$1,551.00 \times 1.63}{8 \times 0.625}$	<u>\$ 505.57</u>
1,551.00		
	COSTO DIRECTO HORA MAQUINA	\$ 3,380.82 Hr.

CALCULO COSTO HORARIO DE OPERACION DE MAQUINARIA  
COMPRESOR DE AIRE ATLAS COPCO

PRECIOS DE ADQUISICION DE LA MAQUINA	\$ 5'050,000.00
VALOR DE RESCATE	1'262,500.00

DATOS GENERALES:

VIDA ECONOMICA 8 AÑOS. - 1,000 HR/AÑO  
 FACTOR DE OPERACION 5/8 = 0.625  
 POTENCIA DE OPERACION 130 x 0.8 H.P.

CARGOS FIJOS:

DEPRECIACION	$\frac{\$ 5'050,000 - 1'262,500}{8,000 \text{ Hr.}}$	\$ 473.44
INVERSION	$\frac{\$ (5'050,000 + 1'262,500) \times 0.5}{2 \times 1,000 \text{ Hr.}}$	1,578.13
SEGUROS	$\frac{\$ (5'050,000 + 1'262,500) \times 0.02}{2 \times 1,000 \text{ Hr.}}$	63.12
ALMACENAJE	0.01 X 473.44	4.73
MANTENIMIENTO	2.00 X 413.44	946.88
	SUMA CARGOS FIJOS POR HORA	\$ 3,066.30

CONSUMOS:

COMBUSTIBLES	0.17 X (130 X 0.8) X \$40.00	\$ 707.20
LUBRICANTES	0.004 X (130 X 0.8) X \$234.76	97.66
	SUMA CONSUMOS POR HORA	\$ 804.86

OPERACION:

OPERADOR	\$ 1,187.00	
OSERO	400.00	
	\$ 1,587.00	
	$\frac{\$ 1,587.00 \times 1.63}{8 \times 0.625}$	\$ 517.36
	COSTO DIRECTO HORA MAQUINA	\$ 4,388.52 Hr.

CALCULO COSTO HORARIO DE OPERACION DE MAQUINARIA  
REVOLVEDORA MIPSÁ

PRECIOS DE ADQUISICION  
DE LA MAQUINA \$ 2'500,000.00

DATOS GENERALES:

VIDA ECONOMICA 4 AÑOS. ~ 1,000 HR/AÑO.

FACTOR DE OPERACION 6/8 = 0.75

POTENCIA DE OPERACION 40 X 0.8 H.P.

CARGOS FIJOS:

DEPRECIACION	$\frac{\$ 2'500,000.00}{4,000 \text{ Hr.}}$	\$ 625.00
INVERSION	$\frac{\$ ( 2'500,000.00 ) \times 0.5}{2,000 \text{ Hr.}}$	625.00
SEGUROS	$\frac{\$ ( 2'500,000.00 ) \times 0.02}{2,000 \text{ Hr.}}$	25.00
ALMACENAJE	0.01 X 625.00	6.25
MANTENIMIENTO	1.0 X 625.00	<u>625.00</u>
	SUMA CARGOS FIJOS POR HORA	\$ 1,906.25

CONSUMOS:

COMBUSTIBLES	0.17 X ( 40 X 0.8 ) X \$55.00	299.20
LUBRICANTES	0.004 X ( 40 X 8.0 ) X \$234.76	<u>30.05</u>
	SUMA CONSUMOS POR HORA	\$ 329.25

OPERACION :

OPERADOR	\$ 1,846.79	
OBRERO	$\frac{200.00}{6 \times 0.75}$	\$ 2,046.79 X 1.63
	\$ 2,046.79	<u>\$ 556.04</u>
	COSTO DIRECTO HORA MAQUINA	\$ 2,791.54Hr.

CALCULO COSTO HORARIO DE OPERACION DE MAQUINA  
CRIBA DE 3 CAMAS VIBRATORIA

PRECIOS DE ADQUISICION  
DE LA MAQUINA \$ 6'750,000.00  
VALOR DE RESCATE 1'687,500.00

DATOS GENERALES:

VIDA EFECTIVA 6,000 HORAS  
POTENCIA 2.5 H.P. 1,000 HR/AÑO.  
MERMAS 4/8 = 0.5

CARGOS FIJOS:

INVERSION	$\frac{\$ 6'750,000.00 + 1'687,500 \times 0.5}{2 (1000) \text{ Hr.}}$	\$ 2,109.38
SEGUROS	$\frac{\$ 6'750,000.00 + 1'687,500 \times 0.02}{2 (1000) \text{ Hr.}}$	84.38
ALMACENAJES	843.75 X 0.01	8.44
MANTENIMIENTO		<u>843.75</u>
	SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA	\$ 3,045.95

CONSUMOS:

COMBUSTIBLES	20 KWH X 53.33	1,066.60
LUBRICANTES	0.006 X 239.00 X 20	<u>28.68</u>
	SUMA DE CONSUMOS POR HORA	\$ 1,095.28

OPERACION:

1 OPERADOR	1,555.24	$\frac{\$ 5,105.10 \times 1.63}{8 \times 0.5}$	2,080.32
1 AYUDANTE	1,070.26		
2 PEONES	2(1,014.80)		
BONIF.	<u>450.00</u>		
	5,105.10		

COSTO DIRECTO HORA MAQUINA \$ 6,105.36 Hr.



## ANALISIS DE RECIOS UNITARIOS

CONCEPTO: ANALISIS BASICOS (1)  
SUMINISTRO DE AGUA PARA CONCRETOS.

## I EQUIPO

A)	Bomba de 4" de diámetro para extracción y carga. Costo horario - - - \$ 973.89 rinde 25 m <sup>3</sup> /hr. carga = $\frac{\$ 973.89}{25 \text{ M}^3/\text{Hr.}}$	\$ 38.96
B)	Camión pipa en acarreo capacidad 8 - M3. tiempo activo. Carga, descarga- y espera: 0.6 Hr. tiempo ida y vuelta: 0.30 Hr. costo inactivo: 0.6x1,271.46= \$ 762.88 costo activo 0.30x4,247.42= \$ 1,274.23 \$ 2,037.11 Rinde: 9 M <sup>3</sup> /Hr. Cargo = $\frac{\$ 2,037.11}{9 \text{ M}^3/\text{Hr.}}$	\$ 226.35
	Costo Directo	\$ 265.31 M <sup>2</sup>

126  
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO: ANALISIS BASICO (2)  
OBTENCION DE ARENA PARA CONCRETOS.

DIC. 1985

I	Equipo		
A)	Tractor D-8K en democi3n de tama1os mayores y apile de grava arena costo horario: \$ 19,927.72 rinde: 150 M3/Hr.		
	cargo = $\frac{19,927.72}{150 \text{ M}^3/\text{Hr.}}$ =	\$	132.85
B)	Payloader 920 en carga al transporte costo horario: \$ 6,133.39 rinde: 60 M3/Hr.		
	cargo = $\frac{6,133.39}{60 \text{ M}^3/\text{Hr.}}$ =		102.22
C)	Camion volteo cap. 6 M3. para transporte de la criba vibratoria. tiempo inactivo en carga, decarga y espera : 0.25 Hr. tiempo activo en acarreo, ida y v.- 0.18 costo inactivo \$ 1,271.46 x - 0.25 = 317.87		
	costo activo \$ 4,247.42 x 0.18 = $\frac{764.54}{1,082.41}$		
	rinde 12 M3/Hr.		
	cargo $\frac{1,082.41 \times 1.35 \text{ abundamiento}}{12}$		121.77
D)	Criba vibratoria para clasificaci3n de mat. costo horario \$ 6,105.36 rinde 25 M3. con 60% de mats. approvechable.		
	cargo = $\frac{6,105.36}{25 \times 0.60}$ =		407.02
E)	Camion volteo 6 M3. en acarrea al almacen		
	cargo = mismo de I. C	\$	121.77

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

## II Materiales

## A) Agua para lavado de material

carga = 0.200 M3. x 265.31

\$ 53.06

Costo Directo

\$ 938.69 m<sup>3</sup>

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO: ANALISIS BASICO (3)  
 OBTENCION DE GRAVAS PARA CONCRETOS CONVENCIO  
 NALES Y CONCRETO RODILLADO.

DIC. 1985.

I	Obtención de gravas de 3" a malla No. 4		
A)	Barrenación.		
	1 compresor 300 ft <sup>3</sup> /ml.	4,388.52	
	1 Stenuik ( track drill)	<u>3,380.82</u>	
		7,769.34	
	rinde 5 ml/hora		
	cargo $\frac{\$7,769.34}{5 \text{ M/Hr.}}$	1,553.87	
	1 M1 suelo = 3 M3.		
	1 M3. = $\frac{\$1,553.87}{3 \text{ M3}}$		\$ 517.96
B)	Barras para perforación		
	1 jgo.de barras con broca y zanco =		
	\$ 380,000.00		
	rendimiento 800 M1.		
	1 M3. = $\frac{\$380,000.00}{800. \times 3 \text{ M.}}$		158.33
C)	Materiales para voladura por M3.tovex		
	700 140 gr. x 700	98.00	
	cordón detonante 0.30x 147.16	44.10	
	fulminante 1/6x5.10	0.81	
	conector 1/3 x 4.33	1.70	
	nitrato de amonia 260grx 120	<u>31.20</u>	
		\$175.81	175.81
D)	Personal en voladura		
	1 poblador \$ 2,559.54	2,559.54	
	2 Aytes. 1,741.21	<u>3,482.42</u>	
		\$ 6,041.96	
	rinden 250 M3/turno		
	cargo $\frac{\$6,041.96}{250 \text{ M3}}$	24.16	\$ 876.25

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

II	Tractor D-8K en remoción y apile costo hora \$ 19,927.72 rinde 80 M3/Hora.			
	cargo $\frac{\$19,927.72}{80 \text{ M}^3}$		\$ 249.09	\$ 249.09
III	Carga y acarreo de banco trituradora			
A)	Carga traxcavo 995 L \$ 9,182.12 rinde 80 M3/Hr.			
	cargo $\frac{\$9,182.12}{80 \text{ M}^3} =$	114.77		
B)	Acarreo camión activo, acomodo tránsito 14 M sobre pendiente y descarga 15 min. - costo por hora \$ 4,247.42 6 M3.			
	cargo $\frac{\$4,247.42 \times 15}{6 \times 60 \text{ M}^3} =$			
	camión inactivo en carga y espera pa ra descarga en trituradora 10 min. costo hora 1,271.46			
	cargo $\frac{\$1,271.46 \times 10}{6 \times 60 \text{ M}^3} =$ 35.31	212.28		327.05
IV	Trituración total de 3" a malla de 4 costo planta \$ 22,370.67 rinde 60 M3.			
	cargo $\frac{\$22,370.67}{60 \text{ M}^3}$	372.84		372.84
V	Acarreo de quebradora a almacén camión de volteo en descarga y tránsito 7.5 min. costo hora \$ 4,247.42			
	cargo $\frac{\$4,247.42 \times 7.5}{6 \times 60 \text{ M}^3} =$ 88.48			
	camión en carga y espera en tolva a 5 - min. costo hora \$ 1,271.46			
	cargo $\frac{1,271.46 \times 5}{6 \times 60} =$ 17.65	\$ 106.13		106.13
	Costo directo grava 3" malla 4.-			\$ 1,931.36

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Para gravas de 1 1/2 a malla No. 4 se consideran los mismos conceptos excepto el rendimiento de la trituradora.

	costo sin trituración.	1,558.52	1,558.52
VI	Trituración total de 1 1/2 a malla No. 4 costo trituradora \$ 22,370.67 rinde 35 M3.		
	cargo $\frac{22,370.67}{35}$	639.16	<u>639.16</u>
	Costo grava 3" a malla No. 4		\$ 1,931.36 M3.
	Costo grava 1 1/2 a malla No. 4		\$ 2,197.68 M3.

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO: ANALISIS BASICO (4)  
CIMBRA DE MADERA.

Dic. 1985.

1	Materiales:		
	1 M2. de superficie de contacto		
	madera		
	tableros	10.76	
	marcos para tableros ;	21.52	
	obra falsa	42.68	
		<u>\$ 74.96 P.T.</u>	

Para 1 M3. de concreto se requiere  
aproximadamente 4 M2. de cimbra;  
 $74.96 \times 4 = 299.84$  pie-tablón.  
costo pie-tablón. = \$ 228.69

$$\text{cargo} = \frac{\$299.84 \times 228.69}{5 \text{ usos}} = \$ 13,714.08$$

2 Habilitados: tableros, herrajes, tru  
queles: 15% costo de madera.

$$\text{cargo} = \$13,714.08 \times 0.15 = \$ 2,057.11$$

Costo Directo \$ 15,771.19 M3/Conc.

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.

CONCEPTO: FABRICACION Y COLOCACION DE CONCRETO  
COMPACTADO CON RODILO EN LA CORTINA.

DI. 1985.

I MATERIAL			
A)	Grava 3" a malla # 4 costo M3. según análisis básico (3) \$ 1,931.36 utilizar 1.2 por abundamiento.	\$ 2,317.63	
B).	Carga payloader 920 \$ 6,133.39 hr. rinde 80 M3. \$ 6,133.39 x 1.2	92.00	
C)	Acarreo según análisis básico (3) V= 106.13 x 1.2	127.35	\$ 2,536.98
II			
A)	Arena según análisis básico utilizar -- 300 lts. x 1.2 abun. 938.69.	337.93	
B)	Carga igual a (I B) x 0.30 acarreo igual (I C) x 0.30	27.60 38.20	403.73
III			
	Ceniza Volante carga de almacen a planta igual a (I B) x 0.07	6.44	
	acarreo del almacen a planta igual a -- (I C) x 0.07,	8.91	15.35
IV			
	Cemento se almacena en silos junto a la planta transportados por bandas a gusano incluidos en planta dosificadora.	0.00	0.00
V			
	Revoltura. planta estabilizadora de paletas, bandadas, tolvas de agregados, fidere de dosificación costo hora \$ 14,010.99 y rinde de M3. sueltos 100 abundamiento sueltos a compacto 1.4 cargo = $\frac{14,010.99}{100}$ .	\$ 140.11	\$ 140.00
VI			
	Acarreo mezcla de planta a cortina. camión activo. en acarreo de descarga y tránsito tiempo estimado 10 min. costo-hora \$ 4,247.42 abun. 1.4		
	cargo $\frac{\$ 4,247.42 \times 10 \times 1.4}{60 \times 60} = 165.18$		
	Camión inactivo en carga y espera 10-min. costo hora 1,271.46.		
	cargo $\frac{\$ 1,271.46 \times 10}{6 \times 60} = 35.32$	\$ 200.50	\$ 200.50



## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

VII	Tendido y conformado			
	Tractor CAT D-6	\$ 10,998.16 hr.		
	rinde 70 m <sup>3</sup> /hr.			
	cargo \$ <u>10,998.16</u>		157.11	157.11
	70			
VIII	Compactación			
	dinapac CA-25	\$ 8,580.50		
	comp. 13T-9	4,407.17		
		\$ <u>12,987.67</u>		
	rinde 70 m <sup>3</sup> /hr.			
	cargo \$ <u>12,987.67</u>		185.54	185.54
	70			
IX	Agua para mezcla y curado 0.6 m <sup>3</sup> --			
	costo según analisis basico (1) ---			
	265.31 cargo 0.6 x 265.31		159.19	<u>159.19</u>
	Costo Directo			\$ 3,798.51
	42% Indirecto y Utilidad			\$ 1,595.37
	Precio Unitario			\$ 5,393.88 M3

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO: FABRICACION Y COLOCACION DE CONCRETO  
CONVENCIONAL CUYA RESISTENCIA SEA --  
F'c=150 kg/cm<sup>2</sup>.

Dic. 1985.

1	Materiales		
A)	Grava		
A.1	Suministro de análisis básico (3)		
	1.00 x 2,197.69 x 1.02 =	\$ 2,241.63	
A.2	Carga en Almacén		
	1 payloader costo horario	\$ 6,133.39	
	rinde 80 M <sup>3</sup> /Hr.		
	$\frac{\$6,133.39}{80 \text{ M}^3} =$	76.67	
A.3	Acarreo a la revolvedora del agua básico (2)		
	Concepto 1-C = 121.77		
	cargo = \$2,440.07	\$ 2,440.07	
B)	Arena		
	suministro de análisis básico (2)		
	0.500 x \$ 938.69 x 1.02 =	478.73	
B.2	Carga en almacén		
	Misma de 1-A-2 ) =	76.67	
B.3	Acarreo a la revolvedora		
	misma de 1-A-3) = \$ 121.77		
	cargo \$ 677.17	677.17	
C)	Agua para concretos del análisis básico (1)		
	0.170 x \$ 265.31 =	\$ 45.10	45.10
D)	Cimbra:		
	del análisis básico (4)		
	30% de \$ 15,771.19 =	\$ 4,731.36	
E)	Cemento:		
E.1	Carga en almacén y descarga en el sitio de la obra		

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

4 peones \$ 1,650.98 = 6,603.92  
 rinden:  $\frac{80 \text{ Ton/Jor.}}{2.6} = 30.8 \text{ M3/Jor.}$

cargo =  $\frac{6,603.92}{30.8} =$  \$ 214.41

- E.2 Acarreo del almacén a la revolvedora  
 camión volteo capacidad = 10 ton. ÷ -  
 2.6 = 3.85 M3.

tiempo carga y descarga: 0.75  
 costo inactivo:  $1,271.46 \times 0.75 = \$ 958.60$   
 costo activo.  $4,247.42 \times 0.25 = 1,061.86$   
 \$ 2,015.46

rinde 3.85 M3./Jor.

cargo =  $\frac{2,015.46 \times 0.108}{3.85} =$  56.54

2 MANO DE OBRA:

- A) Fabricación y colocación de concreto.  
 1 cabo \$ 2,411.19 = \$ 2,411.19  
 3 oficiales 2,411.19 = 7,233.57  
 11 peones 1,650.98 18,160.78  
 27,805.54

rinde: 25 M3/Jor.

cargo =  $\frac{27,805.54}{25} =$  1,112.26

- B) Cimbra y descimbra  
 1 carpintero \$ 2,242.26 = \$ 2,242.26  
 2 ayudantes 1,741.21 = 3,482.42  
 5,724.68

rinden el equivalente de encachetado a  
 15 M3. Conc./Jor.

$\frac{5,724.68}{15} =$  381.65

- C) Herramienta:  
 3% de 2-A) x 2-B)  
 ( 695.14 + 286.23 ) x 0.03 = \$ 29.44

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

3.0) Elaboración de concretos.  
revolvedora de 2 sacos  
costo horario \$ 2,791.54  
rinde 8 M3/Hr.

cargo = $\frac{2,791.54}{8}$ =	\$ 348.94
costo directo.-	\$ 10,036.94
42% indirectos y utilidad	<u>4,215.51</u>
Precio Unitario.-	\$ 14,252.45 M <sup>3</sup>

13/  
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

CONCEPTO: FORMAS PREFABRICADAS DE CONCRETO CONVENCIONAL PARA EL PARAMENTO AGUAS ARRIBA DE LA CORTINA.

DIC. 1985.

I	MATERIAL		
A)	Moldes de lámina negra caliente No. 10 - 1.96M2 X 27.48Kg./m2 x 320.00/kg.=17,235.20		
B)	Ang. 1 1/2"X3/16" para refuerzo: 15.91MX2.68 kg/M.X334.00/kg.= 14,241.36		
	cargo = $\frac{17,235.20 + 14,241.36}{75 \text{ usos}}$ =	\$	419.69
C)	Diesel para curado de las formas: cargo = 0.10 lts./pza. X 40	\$	4.00
	Agregados para concreto (Vol. de concreto = 0.133 M3)		
A)	Grava del concepto análisis básicos No. 3 \$ 2,197.68 m3 X 0.133 m3/pza.	\$	292.29
B)	Arena del concepto análisis básicos No. 2 \$ 938.69 m3 X 0.133 M3	\$	124.85
C)	Agua para concretos del concepto análisis básicos No. 1 \$ 265.31 m3 X 0.133 m3/pza.	\$	35.28
D)	Cemento \$ 304.18 m3 X 0.133 m3/pza.	\$	40.46
II	MANDO DE OBRA		
A)	Fabricación y colocación de concreto en las formas		
	1 cabo \$ 2,411.19 = \$ 2,411.19		
	3 Albañiles 2,411.19 = 7,233.57		
	11 Peones 1,650.98 = <u>18,160.78</u>		
			\$ 27,805.54
	Rinden/20pzas./Jor.		
	cargo = $\frac{27,805.54}{20}$ =	\$	1,390.27
B)	Herramienta 3% de 2-A \$ 1,390.27 X 0.03	\$	41.71
C)	Cimbra, descimbra, limpieza de moldes y curado de las formas.		
	1/2 cabo \$ 2,411.19 = \$ 2,411.19		
	5 Peones 1,650.98 = <u>\$ 8,254.90</u>		
			9,460.50

## ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

	rinden: 20 formas / Jor.	
	cargo = $\frac{9,460.50}{20}$	\$ 473.03
III	Elaboración de concreto revolvedora de 1 saco eficiencia 25% costo horario 982.14 - 0.25 rinde 2.66 m <sup>3</sup> /hr. = 20 formas/hr.	
	cargo = $\frac{3,928.56}{20}$	196.43
B)	Vibrado: Vibrador de chicote costo horario \$ 650.00 rinde 25 M <sup>3</sup> /Hr. = 188 formas/hr.	
	cargo = $\frac{650}{188}$	3.46
C)	Acarreo de las formas al sitio de - colocación camión volteo cap. 15 formas/viaje tiempo inactivo carga y descarga: - 0.10 Hr. costo inactivo \$ 1,271.46 X 0.8 = 1,017.17 costo activo 4,247.42 X 0.1 = 424.74 \$ 1,441.91	
	rinde 15 formas/hr.	
	cargo = $\frac{1,441.91}{15}$	96.13
D)	Colocación de las formas en la cortina 1 malacate costo horario \$ 760.00 rinde 6 pzas/hr.	
	cargo = $\frac{760.00}{6}$	126.67
IV	Curado de las formas antisol blanco \$ 190.00 Lts. 1 lt. rinde 1.6formas	
	cargo = $\frac{190.00}{1.6}$	118.75
	Costo Directo	\$ 3,363.02
	42% Indirectos y Utilidad	<u>1,412.46</u>
	Precio Unitario	\$ 4,775.48

LOS PRECIOS ANALIZADOS MUESTRAN LA DIFERENCIA ECONÓMICA QUE EXISTE ENTRE EL CONCRETO CONVENCIONAL Y EL COMPACTADO CON RODILLO, DE APROXIMADAMENTE 63%.

DE ACUERDO CON EL CRITERIO EMPLEADO EN LA DOSIFICACIÓN DE CEMENTO EN CONCRETOS CONVENCIONALES CON RESISTENCIA APROXIMADA DE  $150 \text{ KG/CM}^2$  PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CORTINAS DE GRAVEDAD, NORMALMENTE SE UTILIZA UN CONSUMO DE  $300 \text{ KG/M}^3$ .

DE ACUERDO CON LOS RESULTADOS DE LABORATORIO OBTENIDOS DE DIFERENTES ESTRUCTURAS DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, CUANTIFICADOS EN LA TABLA III-A, SE PUEDE OBSERVAR UN CONSUMO APROXIMADO DE  $125 \text{ KG/M}^3$  DE CEMENTO, PARA OBTENER UNA RESISTENCIA DE  $150 \text{ KG/CM}^2$  A 28 DÍAS, ESTO SIGNIFICA UNA DISMINUCIÓN EN EL CONSUMO DE CEMENTO DE APROXIMADAMENTE EL 60%.

AUNADO A ESTAS VENTAJAS, ES IMPORTANTE MENCIONAR QUE EL AHORRO EN TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN, OBTENIDO POR EL ALTO RENDIMIENTO DE COLOCACIÓN DEL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO, ES QUIZÁ LA CONDICIÓN MÁS IMPORTANTE, DEBIDO AL AUMENTO CONSTANTE EN LOS COSTOS, MOTIVADOS POR LA ALTA INFLACIÓN Y LOS PERÍODOS DE TRABAJOS, QUE SE VEN REDUCIDOS POR LAS TEMPORADAS DE LLUVIA Y EL AUMENTO EN LOS CAUCES DE LOS RÍOS.

EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA LA MANZANILLA, SE ESTIMA COLAR UN PROMEDIO DE  $300 \text{ M}^3$  DE CONCRETO COMPACTADO CON RO-

RILLO, PROPONIÉNDOSE COLAR LOS 39,000 M<sup>3</sup>, EN UN PERÍODO MENOR DE 6 MESES. LA CONSTRUCCIÓN DE ESTA PRESA CON CONCRETO CONVENCIONAL REQUERIRÁ DE MAYOR TIEMPO, PUESTO QUE EL COLADO DE BLOQUES MONOLÍTICOS SE LIMITARÍA A VOLÚMENES DE 1.50x1.50x3.00 M ALTERNADOS, LO QUE INDUDABLEMENTE PROLONGARÍA EL TIEMPO DE TERMINACIÓN DE LA OBRA.

## B) PRESAS DE MATERIALES GRADUADOS

EL GRAN AVANCE TECNOLÓGICOS QUE HA TENIDO LA MAQUINARIA PESADA, HA INFLUIDO ENORMEMENTE EN LA EFICIENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN DE CORTINAS DE MATERIALES GRADUADOS, DEBIDO A QUE PRÁCTICAMENTE TODA LA CORTINA SE CONSTRUYE A BASE DE MAQUINARIA PESADA Y MUY Poca MANO DE OBRA.

LA PROPORCIÓN DE PRESAS CONSTRUIDAS CON CONCRETO CONVENCIONAL HA DISMINUIDO DESDE EL 35% QUE SE TENÍA EN 1960, HASTA MENOS DEL 20% DURANTE LOS ÚLTIMOS 5 AÑOS.

AUNQUE LAS CORTINAS DE MATERIALES GRADUADOS CUENTAN CON UN MÉTODO CONSTRUCTIVO CONTINUO, TIENEN MAYORES INCONVENIENTES QUE LAS DE CONCRETO, COMO SON: MAYOR VOLUMEN POR COLOCAR, DIFICULTAD PARA ENCONTRAR MATERIALES IDÓNEOS, LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES PUEDEN CAMBIAR, NO SE CONOCE CON EXACTITUD LA INTERACCIÓN DE LOS MATERIALES, REQUIERE DE DIFERENTES EQUIPOS DE COMPACTACIÓN, EL VERTEDOR SE CONSTRUYE FUE-



RA DE LA CORTINA REQUIRIENDO DE OTRA ESTRUCTURA, Y QUE LAS CORTINAS DE MATERIALES GRADUADOS NO RESISTEN DESBORDAMIENTOS SOBRE ÉSTAS. ESTOS INCONVENIENTES SE REFLEJAN EN LOS COSTOS Y EL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN.

### C) PRESAS DE CONCRETO CONVENCIONAL

ES IMPORTANTE NOTAR QUE HAN EXISTIDO GRANDES AVANCES TECNOLÓGICOS EN LOS MÉTODOS DE DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CORTINAS DE CONCRETO CONVENCIONAL. EN LA ACTUALIDAD, EXISTEN MÉTODOS DE DISEÑO SOFISTICADOS EMPLEANDO PROGRAMAS DE ELEMENTO FINITO POR COMPUTADORA, EN CAMBIO EL MÉTODO CONSTRUCTIVO PARA GRANDES MONOLITOS DE CONCRETO EN LAS CORTINAS DE CONCRETO, HA VARIADO POCO DESDE HACE VARIAS DÉCADAS.

EL MÉTODO CONSTRUCTIVO DE ESTOS GRANDES MONOLITOS DE CONCRETO, ES UN PROCESO SEMICONTINUO Y REQUIERE DE GRAN CANTIDAD DE MANO DE OBRA. ÉSTO SE DEBE A LA NECESIDAD DE PROPORCIONAR JUNTAS DE CONTRACCIÓN, GRANDES CANTIDADES DE CIMBRA Y SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO, TANTO COMO PARA EL CONCRETO, COMO PARA LOS AGREGADOS.

OTRO PROBLEMA QUE HACE A ESTE MÉTODO CONSTRUCTIVO SEMI CONTINUO Y LENTO, ES EL PROCESO EXOTÉRMICO DE LA HIDRATACIÓN DEL CEMENTO, QUE IMPONE LIMITACIONES EN LA VELOCIDAD DE COLADO Y LA NECESIDAD DE UTILIZAR JUNTAS DE CONTRACCIÓN. AUNQUE EL

RA DE LA CORTINA REQUIRIENDO DE OTRA ESTRUCTURA, Y QUE LAS CORTINAS DE MATERIALES GRADUADOS NO RESISTEN DESBORDAMIENTOS SOBRE ÉSTAS. ESTOS INCONVENIENTES SE REFLEJAN EN LOS COSTOS Y EL TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN.

### C) PRESAS DE CONCRETO CONVENCIONAL

ES IMPORTANTE NOTAR QUE HAN EXISTIDO GRANDES AVANCES TECNOLÓGICOS EN LOS MÉTODOS DE DISEÑO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CORTINAS DE CONCRETO CONVENCIONAL. EN LA ACTUALIDAD, EXISTEN MÉTODOS DE DISEÑO SOFISTICADOS EMPLEANDO PROGRAMAS DE ELEMENTO FINITO POR COMPUTADORA, EN CAMBIO EL MÉTODO CONSTRUCTIVO PARA GRANDES MONOLITOS DE CONCRETO EN LAS CORTINAS DE CONCRETO, HA VARIADO POCO DESDE HACE VARIAS DÉCADAS.

EL MÉTODO CONSTRUCTIVO DE ESTOS GRANDES MONOLITOS DE CONCRETO, ES UN PROCESO SEMICONTINUO Y REQUIERE DE GRAN CANTIDAD DE MANO DE OBRA. ESTO SE DEBE A LA NECESIDAD DE PROPORCIONAR JUNTAS DE CONTRACCIÓN, GRANDES CANTIDADES DE CIMBRA Y SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO, TANTO COMO PARA EL CONCRETO, COMO PARA LOS AGREGADOS.

OTRO PROBLEMA QUE HACE A ESTE MÉTODO CONSTRUCTIVO SEMICONTINUO Y LENTO, ES EL PROCESO EXOTÉRMICO DE LA HIDRATACIÓN DEL CEMENTO, QUE IMPONE LIMITACIONES EN LA VELOCIDAD DE COLADO Y LA NECESIDAD DE UTILIZAR JUNTAS DE CONTRACCIÓN. AUNQUE EL

EMPLEO DE CEMENTO POZOLÁNICO O CON MODERADO CALOR DE HIDRATACIÓN AYUDA UN POCO A SOLUCIONAR ESTE PROBLEMA, SE LIMITA AÚN LA VELOCIDAD DE COLADO.

LAS MODERNAS E INMENSAS DOSIFICADORAS DE CONCRETO HAN RESULTADO DE POCA AYUDA PARA EL AUMENTO DEL RENDIMIENTO, PUES QUE LA COLOCACIÓN Y EL VIBRADO, COMO LA FABRICACIÓN DE LA CIMBRA, SON LOS FACTORES LIMITANTES DEL BAJO RENDIMIENTO. ESTA BAJA EFICIENCIA EN EL MÉTODO CONSTRUCTIVO, HA OCASIONADO QUE LOS COSTOS DEL CONCRETO MASIVO AUMENTEN CONSIDERABLEMENTE, EN COMPARACIÓN CON LOS DE CORTINAS DE MATERIALES GRADUADOS.

LAS CORTINAS DE CONCRETO CONVENCIONAL CUENTA, COMO PODEMOS VER, BÁSICAMENTE CON DOS INCONVENIENTES: UN MÉTODO CONSTRUCTIVO, LENTO Y SEMICONTINUO Y, POR CONSECUENCIA ALTOS COSTOS DE CONSTRUCCIÓN.

#### D) CORTINAS DE CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO

EL MATERIAL ÓPTIMO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CORTINAS DE GRAVEDAD, SERÁ AQUÉL QUE CONJUNTE LAS VENTAJAS DE LOS MATERIALES GRADUADOS Y DEL CONCRETO CONVENCIONAL ES DECIR, SERÁ AQUÉL MATERIAL CON EL QUE RESULTE MENOR VOLUMEN POR COLOCAR Y CUYAS CARACTERÍSTICAS SEAN DEFINIDAS, CONFIABLES Y NO SUJETAS A POSIBLES CAMBIOS, QUE NO EXISTA GRAN DIFICULTAD PARA ENCONTRAR MATERIALES IDÓNEOS PARA SU ELABORACIÓN, QUE NO REQUIERA DE DI

FERENTES EQUIPOS DE COMPACTACIÓN PARA SU CONSTRUCCIÓN, QUE EL VERTEDOR PUEDA CONSTRUIRSE SOBRE LA MISMA CORTINA, QUE RESISTA DESBORDAMIENTOS SOBRE LA CORTINA, SEA TERMINADO O EN CONSTRUCCIÓN, QUE NO EXISTAN LIMITACIONES EN LA VELOCIDAD DE COLADO IMPUESTAS TANTO POR EL PROCESO EXOTÉRMICO DE HIDRATACIÓN DEL CEMENTO COMO POR LA UTILIZACIÓN DE CIMBRAS EN AMBAS CARAS DE LA CORTINA Y CUYO MÉTODO CONSTRUCTIVO SEA RÁPIDO Y CONTINUO CON ALTOS RENDIMIENTOS EN SU COLOCACIÓN, UTILIZANDO LA MODERNA MAQUINARIA DE CONSTRUCCIÓN PESADA.

ADEMÁS DE POSEER ESTAS CARACTERÍSTICAS, LA ECONOMÍA EN EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO DERIVA PRINCIPALMENTE DEL BAJO CONTENIDO DE CEMENTO, PARA OBTENER RESISTENCIAS COMPARABLES A LAS DEL CONVENCIONAL.

NO SE PRETENDE PRESENTAR EL CONCRETO COMPACTADO CON RODILLO COMO LA OPTIMIZACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE CORTINAS DE GRAVEDAD, YA QUE CADA PROYECTO CUENTA CON SUS PROPIAS LIMITANTES, QUE DETERMINAN LA DECISIÓN DEL TIPO POR CONSTRUIR.

SÓLO SE PRETENDE PRESENTAR ESTE CONCRETO COMO OTRA ALTERNATIVA POR EVALUAR, CONTRA LAS DE MATERIALES GRADUADOS O LAS DE CONCRETO CONVENCIONAL, EN LA CONSTRUCCIÓN DE PRESAS DE GRAVEDAD.

## B I B L I O G R A F I A

1. ERNEST K. SCHRADER  
"ROLLER COMPACTER CONCRETE"  
CONCRETE CONSTRUCTION  
SEPTIEMBRE, 1982.
2. ERNEST K. SCHRADER  
"THE FIRST CONCRETE GRAVITY DAM DESIGN AND BUILT FOR ROLLER COMPACTED CONSTRUCTION METHOD".  
CONCRETE INTERNATIONAL  
OCTUBRE, 1982.
3. A C I (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE)  
"ROLLER COMPACTED CONCRETE"  
COMITE 207  
WALTER H. PRICE CHAIRMAN 1980.
4. ING. ANTONIO MOSQUEDA TINOCO  
"PRESAS DE CONCRETO RODILLADO"  
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO  
EXPERIMENTAL DE LA SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS.  
MÉXICO, D.F., OCTUBRE 1985.

5. S.A.R.H.  
"ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN PARA  
LA PRESA LA MANZANILLA"  
DIRECCIÓN GENERAL DE IRRIGACIÓN Y DRENAJE DE LA  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS  
LEÓN, GTO., DICIMEBRE 1985.
  
6. F. HOLLING WORTH & F.H. DRUYTS  
"EXPERIMENTAL USE POR FOLLCRETE ON SECTIONS OF A  
CONCRETE GRAVITY DAM"  
XV CONGRESO DE GRANDES PRESAS  
LAUSANA, 1985.
  
7. TEKESHI YAMAUCHI & JOJI HARA & TERVO OKADA &  
SHOILHI SHIMADA.  
"CONSTRUCTION OF TAMAGAWA DAM BY R.C.C. METHOD"  
XV CONGRESO DE GRANDES PRESAS  
LAUSANA, 1985.
  
8. ALLAN T. RIDCHARDSON  
"UPPER STILL WATER DAM ROLLER COMPACTED CONCRETE  
DESIGN AND CONSTRUCTION CONCRETE"  
XV CONGRESO DE GRANDES PRESAS  
LAUSANA, 1985.
  
9. ERNEST K. SCHRADER  
"MONKSVILLE DAM- A ROLLER COMPACTED CONCRETE  
WATER SUPPLY STRUCTURE"  
XV CONGRESO DE GRANDES PRESAS  
LAUSANA, 1985.

10. ERNEST K. SCHRADER,  
"SEMINARIO DE CONCRETO RODILLADO"  
APUNTES Y CONFERENCIAS  
I.C.A. GUADALAJARA, JAL.  
MAYO, 1986.
  
11. PORTLAND CEMENT ASSOCIATION  
"PRESAS PEQUEÑAS DE CONCRETO"  
EDITORIAL LIMUSA, S.A.  
MÉXICO, 1982.