

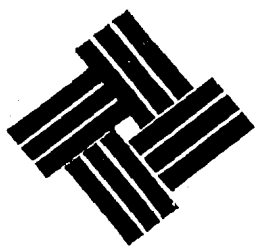
881215

6
24

UNIVERSIDAD ANAHUAC

ESCUELA DE INGENIERIA

Con estudios incorporados a la Universidad Nacional Autónoma de México



VINCE IN BONO MALUM

EL USO DEL CONCRETO LANZADO EN TUNELES

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
Ingeniero Civil
P R E S E N T A
SAADIA ZAGA RAFAEL
MEXICO, D. F. 1991



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.

C O N T E N I D O .

I. GENERALIDADES.....	1
1.1 DEFINICIÓN.....	1
1.2 RESEÑA HISTÓRICA.....	4
1.3 CARACTERÍSTICAS.....	8
1.4 USOS COMUNES.....	12
1.5 PROPIEDADES Y MATERIALES.....	22
II. MEZCLAS.....	37
2.1 IMPORTANCIA DE LA MEZCLA.....	37
2.2 MEZCLA HÓMEDA.....	39
2.3 MEZCLA SECA.....	45
III. EQUIPO.....	52
3.1 COMPRESOR DE AIRE.....	57
3.2 SUMINISTRO DE AGUA.....	62
3.3 LA LANZADORA.....	65
A) SOBRE RUEDAS DE ALIMENTACIÓN.....	67
B) RUEDA DE ALIMENTACIÓN TIPO BOULDER..	71
C) ALIMENTADA POR GRAVEDAD.....	74
D) TAMBOR ROTATORIO.....	78
3.4 LA BOQUILLA.....	83
3.5 LA MEZCLADORA.....	87
IV. TÉCNICAS DE APLICACION EN TUNELES.....	91
4.1 EL ACERO DE REFUERZO.....	93
4.2 JUNTAS EN EL CONCRETO LANZADO.....	97
4.3 TERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE.....	102
4.4 CURADO.....	107
4.5 CONTROL DE CALIDAD.....	109
A) RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	110
B) RESISTENCIA A LA TENSIÓN.....	113
C) RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.....	116
D) PRUEBA DE PERMEABILIDAD.....	118

V. METODO AUSTRIACO PARA PROYECTOS DE TUNELEO CON CONCRETO LANZADO..	123
5.1 PRINCIPIOS GENERALES DEL NUEVO METODO AUSTRIACO DE TUNELEO.....	125
5.2 ELEMENTOS A CONSIDERAR EN EL DISEÑO.....	128
5.3 PRESOSTENIMIENTO.....	131
5.4 CONSTRUCCION E INSTRUMENTACION.....	135
VI. CONCLUSIONES.....	140
VII. BIBLIOGRAFIA.....	146

I.

GENERALIDADES.

1.1 DEFINICIÓN.

EL CONCRETO LANZADO PUEDE DEFINIRSE COMO EL PROCEDIMIENTO DE ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE MORTERO O CONCRETO TRANSPORTADO A TRAVÉS DE UNA MANGUERA Y PROYECTADO NEUMÁTICAMENTE EN ESTADO FRESCO A GRAN VELOCIDAD SOBRE UNA SUPERFICIE, MANTENIÉNDOSE ESTABLE, COMPACTO Y SIN ESCURRIRSE SEA CUAL FUERE SU INCLINACIÓN. VER FIGURA 1.1.

SE PUEDEN RESUMIR LOS PASOS PRINCIPALES DE ESTE PROCEDIMIENTO COMO EL SUMINISTRO, LA DOSIFICACIÓN, EL MEZCLADO Y TRANSPORTE DE LOS MATERIALES; LA HUMECTACIÓN Y COLOCACIÓN DE LA MEZCLA, Y EL TERMINADO O ACABADO FINAL.

A TRAVÉS DEL TIEMPO, SE HAN DESARROLLADO DOS PROCEDIMIENTOS PARA EL LANZADO DEL CONCRETO. EL DE 'MEZCLA SECA' Y EL DE 'MEZCLA HÓMEDA', EN EL PRIMERO EL AGUA SE INCORPORA AL CHIFLÓN Y EN EL SEGUNDO SE LE AGREGA A LA MEZCLA PFEVIAMENTE.

A ESTE PROPÓSITO CABE SEÑALAR QUE EXISTEN VARIAS CONVENCIONES (NINGUNA DE ELLAS TOTALMENTE UNIVERSAL) PARA DISTINGUIR ENTRE LOS DOS

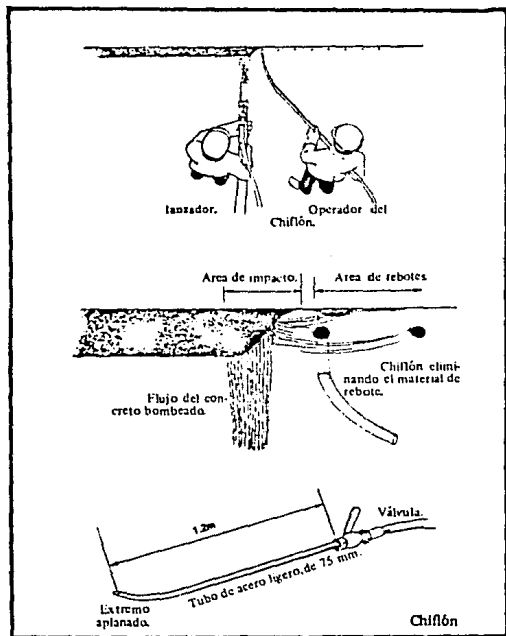


FIGURA 1.1

TIPOS DE MEZCLA. ASÍ, LA GUNITE CONTRACTORS ASSOCIATION HA ADOPTADO EL TÉRMINO GUNITA (GUNITE) PARA DENOMINAR AL MÉTODO SECO, Y EL TÉRMINO CONCRETO LANZADO (SHOTCRETE) PARA EL MÉTODO HÚMEDO. NO OBSTANTE, LA BSC G.T.GULLAN DE LA COMPAÑÍA HAY AND ANDERSON MANIFIESTA QUE LA DIFERENCIA BÁSICA QUE EXISTE ENTRE GUNITA Y CONCRETO LANZADO ESTÁ EN EL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO, QUE PARA LA GUNITA ES DE 5 MM. Y PARA EL CONCRETO LANZADO ES HASTA DE 30 MM., SIENDO ESTA ÚLTIMA LA QUE MAYOR ACEPTACIÓN HA TENIDO Y LA QUE SE TOMARÁ EN ADELANTE EN ESTE TRABAJO.

FINALMENTE, LAS CONDICIONES FUNDAMENTALES QUE RIGEN EL ÉXITO O FRACASO DEL CONCRETO LANZADO PARECEN SER SU APLICACIÓN INMEDIATA, GRAN IMPERMEABILIDAD HASTA CON ESPESORES DELGADOS, ADQUISICIÓN TEMPRANA DE RESISTENCIA, ESCASO REQUERIMIENTO DE CIMBRA, FACILIDAD DE USO SOBRE SUPERFICIES EN DONDE OTROS PROCEDIMIENTOS FRACASAN O PRESENTAN MUCHOS PROBLEMAS, NULO VIBRADO, ALTO RENDIMIENTO Y BAJO COSTO DE PRODUCCIÓN ENTRE OTRAS.

1.2 RESEÑA HISTÓRICA.

SE ATRIBUYE AL FAMOSO CAZADOR Y NATURALISTA NORTEAMERICANO CARL ÅKELEY EL DESCUBRIMIENTO DE LA TÉCNICA DE CONCRETO LANZADO. ÅKELEY IDEÓ UN MÉTODO NOVEDOSO A BASE DE MORTERO QUE ROCIABA SOBRE UN ARMAZÓN DE ALAMBRE PARA FORMAR GRANDES ANIALES CON EL FIN DE MONTAR EXPOSICIONES.

LOS RESULTADOS OBTENIDOS POR EL ESTADOUNIDENSE IMPRESIONARON A S.W. TAYLOR, QUIEN VISUALIZÓ SU EMPLEO EN TRABAJOS DE RECUBRIMIENTO EN LA CONSTRUCCION.

EN 1909 SE FORMÓ LA CEMENT GUN COMPANY DE ALLENTOWN, PENNSYLVANIA, U.S.A. QUIEN COMPRÓ A TAYLOR LOS DERECHOS SOBRE EL USO DEL EQUIPO, COMENZANDO ASÍ EL DESARROLLO DE ESTA TÉCNICA EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN.

EL DESARROLLO DE LA TÉCNICA EUROPEA OCURRIÓ TRAS LARGAS EXPERIENCIAS EN PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS Y OBRAS CIVILES TALES COMO:

EL TÓNEL LADANO-MOSAGNO DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO DE
MAGGIA EN SUIZA EN EL AÑO DE 1951.

1953-1954, PRUTZ-INST, AUSTRIA.

1955-1958, SCHWARZACH (LOS BIRØ), AUSTRIA.

EN EL AÑO DE 1956 SE PATENTÓ EN AUSTRIA UN MÉTODO DE APLICACIÓN DE CONCRETO LANZADO Y DESDE ENTONCES HA SIDO EMPLEADO MUY AMPLIAMENTE EN LOS PAÍSES DE LA REGIÓN DE LOS ALPES.

ASÍ, SE LOGRAN APLICACIONES EXITOSAS EN:

1957-1960, SERRA RIPOLI, ITALIA.

1956-1962, MONASTERO PRESSURE TUNNEL, ITALIA.

1960-1962, LA PLANICIA, VENEZUELA.

1962-1963, KAUNERTAL PUMPED STORAGE PROJECT, AUSTRIA:

CON CERCA DE 43 MILLAS DE TÚNELES.

1967, MILANO SUBWAY, ITALIA.

ENTRETANTO, LOS PAÍSES ESCANDINAVOS DESARROLLAN EN FORMA PARALELA TÉCNICAS DE CONCRETO LANZADO. DOS PROYECTOS HIDROELÉCTRICOS IMPORTANTES FUERON:

1956-1960, HOLJES, SUECIA.

1959-1969, LOSSENS, NORUEGA.

ACTUALMENTE, EN NORUEGA, EL PROCEDIMIENTO PARA LANZAR CONCRETO HÚMEDO REFORZADO CON FIBRAS SE EMPLEA EN UNA CRECIENTE GAMA DE APLICACIONES.

LA EXPERIENCIA SUECA HA SIDO EXPORTADA ALREDEDOR DEL MUNDO, PRINCIPALMENTE A LA INDIA, AFRICA, HONG KONG, MÉXICO Y SUDAMÉRICA.

USOS MÁS RECIENTES EN AMÉRICA Y ASIA SON:

1960-1962, LA TÉCNICA APLICADA EN VENEZUELA SE UTILIZA EN CHILE Y PERÚ.

1965-1966, JAPÓN SE INCORPORA AL DESARROLLO DEL CONCRETO LANZADO.

EN 1966 SE INTRODUCE EN LOS ESTADOS UNIDOS EL PROCEDIMIENTO DE 'MEZCLA SECA' COMO REVESTIMIENTO PRIMARIO EN TÚNELES Y DESDE ESA MISMA FECHA, EL PROCEDIMIENTO DE 'MEZCLA HÚMEDA' TAMBIÉN SE HA EMPLEADO AMPLIAMENTE.

1967-1968, CANADIAN NATIONAL RAILWAYS TUNNEL, CANADA.

1968, TEHACHAPI No.1 TUNNEL.

1968, TUNEL BALBOA.

EN MÉXICO SE ESTÁ UTILIZANDO EN GRANDES OBRAS DESDE HACE APROXIMADAMENTE VEINTE AÑOS, ENFOCÁNDOSE PRINCIPALMENTE AL REVESTIDO DE TIPO PROVISIONAL EN TÚNELES, FALTANDO POR DESARROLLAR AÚN OTRAS DE SUS MÚLTIPLES APLICACIONES EN EL CAMPO DE LA CONSTRUCCIÓN.

EN RESUMEN, LA EFECTIVIDAD DEL CONCRETO LANZADO APLICADO EN SOPORTE DE TÚNELES DE ROCA HA SIDO DEMOSTRADA PARA VARIEDAD DE CONDICIONES GEOLÓGICAS. SU USO ES VENTAJOSO EN SUELOS BLANDOS, PARTICULARMENTE EN SECCIONES TRANSVERSALES NO UNIFORMES. VER FIGURA 1.2

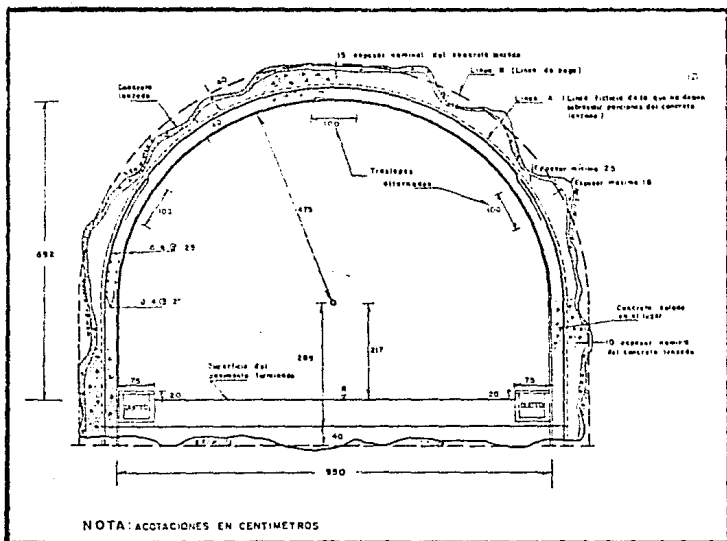


FIGURA 1.2 TUNEL DE SECCION IRREGULAR CON CONCRETO LANZADO.

1.3 CARACTERÍSTICAS .

EL EMPLEO DE CUALQUIERA DE LOS DOS MÉTODOS OFRECE VENTAJAS SOBRE EL CONCRETO CONVENCIONAL EN MUCHOS TIPOS DE TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN.

EL CONCRETO LANZADO ES FRECUENTEMENTE MÁS ECONÓMICO QUE EL CONCRETO COMÚN, DEBIDO A QUE NECESITA ÚNICAMENTE LA MITAD DE CIMBRA Y EN CIERTOS CASOS LA ELIMINA COMPLETAMENTE; ADEMÁS, SÓLO REQUIERE DE UNA PEQUEÑA PLANTA PORTATIL PARA MEZCLADO DE GRAN MANIOBRABILIDAD.

LOS MÉTODOS PERMITEN APLICAR EL MATERIAL EN FORMA RELATIVAMENTE RÁPIDA Y CON GRAN FLEXIBILIDAD Y SU USO ES RECOMENDADO CUANDO POR SISTEMAS TRADICIONALES SERÍA DIFÍCIL O IMPOSIBLE UTILIZAR CIMBRAS U OTROS MÉTODOS DE COLOCACIÓN DEL CONCRETO.

UNA VEZ APLICADO, EL CONCRETO SE DESEMPEÑA EN TODOS LOS ASPECTOS COMO UN CONCRETO CON RESISTENCIA IGUAL A LA DEL COLADO POR CUALQUIER OTRO MÉTODO.

EL CONCRETO LANZADO APLICADO CORRECTAMENTE ES UN MATERIAL ESTRUCTURAL VERSÁTIL, QUE POSEE GRAN DURABILIDAD Y UNA EXCELENTE ADHERENCIA CON EL CONCRETO, MAHPOSTERÍA, ACERO, MADERA Y OTROS MATERIALES. TIENE CARACTERÍSTICAS IMPERMEABLES AÓN EN SECCIONES DELGADAS.

LA SINGULARIDAD DEL CONCRETO LANZADO RADICA EN LA ELEVADA RESISTENCIA QUE SE LOGRA CON EL METODO SECO. CON ESTE MÉTODO ES POSIBLE OBTENER RESISTENCIAS A LA COMPRESIÓN DE 700 KG/CM², PERO ESTO TRAE CONSIGO EL COSTO DE UNA PÉRDIDA DE REBOTE DEL 25 AL 50 POR CIENTO.

EL MÉTODO HÚMEDO INHERENTEMENTE TIENE MENOR PÉRDIDA DE REBOTE, PERO SU LÍMITE MÁXIMO DE RESISTENCIA SUELE SER DE 280 A 350 KG/CM². EL EMPLEO DEL ADITIVO DE MICROSÍLICE, CON UN DISEÑO NORMAL DE MEZCLA PARA EL MÉTODO HÚMEDO, PERMITE LOGRAR RESISTENCIAS MUY ELEVADAS Y AHORRAR EN EL COSTO DE UNA PÉRDIDA DE REBOTE MUCHO MENOR. VER FIGURA 1.3.

EL ADITIVO TAMBIEN PRODUCE OTROS BENEFICIOS. SE HA DEMOSTRADO QUE EL CONCRETO CON MICROSÍLICE ES DE 10 A 100 VECES MENOS PERMEABLE, TIENE UNA REDUCCIÓN SIMILAR EN CUANTO A LA PENETRACIÓN DE IONES DE CLORURO Y POSEE EXCELENTE RESISTENCIA AL CICLO DE CONGELACIÓN Y DESCONGELACIÓN.

CON FRECUENCIA SE USA CONCRETO LANZADO QUE CONTENGA CEMENTO PORTLAND COMÚN COMO PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN ESTRUCTURAS EXISTENTES; PERO LAS MEZCLAS CON TABIQUE REFRACTARIO TRITURADO POSEEN PROPIEDADES REFRACTARIAS CONSIDERABLES Y SE USAN AMPLIAMENTE EN HORNOS DE TODOS TIPOS.

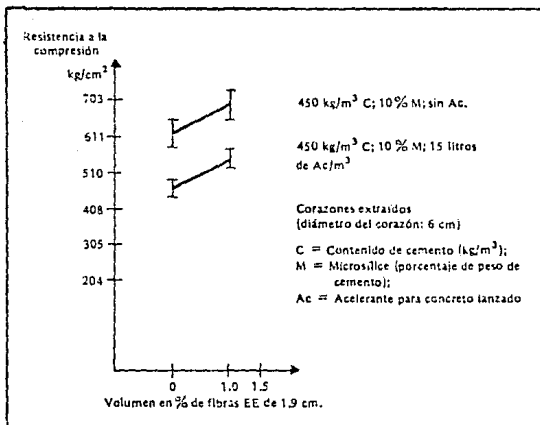


FIGURA 1.3

UNA DE LAS VENTAJAS PRINCIPALES DEL CONCRETO LANZADO REFRACTARIO ES EL HECHO QUE PUEDE COLOCARSE RÁPIDAMENTE EN GRANDES CANTIDADES EN ÁREAS VIRTUALMENTE INACCESIBLES, POR EJEMPLO EN LAS PARTES ELEVADAS DE LAS CHIMENEAS, O EN LOS RINCONES DE GRANDES HORNOS.

EL CONCRETO LANZADO SE COLOCA SIN ACERO DE REFUERZO EN ALGUNAS APLICACIONES. CON MÁS FRECUENCIA, SIN EMBARGO, SE APLICA SOBRE EL ACERO DE REFUERZO. LAS VARILLAS, O LA MALLA DE ALAMBRE, SE FIJAN A LA SUPERFICIE QUE VA A RECUBRIRSE. SE EMPLEAN SILLETAS O DISPOSITIVOS SIMILARES PARA MANTENER EL MATERIAL DE REFUERZO A LA DISTANCIA DESEADA DE LA SUPERFICIE.

LOS PERNOS DE ANCLAJE SON FRECUENTEMENTE UTILIZADOS EN TÚNELES EN COMBINACIÓN CON EL CONCRETO LANZADO CONTRIBUYENDO EN ESTA FORMA AL PRE-ESFUERZO DEL ARCO NATURAL DE LA ROCA.

EL CONCRETO LANZADO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO ES UNA OPCIÓN CONVENIENTE EN LUGAR DE OTRO TIPO DE REFUERZO. LOS AHORROS EN LOS COSTOS DEL MATERIAL TAL VEZ NO SEAN MUY GRANDES, PERO LOS AHORROS QUE RESULTAN EN TIEMPO Y MANO DE OBRA NECESARIOS, AL COLOCAR ACERO DE REFUERZO PUEDEN SER IMPORTANTES.

1.4 USOS COMUNES.

EXISTE UNA AMPLIA GAMA DE USOS DEL CONCRETO LANZADO TANTO EN CONSTRUCCIÓN PESADA COMO EN URBANA. ALGUNAS DE LAS APLICACIONES MÁS COMUNES SON EN:

- A) REVESTIMIENTO PRIMARIO EN TÓNELES.
- B) ESTABILIZACIÓN DE EXCAVACIONES.
- C) CIMENTACIONES PARABÓLICAS, HIPERBÓLICAS Y CÓNICAS.
- D) REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS MARINAS.
- E) COMO MATERIAL ESTRUCTURAL.
- F) EFECTOS ARQUITECTÓNICOS.
- G) ACABADOS FINOS.
- H) USOS ESPECIALES.

LA PRINCIPAL APLICACIÓN DEL CONCRETO LANZADO HA SIDO LA DE SOPORTE DE OBRAS SUBTERRÁNEAS Y PARTICULARMENTE EN EL REVESTIMIENTO PRIMARIO EN TUNELES. LA PRINCIPAL FUNCIÓN PARA ESTE TIPO DE OBRAS ES LA DE MANTENER LA ESTABILIDAD DE LA EXCAVACIÓN HASTA QUE SE DESARROLLE EN LA MASA ROCOSA UNA DISTRIBUCIÓN DE ESFUERZOS QUE QUEDE BAJO EL VALOR DE LA RESISTENCIA DE LA PROPIA MASA ROCOSA. VER FIGURA 1.2

OTRO USO COMÚN DE ESTA TÉCNICA ES LA DE ESTABILIZACIÓN DE TALUDES. EN TERRENOS DELEZNABLES SE PUEDEN SELLAR LAS CAPAS EXPUESTAS CON UNA CAPA DE CONCRETO LANZADO, IMPIDIÉNDOSE CON ESTO EL DESMORONAMIENTO Y LA PÉRDIDA DE TIERRA. VER FIGURA 1.4.

EN SUELOS BLANDOS SE HA HECHO CADA VEZ MÁS COMÚN EL USO DE CIMENTOS PARABÓLICOS, HIPERBÓLICOS Y CÓNICOS POR SU LIGEREZA, ECONOMÍA Y EFICIENCIA, EVITÁNDOSE ASÍ CIMENTACIONES DEMASIADO ANCHAS Y PROFUNDAS.

PARA CARGAS CONSIDERABLES, EL USO DEL CONCRETO LANZADO PERMITE LA OBTENCIÓN DE GRANDES PERALTES EN LOS CASCARONES DE DICHSO ELEMENTOS. VER FIGURA 1.5.

UNA CAPA DE CONCRETO LANZADO PUEDE PROTEGER Y REPARAR ADECUADAMENTE ESTRUCTURAS MARÍTIMAS SUJETAS A FUERTES ATAQUES DE SALES SOLUBLES, OLEAJE, ACCIÓN DE MICROORGANISMOS Y LA CORROSIÓN. VER FIGURA 1.6

MÁS RECIENTEMENTE, EL CONCRETO LANZADO HA DEMOSTRADO UN COMPORTAMIENTO EFICAZ COMO MATERIAL ESTRUCTURAL. ALGUNAS DE LAS APLICACIONES MÁS INTERESANTES SON:

EN ESTRUCTURAS NUEVAS Y EN LA REPARACIÓN DE ESTRUCTURAS EXISTENTES ESPECIALMENTE SECCIONES PLEGADAS O CURVAS. POR EJEMPLO:

LOSAS, MUROS DE CONCRETO Y MAMPOSTERÍA, BÓVEDAS DE LADRILLO Y MAMPOSTERÍA Y ESTRUCTURAS DAÑADAS EN

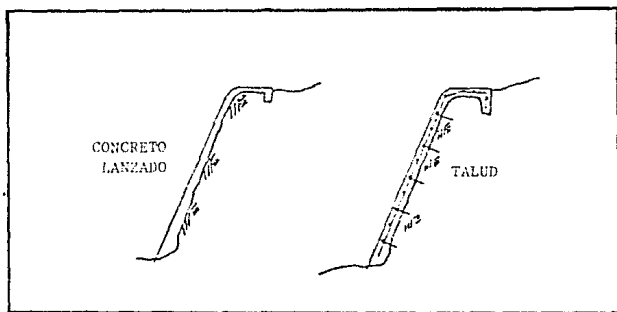


FIGURA 1.4 ESTABILIZACION DE TALUDES.

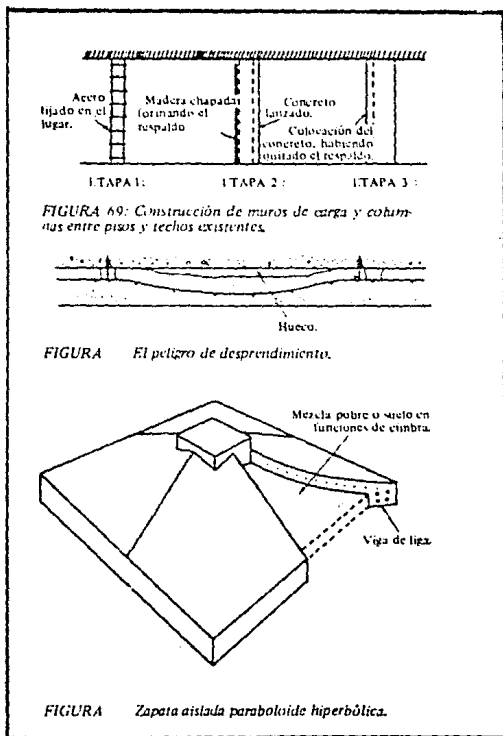


FIGURA 1.5

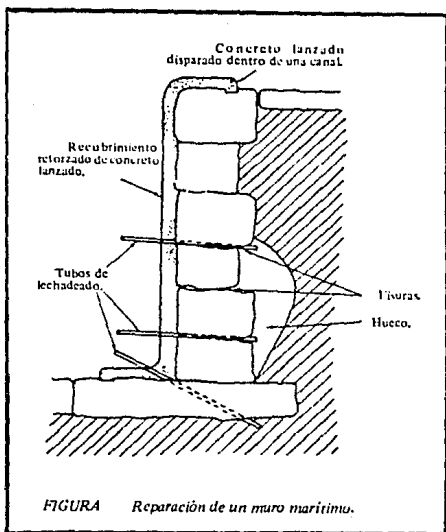


FIGURA 1.6

GENERAL, TANQUES PRESFORZADOS, ALBERCAS, TÓNELES
ALCANTARILLAS DE AGUAS NEGRAS, REVESTIMIENTO DE LUBRERAS
O TIPOS. VER FIGURA 1.7

MUY COMÚNMENTE SE UTILIZA EN REVESTIMIENTOS DE HAMPOSTERIA, DE
LADRILLO, CONCRETO, PIEDRA O ACERO, PARA PROTECCIÓN O PRESENTACIÓN.

PARA PROPORCIONAR RESISTENCIA AL FUEGO Y PROTEGER LA CAPACIDAD DE
RESISTENCIA DEL ACERO ESTRUCTURAL. VER FIGURA 1.8.

EN REVESTIMIENTOS REFRACTARIOS DE CHIMENEAS, HORNOS, CALENTADORES,
CÚPULAS, ETC.

EN ALMACENES DE CARBÓN Y AGREGADOS, TOLVAS, VERTEDORES, Y
VARADEROS DONDE LA RESISTENCIA A LA ABRASIÓN ES FUNDAMENTAL.

EL CONCRETO LANZADO SE CONSIDERA COMO UN MATERIAL PARA FORMAS
LIBRES CON UN ACABADO ASPERO PARA EFECTOS ARQUITECTONICOS. PUEDEN
LOGRARSE ADEMÁS SUPERFICIES LISAS, ARISTAS AGUDAS, INDENTACIONES,
TRAZOS Y NERVADURAS DECORATIVAS, QUE AUNQUE SON ACEPTABLES Y ALTAMENTE
EFECTIVAS COMO DECORACIÓN, SON COSTOSAS Y EN GENERAL NO RESULTAN EN
BENEFICIO DE UNA BUENA MANO DE OBRERA. VER FIGURA 1.9.

PARA LOS ACABADOS FINOS SE TERMINA EL TRABAJO PRINCIPAL Y SOBRE
ÉSTE SE DISPARA UNA CAPA 'RELÁMPAGO' HASTA DE 6 MM DE ESPESOR.

A MENUDO, ESTAS CAPAS SE COLOREAN; DEBEN TENER ARENA FINA, LA
ARENA GRUESA ES PREFERIDA PARA EL TRABAJO PRINCIPAL.

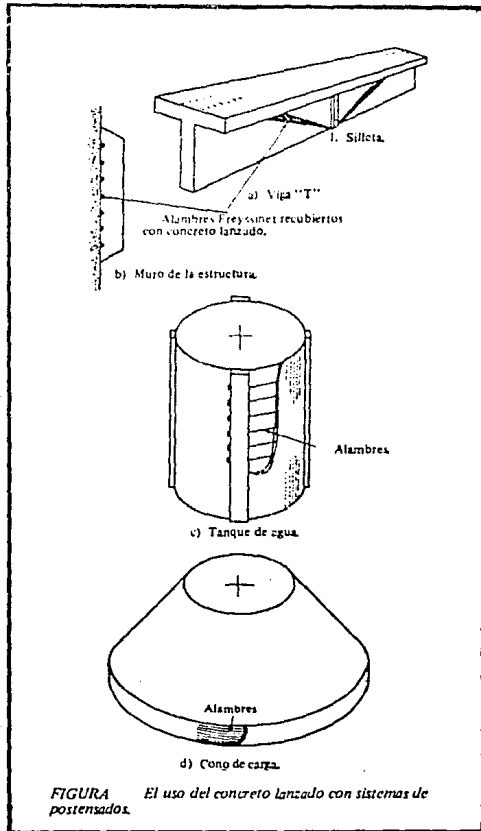


FIGURA El uso del concreto lanzado con sistemas de postensados.

FIGURA 1.7

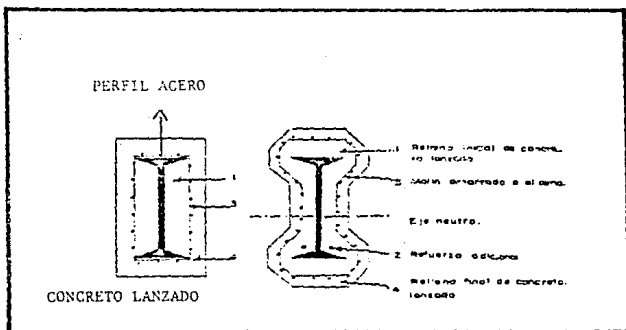
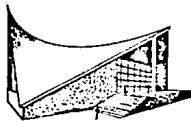
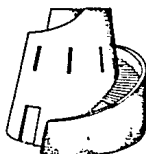


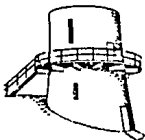
FIGURA 1.8 PROTECCION ESTRUCTURAS DE ACERO.



Paraboloide hiperbólico.



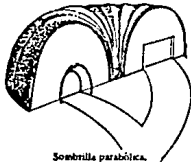
Casa torre (cónica)



Casa torre (cilíndrica).



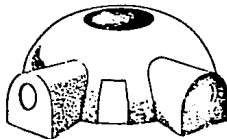
Elipsoide total.



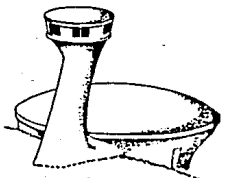
Sombrija parabólica.



Forma libre.



Domo elevado.



Domo Bajo.

FIGURA Algunas ideas para estructuras que se pueden realizar con concreto lanzado

FIGURA 1.9

FINALMENTE, TAMBIÉN SE LE HAN DADOS USOS ESPECIALES COMO POR EJEMPLO EN EL CONTROL DEL NIVEL FREÁTICO, REPARACIONES LOCALES Y REHABILITACIÓN EN EXCAVACIONES.

1.5 PROPIEDADES Y MATERIALES.

COMO YA SE MENCIONÓ, UNA VEZ COLOCADO, EL CONCRETO LANZADO SE COMPORTA DEL MISMO MODO QUE UN CONCRETO COLADO POR MÉTODOS TRADICIONALES; SIN EMBARGO, EXISTEN EN EL CONCRETO LANZADO BIEN APLICADO PROPIEDADES QUE PUEDEN RESULTAR FAVORABLES Y QUE DEPENDEN DE UNA CORRECTA PLANEACIÓN Y SUPERVISIÓN, Y DE LA HABILIDAD DE MANEJO Y ATENCIÓN CONTINUA DEL EQUIPO DE LANZADO.

LAS PROPIEDADES MÁS IMPORTANTES Y LOS MATERIALES QUE COMPONEN EL CONCRETO LANZADO SON:

PROPIEDADES

- 1) RELACIÓN AGUA/CEMENTO.
- 2) RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.
- 3) RESISTENCIA A LA TENSIÓN.
- 4) ADHERENCIA.
- 5) ABSORCIÓN.
- 6) CONTRACCIÓN POR SECADO.
- 7) REVENTAMIENTO.
- 8) DURABILIDAD Y POROSIDAD.
- 9) DEFORMABILIDAD.
- 10) RESISTENCIA A LOS ÁCIDOS.
- 11) PERMEABILIDAD.
- 12) REBOTE.

MATERIALES

- 1) CEMENTO.
- 2) AGREGADOS.
- 3) AGUA.
- 4) ADITIVOS.
- 5) REFUERZO.

PROPIEDADES.

LA RELACION AGUA/CEMENTO REQUERIDA SE DETERMINA NO SÓLO POR LOS REQUISITOS DE RESISTENCIA, SINO TAMBIÉN POR OTROS FACTORES COMO LA DURABILIDAD Y LAS PROPIEDADES DEL ACABADO. PARA EL CONCRETO LANZADO DICHA RELACIÓN ESTÁ COMPRENDIDA ENTRE 0.35 A 0.50 PARA TAMAÑOS MÁXIMOS DEL AGREGADO IGUAL A 30 MM, QUE ES MÁS BAJA QUE LA MAYORÍA DE LOS VALORES PARA LAS MEZCLAS CONVENCIONALES DE CONCRETO. EN EL CASO PARTICULAR DE UTILIZAR TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO IGUAL A 5 MM, LA S.S.C. GT GULLAN HA EXPERIMENTADO LOS MEJORES RESULTADOS CON UNA RELACIÓN IGUAL A 0.57.

DEL MISMO MODO QUE UN CONCRETO NORMAL, UN PARÁMETRO IMPORTANTE ES LA RESISTENCIA A LA COMPRESION QUE ADQUIERE EL CONCRETO LANZADO A TRAVÉS DEL TIEMPO. LOS VALORES MÁS REPORTADOS PARA LAS RESISTENCIAS A LOS 28 DÍAS ESTÁN DENTRO DE LOS LÍMITES DE 250 - 350 KG/CM². RESISTENCIAS MÁS ELEVADAS (700 KG/CM²) HAN SIDO OBTENIDAS CON EL USO DE EQUIPO DE CONCRETO LANZADO DE ALTA VELOCIDAD.

UNA MEZCLA DISEÑADA PARA COLOCARSE POR MÉTODOS TRADICIONALES PUEDE MOSTRAR HASTA UN INCREMENTO DE APROXIMADAMENTE 30 POR CIENTO EN RESISTENCIA SI SE APLICA COMO CONCRETO LANZADO; ESTO ES DEBIDO A QUE SE LOGRA UNA MEJOR COMPACTACIÓN; A QUE SE TIENE UN GRAN CONTENIDO DE CEMENTO, Y AL EMPLEO DE UNA RELACIÓN AGUA/CEMENTO MÁS BAJA. VER FIGURA 1.3.

EN DISEÑOS DONDE RIGEN O PREDOMINAN TENSIONES DIAGONALES ES IMPORTANTE INVESTIGAR LA RESISTENCIA A LA TENSION QUE EN EL CONCRETO LANZADO ES LIGERAMENTE SUPERIOR A 50 KG/CM² (700 PSI). VER FIGURA 1.10.

EN ALGUNAS OBRAS COMO REVESTIMIENTO DE TÓNELES, REPARACION DE MURD MARÍTIMOS, CAPAS RESISTENTES A LA ABRASIÓN, ETC. ES DE VITAL IMPORTANCIA UNA BUENA ADHERENCIA ENTRE EL CONCRETO LANZADO Y LA BASE SOBRE LA CUAL SE APLICA. PARA FINES ESTRUCTURALES, LA RESISTENCIA A LA ADHERENCIA DEBE SER SUPERIOR A 10 KG/CM² EN PRUEBA CON TENSOMETRO PARA QUE SEA ACEPTABLE. SIENDO ESTE VALOR MAYOR QUE LOS LOGRADOS POR CUALQUIER CONCRETO DE TIPO CONVENCIONAL.

EXISTEN DOS PROPIEDADES IMPORTANTES QUE ACTÚAN EN EL CONCRETO FRESCO CUANDO SE HUMEDCE O SE SECA. ESTAS SON:

LA CANTIDAD DE AGUA QUE ABSORBE Y EL PORCENTAJE DE CONTRACCIÓN AL SECARSE.

EN CUANTO A LA CANTIDAD DE AGUA ABSORBIDA, ESTA NO DEBE EXCEDER DEL 10 POR CIENTO, SIENDO NORMAL DEL 6 AL 7 POR CIENTO. LA CONTRACCIÓN POR SECADO DEBE SER LIGERAMENTE SUPERIOR A LA DE UN CONCRETO ORDINARIO. GENERALMENTE SE ENCUENTRA DENTRO DEL RANGO DE 0.06 HASTA 0.10 POR CIENTO, DEPENDIENDO DE LAS PROPORCIONES DE MEZCLA EMPLEADAS PRINCIPALMENTE.

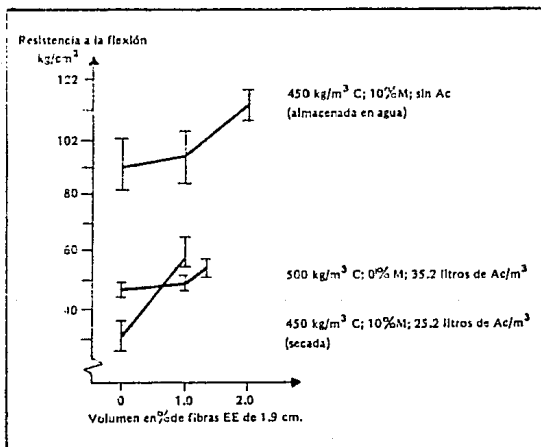
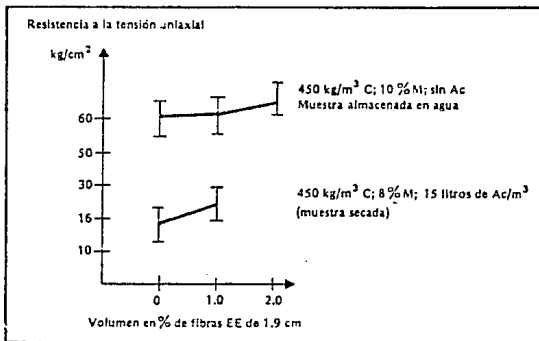


FIGURA 1.10

EL REVENIMIENTO ES UNA PROPIEDAD DEL CONCRETO QUE DA UNA IDEA DE LA CONSISTENCIA Y MANEJABILIDAD DE LA MEZCLA. EN CONDICIONES NORMALES, EL CONCRETO LANZADO FRESCO TIENE UN REVENIMIENTO CERO Y PUEDE SOSTENERSE POR SÍ MISMO SIN ESCURRIARSE.

MIENTRAS QUE LA DURABILIDAD ES MUY BUENA EN COMPARACIÓN A LAS OBTENIDAS CON OTROS PROCEDIMIENTOS, LA DEFORMABILIDAD ES MUY ALTA CUANDO SE ESTÁ APLICANDO EL CONCRETO, PERO SIMILAR A LA DEL CONCRETO ORDINARIO CUANDO SE HA ENDURECIDO. EN GENERAL, EL CONCRETO LANZADO TIENE UNA RESISTENCIA SUPERIOR AL ATAQUE DE LOS ACIDOS QUE LA DEL CONCRETO NORMAL DEBIDO A SU GRADO DE COMPACTACIÓN Y AL CONTENIDO DE CEMENTO. EL EMPLEO DE CEMENTO ALUMINOSO O DE CEMENTO RESISTENTE A LOS SULFATOS, INCREMENTA AÚN MÁS ESTA RESISTENCIA.

EL CONCRETO LANZADO ES MUY IMPERMEABLE AÚN EN SECCIONES DELGADAS, LO CUAL SE DEMUESTRA COLOCANDO EN UN RECIPIENTE CON AGUA A PRESIÓN UN ESPÉCIMEN DE 50 MM DE ESPESOR, EL CUAL DEBE SOPORTAR UN ESFUERZO DE 8 KG/CM² SIN QUE SE APRECIE FILTRACIÓN ALGUNA.

MÁS QUE UNA PROPIEDAD, EL REBOTE ES UNA DIFICULTAD QUE SE ENCUENTRA AL LANZAR CONCRETO.

EL MATERIAL DE REBOTE SON AGREGADOS QUE NO SE ADHIEREN AL RESPALDO DONDE SE LANZA EL MORTERO, AL REFUERZO O A LA CAPA DE CONCRETO LANZADO EN SÍ Y QUE REBOTAN FUERA DEL ÁREA DE COLOCACIÓN EN FORMA SUELTA. LA PROPORCIÓN INICIAL DE MATERIAL DE REBOTE ES ALTA SI

EL CHORRO SE DIRIGE CONTRA LA CIMBRA O EL REFUERZO; SIN EMBARGO, LA FORMACIÓN DE UNA CAPA DE COLCHÓN SOBRE LA FORMA (AYUDADA POR UN LIGERO EXCESO INICIAL DE CONTENIDO DE AGUA) REDUCE NOTABLEMENTE LA CANTIDAD DE MATERIAL DE REBOTE. POR LO TANTO, LAS SECCIONES GRUESAS TIENEN LOS PORCENTAJES MÁS BAJOS DE MATERIAL DE REBOTE Y LAS SECCIONES DELGADAS, LOS MÁS ALTOS DE TODOS. ESTO ES DEBIDO A QUE EN LAS SECCIONES MÁS DELGADAS EL ESPESOR DEL COLCHÓN ES MENOR Y POR LO TANTO LA CAPACIDAD DE AMORTIGUAMIENTO DISMINUYE CONSIDERABLEMENTE. VER FIGURA 1.11.

EN CUALQUIER SITUACIÓN, EL PORCENTAJE DE REBOTE DEPENDE DE: LA EFICIENCIA DE HIDRATACIÓN, LA RELACIÓN AGUA CEMENTO, LA GRANULOMETRÍA DE LA ARENA, LA VELOCIDAD DE LA BOQUILLA, EL ÁNGULO Y DISTANCIA DEL IMPACTO, EL ESPESOR DE LA APLICACIÓN Y, EN PRIMER TÉRMINO, DE LA HABILIDAD DEL LANZADOR.

PORCENTAJES TÍPICOS DE MATERIAL DE REBOTE

SUPERFICIE.....	POR CIENTO DE MATERIAL DE REBOTE
PISO O LOSAS.....	5 AL 15
MUROS VERTICALES O CON PENDIENTE...	15 AL 30
TRABAJO EN PLAFONES.....	25 AL 50

MATERIALES.

DE IGUAL MANERA QUE UN CONCRETO NORMAL, EL CONCRETO LANZADO RESULTA DE MEZCLAR CEMENTO, AGUA, AGREGADOS, ADITIVOS Y PARTÍCULAS DE AIRE ENTRE ELLOS. LAS NORMAS ESTÁNDAR DE CONTROL DE CALIDAD

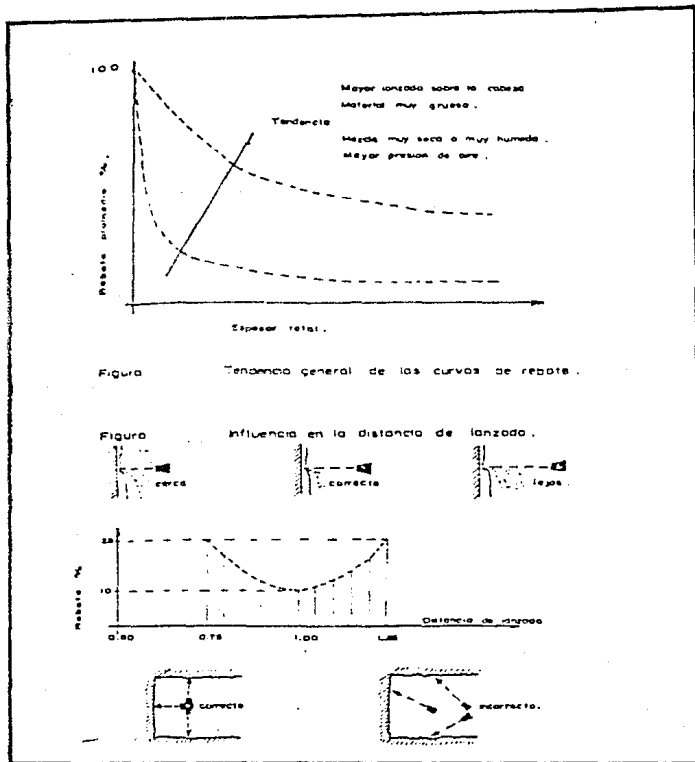


FIGURA 1.11

REBOTE.

ESTABLECIDAS PARA LOS COMPONENTES DE UN CONCRETO NORMAL DEBEN SER APLICADAS A LOS MATERIALES CONSTITUYENTES DEL CONCRETO LANZADO.

PUEDEN USARSE LOS CEMENTOS PORTLAND I Y II SIEMPRE Y CUANDO CUMPLAN LOS REQUISITOS DE CALIDAD RESPECTIVOS. SI EL CONCRETO ESTÁ EXPUESTO A SUELOS O A AGUA FREÁTICA QUE CONTENGA ELEVADAS CONCENTRACIONES DE SULFATOS DISUELTOS, DEBERÁN USARSE LOS CEMENTOS RESISTENTES A SULFATOS. CUANDO LAS EXIGENCIAS ESTRUCTURALES REQUIERAN ALTA RESISTENCIA RÁPIDA, SE PREFERIRÁ EL EMPLEO DE UN CEMENTO PORTLAND DE ENDURECIMIENTO RÁPIDO.

PARA CIERTAS APLICACIONES EN QUE SE NECESITAN RESISTENCIA TÉRMICA, COMO EN REVESTIMIENTOS REFRACTARIOS, O PARA RESISTENCIA A CIERTOS ÁCIDOS LA UTILIZACIÓN DE CEMENTO ALTO EN ALÚMINA PUEDE DAR RESULTADOS SATISFACTORIOS.

LA RELACIÓN ENTRE CEMENTOS Y AGREGADOS DEBE SER DEL ORDEN DE 1:4. LA CANTIDAD DE CEMENTO NORMALMENTE VARÍA ENTRE 300 Y 400 KG/M³.

LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS DEBEN ESTAR SUJETOS A LAS NORMAS DE LA A.S.T.M.

LOS AGREGADOS FINOS MAYORES DE 5 MM. DE TAMAÑO DEBEN QUEDAR PERFECTAMENTE EN LA ZONA 2-3 DE LA CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA FIGURA 1.12 Y NO DEBEN CONTENER MÁS DE UN 2 POR CIENTO DE FINOS MENORES A 0.2 MM, YA QUE EL POLVO TIENDE A FORMAR UNA CAPA QUE RECURRE A LOS AGREGADOS GRUESOS AFECTANDO PELIGROSAMENTE EL PROCESO DE CEMENTACIÓN.

Los AGREGADOS GRUESOS DE 30 MM. DE TAMAÑO PUEDEN USARSE, PERO ES PREFERIBLE QUE NO SOBREPASEN DE 25 MM. LA CURVA GRANULOMÉTRICA DE LOS AGREGADOS GRUESOS NO DEBE PRESENTAR CARRIOS BRUSCOS Y DEBE TENER UN TRAZO COMO EL INDICADO EN LA FIGURA 1.13.

ES PREFERIBLE QUE LA GRANULOMETRÍA ELEGIDA QUEDE ABAJO DE LA CURVA ENVOLVENTE. LOS AGREGADOS MUY GRUESOS, DESIDO A LA ALTA VELOCIDAD DE IMPACTO, PRODUCEN UN MAYOR PORCENTAJE DE REBOTE.

LA HUMEDAD DE LOS AGREGADOS NUNCA DEBE EXCEDER AL 5 POR CIENTO, PARA EVITAR EL TAPONAMIENTO DE LAS MANJERAS Y EL CHIFLÓN. LOS AGREGADOS HÓMEDOS EVITAN LA FORMACIÓN DE POLVO TANTO EN LA LANZADORA COMO EN EL CHIFLÓN Y REALMENTE SE MEJORA LA HIDRATACIÓN EN EL CHIFLÓN.

EN EL PROCEDIMIENTO DE MEZCLA SECA, LOS AGREGADOS DEBEN CONTENER ENTRE EL 40 Y 60 POR CIENTO DE AGUA REDUCIDA PARA LA MEZCLA FINAL. EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS ES DE TAL IMPORTANCIA QUE OBLIGA A TENER TOLVAS DE ALMACENAMIENTO CUBIERTAS Y PROTEGIDAS CONTRA VARIACIONES DEL CLIMA.

EL AGUA DEBE SER LIMPIA Y QUÍMICAMENTE ACEPTABLE (DEBE ESTAR LIBRE DE SUSTANCIAS DAÑINAS AL CONCRETO O AL ACERO) Y DEBE SER SUMINISTRADA A UNA PRESIÓN CONSTANTE DE 4 KG/CM². SOBRE LA PRESIÓN DEL AGUA EXISTEN DIVERSAS OPINIONES, MUCHOS RECOMIENDAN QUE DEBE SER 1 A 1.5 KG/CM² MAYOR QUE LA PRESIÓN DEL AIRE.

DISTRIBUCION DEL TAMAÑO DE PARTICULA

MEZCLA KAMBURU
ROCA FRACTURADA Y ARENA
DE RIO LAVADA

0-3mm 57%
3-8mm 26%
8-20mm 17%

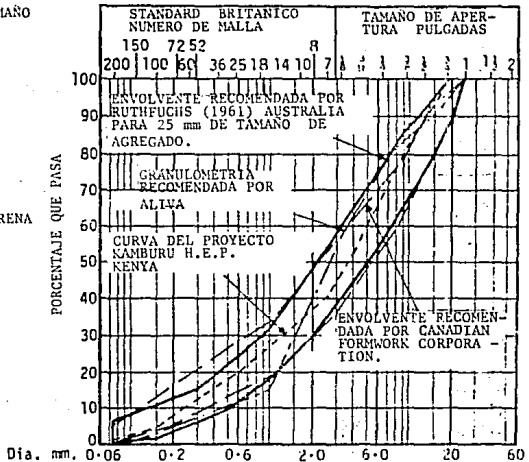


FIGURA 1.13 AGREGADOS GROSOSOS.

CUANDO LA APARIENCIA SEA UN FACTOR IMPORTANTE, EL AGUA PARA CURAR TAMBIÉN DEBERÁ ESTAR LIBRE DE ELEMENTOS QUE PUEDAN OCASIONAR MANCHAS.

PUEDEN SER DESEABLE INCLUIR **ADITIVOS** EN EL CONCRETO LANZADO PARA USOS Y CONDICIONES DE COLOCACIÓN ESPECIALES. EL EMPLEO CUIDADOSO DE ADITIVOS PUEDE PRODUCIR RESULTADOS MUY SATISFACTORIOS, PERO ALGUNOS ADITIVOS QUE HAN SIDO SATISFACTORIOS EN EL CONCRETO NORMAL, PUEDEN NO SER ÚTILES EN EL CONCRETO LANZADO.

PUEDEN USARSE AGENTES ACELERANTES (TANTO LÍQUIDOS COMO EN POLVO), CUYA CANTIDAD VARIE ENTRE 2 Y 7 POR CIENTO DEL PESO DEL CEMENTO, DEBIENDO CONSIDERAR EL 7 POR CIENTO COMO EL MÁXIMO ABSOLUTO YA QUE DE OTRA FORMA, LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN FINAL SE VE CONSIDERABLEMENTE REDUCIDA.

EL FRAGUADO INICIAL OCURRE MÁS O MENOS A LOS 30 SEGUNDOS Y EL FRAGUADO FINAL A LOS 120 SEGUNDOS, DEPENDIENDO DE LA CANTIDAD DE ACELERANTES AGREGADA.

EL ACELERANTE EN POLVO, POR LO GENERAL SE AGREGA A LA MEZCLA EN LA TOLVA DE LA LANZADORA. LOS ACELERANTES LÍQUIDOS SON MÁS COSTOSOS Y POR LO TANTO SE UTILIZAN MENOS.

SE RECOMIENDA EL EMPLEO DE RETARDADORES EN CLIMA CALIENTE SI SE DESEA DAR ACABADO AL ELEMENTO; ADEMÁS, PUEDEN EVITAR LA PRESENCIA DE JUNTAS FRÍAS Y PUEDEN FORMAR JUNTAS IMPERMEABLES DURANTE EL COLAO.

LOS ADITIVOS ESPUMANTES REDUCEN LA TENSION SUPERFICIAL DEL AGUA E INCREMENTAN SU HABILIDAD HUMECTANTE, REDUCIENDO ASI EL PORCENTAJE DE REBOTE.

LOS COLORANTES SE EMPLEAN SOLO EN RECUBRIMIENTOS RAPIDOS.

LAS CENIZAS DE COMBUSTIBLE PULVERIZADAS PUEDEN USARSE PARA REEMPLAZAR PARTE DEL CEMENTO, PARA ABSORBER AGUA, COMO PLASTIFICANTE, IMPERMEABILIZANTE Y PARA INCREMENTAR LA RESISTENCIA A LA RUPTURA.

EN GENERAL LOS AGENTES INCLUSORES DE AIRE NO SE USAN, A MENOS QUE TENGAN PROPIEDADES IMPERMEABLES ADICIONALES.

EL REFUERZO EN EL CONCRETO LANZADO CUMPLE LAS MISMAS FUNCIONES QUE EN EL CONCRETO ARMADO NORMAL, ES DECIR, RESISTIR ESFUERZOS ESTRUCTURALES O DE TEMPERATURA. GENERALMENTE SE USA UNA MALLA DE ACEPO ELECTROSOLDADA, CUYO TIPO Y PESO DEPENDEN DE LAS CIRCUNSTANCIAS PECULIARES DE CADA CASO.

LA SEPARACION DE LOS ALAMBRES DE LA MALLA NO DEBE SER MENOR DE 150 MM CUANDO SE USA ALAMBRE DE 5 MM DE DIAMETRO, PARA EVITAR QUE QUEDE EL CONCRETO LANZADO SIN COMPACTAR. EL CONCRETO LANZADO DEBE AFLICARSE PARA OBTENER UN MATERIAL DENSO COMO SE INDICA EN LA FIGURA 1.14, SIENDO ESTO UNA PRACTICA RECOMENDADA POR EL A.C.I. (AMERICAN CONCRETE INSTITUTE).

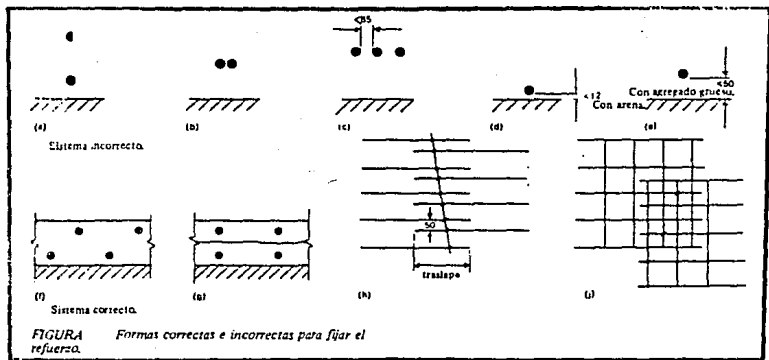


FIGURA 1.14

SE HAN LLEVADO A CABO EXPERIMENTOS SATISFATORIOS CON FIBRA DE VIDRIO, FILAMENTOS CORTOS DE POLIPROPILENO Y FIBRAS DE ACERO USADAS COMO REFUERZO INTEGRAL, DISPERSADOS ALEATORIAMENTE, MEZCLADOS INTEGRALMENTE CON EL CONCRETO LANZADO.

LA VENTAJA PRINCIPAL DEL EMPLEO DE FIBRAS DE ACERO, CUANDO SE COMPARA CON EL CONCRETO REFORZADO CON MALLA CONVENCIONAL, CONSISTE EN QUE UN REFUERZO DISTRIBUIDO DE MANERA HOMOGÉNEA INCREMENTA DE 10 A 50 VECES LA ENERGÍA DE LA FRACTURA. ESTO SE DEBE A LA MENOR PERMEABILIDAD Y A QUE SE MEJORA LA ADHERENCIA Y SE INCREMENTA LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN (ESTÁTICA Y DINÁMICA), AL IMPACTO, AL DESGASTE, A LA ABRASIÓN Y AL AGRIETAMIENTO DEL CONCRETO. SIN EMBARGO, ES MÁS DIFÍCIL DE MANEJAR Y TIENE LA DESVENTAJA QUE SU INCLUSIÓN EN LA MEZCLA PUEDE OCASIONAR UN DESGASTE FUERTE DE CIERTAS PARTES DE LA MAQUINARIA Y DE LAS MANGUERAS, Y UN BLOQUEO OCASIONAL DE 'NIDO DE PÁJARO', QUE PUEDE SER BASTANTE DIFÍCIL DE ELIMINAR.

NO SE RECOMIENDAN LOS SIGUIENTES TIPOS DE REFUERZO YA QUE TIENDEN A PRODUCIR PROBLEMAS DE REBOTE. VARILLAS TORCIDAS, VARILLAS CORRUGADAS, MALLAS DE METAL DESPLEGADO, MALLA CERRADA DE ALAMBRE PARA GALLINERO.

II.

MEZCLAS.

2.1 IMPORTANCIA DE LA MEZCLA.

PRÁCTICAMENTE NO ES POSIBLE HABLAR DE DISEÑAR EL CONCRETO LANZADO DEBIDO AL NÚMERO E INCERTIDUMBRE DE LOS FACTORES QUE INTERVIENEN Y A LA GRAN VARIEDAD DE LOS MISMOS. EN LA ACTUALIDAD LA PRÁCTICA DEL DISEÑO SE LLEVA A CABO EN BASE A RELACIONES EMPÍRICAS Y MUCHO HAY QUE HACER AÓN A ESTE RESPECTO.

LA CALIDAD DEL CONCRETO LANZADO DEPENDE DE LA CALIDAD DE LOS MATERIALES EMPLEADOS, DEL MEZCLADO DE LOS INGREDIENTES, DEL CONTENIDO DE CEMENTO, DE LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO Y DEL GRADO DE COMPACTACIÓN; ES DECIR, DE LOS MATERIALES EN SÍ, DEL MEZCLADO DE LOS MISMOS Y DE LA TÉCNICA DE APLICACIÓN.

DE LO ANTERIOR SE DESPRENDE LA IMPORTANCIA DEL PROCEDIMIENTO DE MEZCLADO Y DE LA MEZCLA MISMA; ESTO IMPLICA CARACTERÍSTICAS DIFERENTES EN CADA UNO DE ELLOS QUE SE PUEDEN VER REFLEJADAS EN LAS PROPIEDADES Y COMPORTAMIENTO FINALES DEL CONCRETO LANZADO.

SON DOS LOS PROCEDIMIENTOS RECOMENDADOS DE PREPARACIÓN Y APLICACIÓN DE LA MEZCLA:

UNO CONSISTE EN MEZCLAR LAS CANTIDADES PREDETERMINADAS DE AGUA, CEMENTO Y AGREGADOS EN UN RECIPIENTE PARA LUEGO LANZARLOS EN CHOFRO A LA SUPERFICIE DESEADA (MEZCLA HUMEDA).

EL OTRO CONSISTE EN MEZCLAR EN SECO O ALGO HÚMEDOS LOS AGREGADOS Y EL CEMENTO Y MANDARLOS MEDIANTE AIRE A PRESIÓN A UNA MANGUERA Y A UNA BOQUILLA DE SALIDA DONDE SE LES AGREGA EL AGUA PERQUERIDA Y LOS ADITIVOS. (MEZCLA SECA).

2.2 MEZCLA HÚMEDA.

EXISTEN DOS VARIANTES PARA ESTE PROCEDIMIENTO, LA DE 'CAÑONEO' Y LA DE 'CHORRO CONTINUO'.

I. METODO CAÑONEADO O PULSATIL.

ESTE PROCEDIMIENTO SE ASEMEJA AL FUNCIONAMIENTO DE UNA PISTOLA REVOLVER, CONDE EL PROYECTIL ESTÁ FORMADO POR PAQUETES DE MEZCLA HÚMEDA, EL GAS IMPULSOR POR AIRE COMPRIMIDO Y EL CAÑÓN ESTÁ CONSTITUIDO POR LA MANGUEPA Y LA BOQUILLA DE SALIDA.

CON EL PROPÓSITO DE OBTENER UNA MEZCLA ESPESA, SE ADICIONARÁ UNA CANTIDAD MÍNIMA DE AGUA AL INTRODUCIR LOS MATERIALES A LA MEZCLADORA, LUEGO SE LA LLEVA A UN CARRO DISTRIBUIDOR DONDE SE ALOJARÁ LA MEZCLA EN FORMA DE PAQUETES, HASTA BUE, POR MEDIO DE INYECCIONES SERÁ EXPULSADA Y CONDUcida POR MEDIO DE UNA MANGUERA HASTA LA BOQUILLA DE SALIDA, DONDE EL OPERADOR DIRIGIRÁ LA COLOCACIÓN FINAL DEL CONCRETO. VER FIGURA 2.1

EL PROCEDIMIENTO PULSÁTIL NO HA TENIDO GRAN ÉXITO, DEBIDO A LOS DIVERSOS INCONVENIENTES QUE PRESENTA, ENTRE LOS QUE DESTACAN:

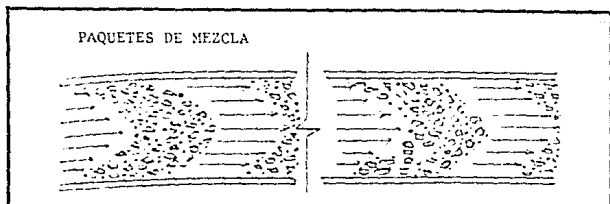


FIGURA 2.1 METODO DEL CAÑONEO

1) OBSTRUCCIÓN DE LAS MANGUERAS POR LA FORMA IRREGULAR EN QUE FLUYE LA MEZCLA.

2) EL USO DE ACELERANTES DE FRAGUADO ACRECENTARÍA EL PROBLEMA ANTERIOR, POR LO QUE SE HACE CASI IMPOSIBLE AÑADIR Y DOSIFICAR CORRECTAMENTE CUALQUIER ACELERANTE AL PASO DE LA MEZCLA POR LA BOQUILLA DE SALIDA.

A PESAR DE DICHS PROBLEMAS SE TIENE LA VENTAJA DE MANTENER UNIFORME LA RELACIÓN AGUA/CEMENTO DURANTE EL PROCESO.

II. METODO DEL CHORRO CONTINUO.

AUNQUE LOS MATERIALES TAMBIÉN SE HUMEDECEN EN LA MEZCLADORA, EN ESTE PROCEDIMIENTO SE IMPULSA A LA MEZCLA MECÁNICAMENTE HASTA HACERLA LLEGAR A LA MANGUERA; TODO ESTO SE REALIZA DENTRO DE UNA CÁMARA, DONDE LA PRESIÓN DEL AIRE SE MANTIENE CONSTANTE. EL MÉTDDO CONTIENE ADEHÁS UN SISTEMA SIMILAR AL DE LAS BOMBAS PARA CONCRETO NORMAL, OBLIGANDO A LA MEZCLA A FLUIR CONSTANTEMENTE POR LA MANGUERA HASTA LA BOQUILLA DE SALIDA, EN DONDE, PARA PODER PROYECTARLA CONTRA LA SUPERFICIE, SE LE AGREGA MÁS AIRE COMPRIMIDO. VER FIGURA 2.2.

ESTE PROCESO GOZA DE LAS MISMAS VENTAJAS QUE EL EXPUESTO CON ANTERIORIDAD, SÓLO QUE POR LA FORMA DE FLUIR DE LA MEZCLA, EL PROBLEMA DE OBSTRUCCIÓN EN LAS MANGUERAS SE REDUCE CONSIDERABLEMENTE.

LAS LIMITACIONES DEL SISTEMA DE BOMBEO ESTÁN DEFINIDAS POR EL ALCANCE DE ESTOS APARATOS.

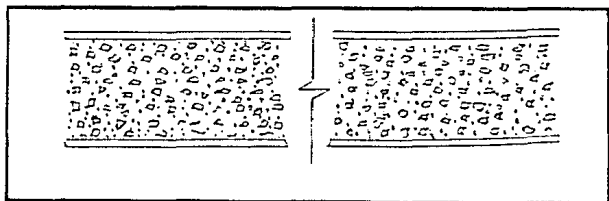


FIGURA 2.2 METODO DEL CHORRO CONTINUO.

COMO SE DIJO ANTERIORMENTE, EL PROCEDIMIENTO DE MEZCLADO HÚMEDO SE HA DESCARTADO GENERALMENTE EN FAVOR DEL PROCEDIMIENTO DE MEZCLADO SECO, DEBIDO AL MAYOR ÉXITO DE ÉSTE ÚLTIMO. LA RAZÓN ES QUE EL CONCRETO LANZADO POSEE PROPIEDADES ESPECÍFICAS QUE SE PRESENTAN, PRINCIPALMENTE, POR LA COLOCACIÓN NATURAL DEL MORTERO. EL CONCRETO LANZADO DE MEZCLAS SECAS POSEE ESTAS PROPIEDADES; EL PROCESO DE MEZCLA HÚMEDA RARAMENTE PRODUCE UN MORTERO CON PROPIEDADES EQUIVALENTES. LAS MÁQUINAS DE MEZCLADO HÚMEDO PRODUCEN UN CONCRETO ESPARCIDO, FRECUENTEMENTE EN GRANDES CANTIDADES, SOBREPONIÉNDOSE EN ESTA FORMA A LOS USOS DE ALGUNA MÁQUINA DE MEZCLADO SECO; PERO ESTO NO ES MÁS QUE UN BOMBEO DE ALTA VELOCIDAD A TRAVÉS DE LÍNEAS CORTAS HACIA UNA BOQUILLA CONECTADA A UN CHORRO DE AIRE COMPRESO, RESULTANDO UN CONCRETO O MORTERO QUE NO TIENE NINGUNA COMPACTACIÓN EXCEPCIONAL. EL ÚNICO TIPO DE MÁQUINAS DE MEZCLADO HÚMEDO QUE ES CAPAZ DE PRODUCIR ALGO QUE SE APROXIME AL VERDADERO CONCRETO LANZADO ES EL QUE SE VE EN LA FIGURA 2.3.

AUNQUE EN EL PROCEDIMIENTO DE MEZCLA HÚMEDA EXISTE UN AHORRO DE CONCRETO LANZADO EN LA APLICACIÓN DEL MISMO, ÉSTE NO SE COMPARA CON EL TIEMPO Y MATERIAL QUE SE DESPERDICIA EN LA LIMPIEZA DEL EQUIPO, CON EL PROPÓSITO DE EVITAR TAFONAMIENTOS; POR LO QUE SOLAMENTE SE RECOMIENDA SU UTILIZACIÓN EN AQUELLOS TRABAJOS EN DONDE LA COLOCACIÓN DEL CONCRETO NO SEA PARTE FUNDAMENTAL DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO, POR ESTE MOTIVO, RARA VEZ SE EMPLEA EN CONSTRUCCIONES SUBTERRÁNEAS.

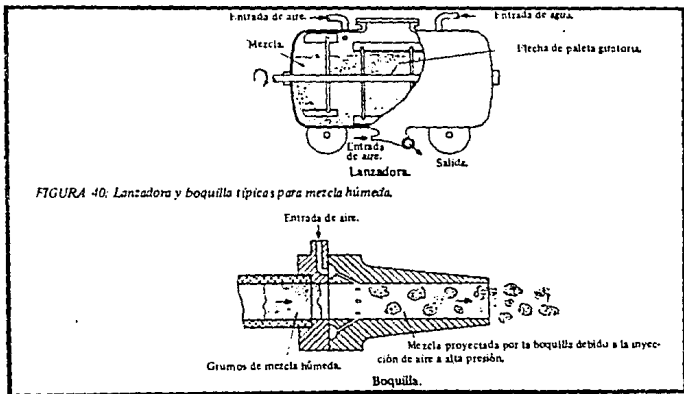


FIGURA 2.3

2.3 MEZCLA SECA.

ESTE MÉTODO DIFIERE DEL ANTERIOR EN LA FORMA DE HIDRATACIÓN DE LA MEZCLA, LA CUAL SE LLEVA A CABO A LA SALIDA DEL SISTEMA; ES DECIR, LOS MATERIALES SON MEZCLADOS EN ESTADO SECO, PARA QUE POSTERIORMENTE SEAN TRANSPORTADOS POR UN FLUJO DE AIRE A PRESIÓN QUE LOS CONDUZIRÁ HASTA LA BOQUILLA DE SALIDA, EN DONDE SE DOSIFICARÁ EL AGUA Y PODRÁ GRADUARSE LA CANTIDAD Y DIRECCIÓN DEL CONCRETO LANZADO.

EL PROCEDIMIENTO DE MEZCLADO EN SECO CONSISTE EN UNA SERIE DE ETAPAS QUE REQUIERE UNA PLANTA ESPECIAL. UNA DISPOSICIÓN TÍPICA DE PLANTA PEQUEÑA SE MUESTRA EN LA FIGURA 3.1.

1- SE MEZCLA PERFECTAMENTE EL CEMENTO CON LA ARENA. LAS PROPORCIONES DE LOS MATERIALES QUE INTERVIENEN SON VARIABLES; EL CEMENTO EMPLEADO ES GENERALMENTE EL PORTLAND, CON ARENAS Y GRAVAS, YA SEAN NATURALES O ARTIFICIALES.

2- LA MEZCLA CEMENTO-ARENA SE ALMACENA EN UN RECIPIENTE MECÁNICO PRESURIZADO POR MEDIO DE AIRE, LLAMADO "LANZADOR".

3- LA MEZCLA SE INTRODUCE A UNA MANGUERA DE DESCARGA POR MEDIO DE UNA RUEDA ALIMENTADORA O DISTRIBUIDOR QUE ESTÁ DENTRO DEL LANZADOR.

4- ESTE MATERIAL SE CONDUCE POR AIRE COMPRIMIDO A TRAVÉS DE LA MANGUERA DE DESCARGA A UNA BOQUILLA ESPECIAL. LA BOQUILLA ESTÁ AJUSTADA DENTRO DE UN MÚLTIPLE PERFORADO A TRAVÉS DEL CUAL SE ATORIZA AGUA BAJO PRESIÓN, MEZCLÁNDOSE ÍNTIMAMENTE CON EL CHORRO DE ARENA-CEMENTO.

5- EL CONCRETO HÚMEDO SALE DE LA BOQUILLA PROYECTADO A ALTA VELOCIDAD (90 A 120 M/SEG) SOBRE LA SUPERFICIE EN QUE VA A COLOCARSE.

COMO PUEDE OBSERVARSE, EL VEHÍCULO UTILIZADO PARA TRANSPORTAR Y COLOCAR EL CONCRETO ES EL AIRE COMPRIMIDO, QUE AL SER LIBERADO, FLUYE POR LAS MANGUERAS LLEVANDO CONSIGO AL CEMENTO Y LOS AGREGADOS EN FORMA DE SUSPENSIÓN. VER FIGURA 2.4.

DENTRO DE LAS PRINCIPALES VENTAJAS DE ESTE TIPO DE MEZCLAS ESTÁN: BAJA RELACIÓN AGUA/CEMENTO, BUENA COMPACTACIÓN (QUE PRODUCE MAYOR RESISTENCIA Y CONSISTENCIA); COMO LA MEZCLA ES SECA, NO HAY RIESGO DE PREHIDRATACIÓN EN LOS CONDUCTOS; PROPORCIONA GRAN RENDIMIENTO Y BAJO COSTO EN COMPARACIÓN CON OTROS SISTEMAS. EL PROCEDIMIENTO ES FLEXIBLE, YA QUE ES INDEPENDIENTE DE OTRAS ACTIVIDADES. EL USO DE ACELERADORES LÍQUIDOS ES MUY RECOMENDABLE, YA QUE ADÉMÁS DE PRODUCIR UNA MEZCLA MÁS RÁPIDA Y ACTIVA, SE REDUCE EL POLVO, DISMINUYE EL REBOTE Y SE INCREMENTAN LOS ESPESORES DE APLICACIÓN. POR OTRO LADO, SU ACCIÓN POSITIVA SE MULTIPLICA CON EL USO DE UNA BOQUILLA PREMEZCLADORA.

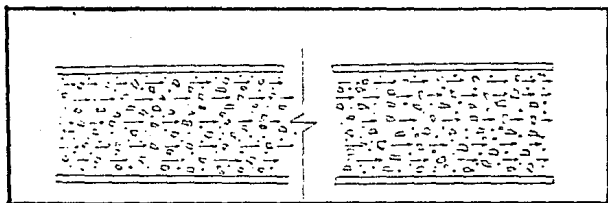


FIGURA 2.4 MEZCLA SECA.

SIN EMBARGO, AÚN EXISTEN LIMITACIONES DEBIDO A LA IMPERFECCIÓN DE LA HUMECTACIÓN, A LA GENERACIÓN DE GRAN CANTIDAD DE POLVO Y MATERIAL DE DESPERDICIO ORIGINADOS POR EL REBOTE DE LA MEZCLA SOBRE LA SUPERFICIE. SIEMPRE SE HA CRITICADO QUE LA DOSIFICACIÓN DEL AGUA DEPENDA DEL OPERADOR DE BOQUILLA, YA QUE ESTÁ EN FUNCIÓN DEL SENTIMIENTO Y EXPERIENCIA DEL MISMO; NO OBSTANTE, TODAS ESTAS DESVENTAJAS SE PUEDEN EVITAR CON ACCESORIOS Y TÉCNICAS QUE SE HAN DESARROLLADO PARA DICHOS FINES.

DISEÑO DE LAS MEZCLAS

COMO SE MENCIONÓ ANTERIORMENTE, LA BASE PARA EL DISEÑO DE MEZCLAS SE APOYA EN HECHOS MERAMENTE EMPÍRICOS. NO OBTANTE, SE PUEDE AFIRMAR QUE LAS AFENAS BIEN GRADUADAS PRODUCEN UN MEJOR CONCRETO LANZADO.

SIN EMBARGO, LA PÉRDIDA DEL MATERIAL GRANULAR A CAUSA DEL REBOTE, ES IMPORTANTE. ASÍ, UNA MEZCLA DE 1:4 PUEDE PRODUCIR 10 POR CIENTO DE REBOTE. BASÁNDOSE EN LO ANTERIOR, DICHA MEZCLA DEJA EN EL LUGAR UNA MEZCLA REAL DE 1:3.7, QUE ES CONSIDERABLEMENTE MÁS RICA EN CEMENTO QUE LA ORIGINAL.

LA TABLA QUE SIGUE MUESTRA LA RELACIÓN CEMENTO-AGREGADOS A LA RESISTENCIA MÍNIMA ESPECIFICADA A LA COMPRESIÓN. ESTAS CIFRAS SE OBTUVIERON EN BASE A UNA ESTIMACIÓN CONSERVADORA Y POR LO TANTO SE DAN A MODO DE GUÍA GENERAL ÚNICAMENTE. EN CADA CASO, SE DEBERÁ CALCULAR EL PORCENTAJE DE REBOTE ESPERADO IN SITU PARA CONOCER LA MEZCLA REAL COLOCADA. VER FIGURA 2.5.

DOSIFICACION Y MEZCLADO

INDEPENDIENTE AL PROCEDIMIENTO DE MEZCLA, SE PREFERE Y SE RECOMIENDA LA DOSIFICACIÓN POR PESO, PERO LA DOSIFICACIÓN POR VOLUMEN ES ADECUADA SI OCASIONALMENTE SE CALIBRA EL EQUIPO POR PESO.

Mezcla por volumen	Mezcla por peso.	Mezcla resultante in situ (por peso)	Resistencia mínima especificada a la compresión a los 28 días		Uso
			(N/mm ²)	(lb/pulg ²)	
1:6.5	1:6	1:4.1	21	3000	Recubrimientos, secciones gruesas.
1:5.5	1:5	1:3.6	24	3500	
1:5	1:4.5	1:3.5	26	3750	
1:4.5	1:4	1:3.2	28	4000	Universal
1:4	1:3.5	1:2.8	31	4500	Alta resistencia
1:3.4	1:3	1:2.0	42	6000	
1:2.2	1:2	1:1.2	42	6000	Solamente para aplicaciones refractarias normales.

Para estructuras completas, el concreto lanzado debe igualarse al concreto que está de acuerdo a la norma CP 114. Los requisitos de carga para construcciones se han tomado de la norma CP 3, Capítulo V.

FIGURA 2.5 DISEÑO DE MEZCLAS.

FRECUENTEMENTE LOS AGREGADOS LIGEROS SE DOSIFICAN MEJOR POR VOLUMEN, YA QUE SU DENSIDAD DEPENDE MUCHO DEL GRADO DE HUMEDAD QUE TENGAN.

EL EQUIPO DE MEZCLADO DEBERÁ SER CAPAZ DE MEZCLAR COMPLETAMENTE LA ARENA Y EL CEMENTO DE MANERA QUE LOS GRANOS DE ARENA SE RECUBRAN POR COMPLETO EN UNA CANTIDAD SUFICIENTE PARA MANTENER UN SUMINISTRO CONSTANTE AL LANZADOR. LA MEZCLA DEBERÁ CRIBARSE PARA IMPEDIR LA INCLUSIÓN DE PIEDRAS, COSTRAS DE LA REVOLVEDORA, PEDAZOS DE COSTALES DE CEMENTO, ETC.

III.

E Q U I P O

EL EQUIPO DEL CONCRETO LANZADO ESTÁ FORMADO PRINCIPALMENTE POR UN COMPRESOR DE AIRE, UN DEPÓSITO DE AGUA, UNA MEZCLADORA DE MATERIALES, UNA LANZADORA, MANGUERAS PARA CONDUCCIÓN DE LA MEZCLA Y LA BOQUILLA DE SALIDA.

AL CONJUNTO FORMADO POR EL EQUIPO Y EL MATERIAL QUE SE UTILIZA EN LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO LANZADO, SE LE LLAMA PLANTA. LAS DIMENSIONES DE ESTA VARIAN, DEPENDIENDO DE LAS NECESIDADES DE LA OBRA, PUDIENDO COLOCARLA A UNOS CUANTOS METROS DEL FRENTE DE TRABAJO O EN CASOS MÁS SOFISTICADOS, A UNA DISTANCIA MAYOR.

UNA DISTRIBUCIÓN CLÁSICA DE LANZADORA PEQUEÑA SE MUESTRA EN LA FIGURA 3.1, E INSTALACIONES DE PENDIMIENTO MAYORES EN LAS FIGURAS 3.2 Y 3.3.

LAS MÁQUINAS DE PRODUCCIÓN VERDADERAMENTE GRANDES PUEDEN FABRICAR 9 METROS CÚBICOS DE MEZCLA POR HORA, QUE PARECE SER EL LÍMITE QUE UN OPERADOR EN LA BOQUILLA PUEDE MANEJAR CON UN RENDIMIENTO ÓPTIMO; ALGUNOS EQUIPOS GRANDES REQUIEREN HASTA DOS OPERADORES DE BOQUILLA.

LOS EQUIPOS MAYORES SON ATENDIDOS CON FRECUENCIA POR CAMIONES MEZCLADORES DE CONCRETO QUE LLEVAN LA MEZCLA SECA A LA OBRA Y LA ALIMENTAN POR MEDIO DE UN TRANSPORTADOR A LA UNIDAD.

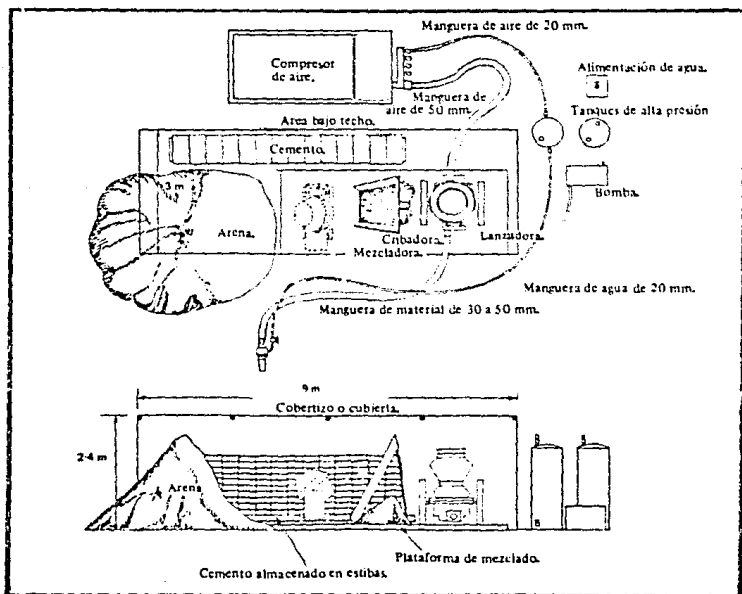


FIGURA 3.1 DISTRIBUCION DE LANZADORA PEQUEÑA.

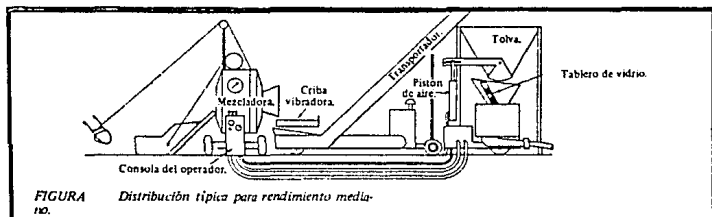


FIGURA 3.2

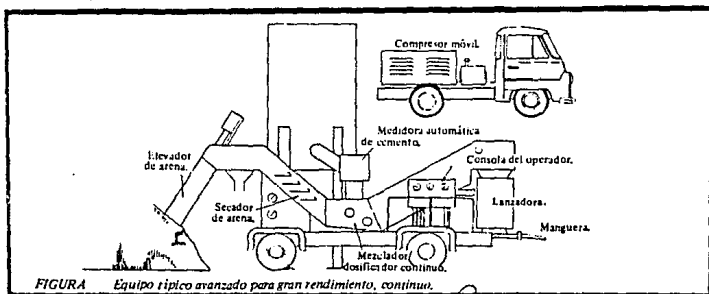


FIGURA 3.3.

LA PRINCIPAL FUNCIÓN DE UNA PLANTA DE CONCRETO LANZADO ES SUMINISTRAR LOS MATERIALES, EL AIRE Y EL AGUA A UNA BOQUILLA EN LAS PROPOCIONES CORRECTAS Y A UNA PRESIÓN ADECUADA DE TRABAJO. ESTO ES EL PROCEDIMIENTO BASA SU FUNCIONAMIENTO EN LA FUERZA NEUMÁTICA UTILIZADA COMO VEHÍCULO PARA TRANSPORTAR Y COLOCAR LOS MATERIALES.

3.1 COMPRESOR DE AIRE.

SE PUEDE AFIRMAR QUE EL PROCESO DE LANZADO DEL CONCRETO DEPENDE FUNDAMENTALMENTE DEL ADECUADO SUMINISTRO DEL AIRE COMPRIMIDO. NO SOLAMENTE DEBE SUMINISTRAR EL COMPRESOR UN VOLUMEN SUFICIENTE DE AIRE A LA PRESIÓN CORRECTA, SINO QUE ESTA PRESIÓN NO DEBE TENER FLUCTUACIONES. EL AIRE SUMINISTRADO A LA LANZADORA DEBE ESTAR SECO Y LIBRE DE ACEITE. LA MAYORÍA DE LAS LANZADORAS ESTÁN EQUIPADAS CON SECADORES; SIN EMBARGO, EN CONDICIONES MUY HÓMEDAS, SE REQUIEREN SECADORES DE AIRE ADICIONALES. EL AIRE HÓMEDO PUEDE OCASIONAR QUE EL VAPOR DE AGUA SE CONDENSE DENTRO DE LA LANZADORA, TAPÁNDOLA, AL ADHERIRSE GRADUALMENTE CAPAS DE CEMENTO.

CUANDO EL AIRE SE COMPRIME, ÉSTE RECIBE ENERGÍA, QUE ES SUMINISTRADA POR UNA MÁQUINA LLAMADA COMPRESOR (FIGURA 3.4); ESTA ENERGÍA ES TRANSMITIDA POR MEDIO DE UNA TUBERÍA O UNA MANGUERA AL EQUIPO OPERANTE, EN DONDE SE CONVERTIRÁ EN TRABAJO MECÁNICO. EL RESTO DE ESTA ENERGÍA SE PIERDE EN LA COMPRESIÓN Y EN LA TRANSMISIÓN DEL AIRE, POR LO QUE LA EFICIENCIA DE UN COMPRESOR SIEMPRE ES MENOR QUE 100 POR CIENTO.

DEPENDIENDO DEL TIPO Y FORMA EN QUE SE COMPRIME EL AIRE, LOS COMPRESORES SE PUEDEN CLASIFICAR EN:

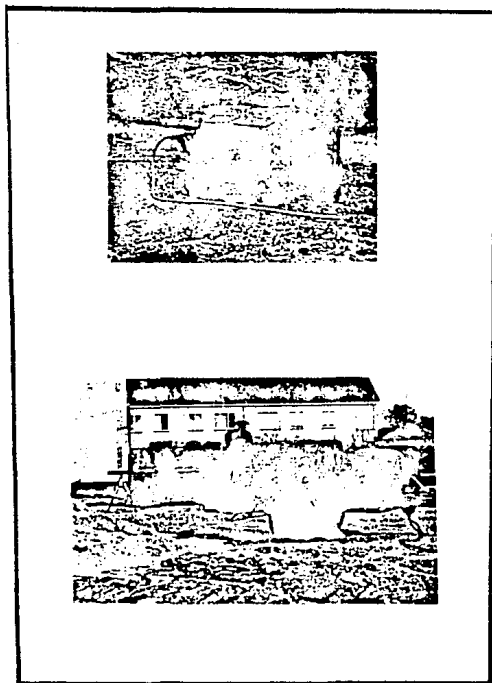


FIGURA 3.4 COMPRESOR DE AIRE.

COMPRESOR RECIPROCANTE. ES EL QUE TRABAJA POR MEDIO DE UN PISTÓN QUE SE MUEVE HACIA ATRÁS Y HACIA ADELANTE EN UN CILINDRO PARA COMPRIMIR EL AIRE, PUDIENDO HACER ESTO EN UNA O DOS DIRECCIONES.

COMPRESOR DE SIMPLE ACCION. ES AQUELLA MÁQUINA QUE SOLAMENTE COMPRIME EL AIRE POR EL EXTREMO DE UN CILINDRO.

COMPRESOR DE DOBLE ACCION. ES UNA MÁQUINA QUE PUEDE COMPRIMIR EL AIRE POR LOS DOS EXTREMOS DEL CILINDRO.

COMPRESOR DE UNA ETAPA. ESTE TIPO DE COMPRESOR COMPRIME EL AIRE, DESDE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA A LA DESEADA DE DESCARGA EN UNA SOLA OPERACIÓN.

COMPRESOR DE DOS ETAPAS. COMPRIME EL AIRE EN DOS OPERACIONES SEPARADAS. EN LA PRIMERA, COMPRIME EL AIRE HASTA UNA PRESIÓN INTERMEDIA Y EN LA SEGUNDA LO EFECTÚA A LA PRESIÓN REQUERIDA.

COMPRESOR DE ETAPAS MULTIPLES. ES UN COMPRESOR QUE A TRAVÉS DE DOS O MÁS ETAPAS PRODUCE LA PRESIÓN DESEADA.

COMPRESOR ROTATORIO. ES UNA MÁQUINA, EN LA CUAL LA COMPRESIÓN SE LLEVA A CABO POR MEDIO DE PIEZAS GIRATORIAS. OFRECE VARIAS VENTAJAS RESPECTO A LAS RECIPROCANTES; TALES COMO UN PEQUEÑO VOLUMEN, PESO

LIGERO, FLUJO UNIFORME, PRODUCCIÓN VARIABLE, FÁCIL OPERACIÓN Y LARGA VIDA.

COMPRESOR CENTRIFUGO. EFECTÚA LA COMPRESION POR MEDIO DE UNA HÉLICE GIRATORIA O IMPULSOR, QUE LE IMPARTE VELOCIDAD AL FLUJO DE AIRE PARA PROPORCIONARLE LA PRESIÓN DESEADA.

COMPRESOR ESTACIONARIO. GENERALMENTE SE UTILIZAN EN INSTALACIONES EN DONDE SE NECESITA AIRE COMPRIMIDO POR UN LARGO PERIODO DE TIEMPO; PUEDEN SER DEL TIPO RECIPROCANTE O ROTATORIO, DE UNA ETAPA O DE MÚLTIPLES.

COMPRESOR PORTATIL. SE UTILIZAN CUANDO ES NECESARIO MOVER EL EQUIPO PARA CUMPLIR CON LAS FRECUENTES DEMANDAS DE LA OBRERA. PUEDEN SER MONTADAS SOBRE LLANTAS DE HULE, RUEDAS DE ACERO, O SOBRE PLATAFORMAS.

PARA LA SELECCIÓN ADECUADA DEL TIPO DEL COMPRESOR ES NECESARIO TOMAR EN CUENTA ENTRE OTROS PARÁMETROS LOS SIGUIENTES:

RELACIÓN DE COMPRESIÓN. ES LA RELACIÓN DE LA PRESIÓN ABSOLUTA DE DESCARGA, A LA PRESIÓN ABSOLUTA DE ENTRADA.

POTENCIA TEÓRICA. ES LA POTENCIA REQUERIDA PARA COMPRIMIR ADIABÁTICAMENTE EL AIRE ENTREGADO POR UN COMPRESOR A TRAVÉS DEL PROMEDIO DE PRESIONES ESPECÍFICAS SIN PÉRDIDA DE ENERGÍA.

POTENCIA DE FRENAJE. ES LA POTENCIA REAL QUE REQUIERE UN COMPRESOR PARA PODER COMPRIMIR EL AIRE.

EFICIENCIA DEL COMPRESOR. ES LA RELACIÓN DE LA POTENCIA TEÓRICA A LA POTENCIA DE FRENAJE.

CAPACIDAD. ES EL VOLUMEN REAL DE AIRE LIBRE QUE ENTRA A UN COMPRESOR EN UN MINUTO Y SE EXPRESA EN CH^3/MIN , LITROS/MIN, ETC.

PARA UNA DISPOSICIÓN NORMAL DE LANZADORA SE REQUIERE UNA CAPACIDAD DEL COMPRESOR NO MENOR DE 700 LITROS POR MINUTO. PARA EL EMPLEO DE CONCRETO LANZADO EN ESTRUCTURAS, POR EJEMPLO, PARA 250 MM EN MUROS, SE NECESITA UN COMPRESOR CON UNA CAPACIDAD DE 10,000 A 17,000 LITROS POR MINUTO DEPENDIENDO DEL TIPO DE LANZADORA. LOS VENDEDORES DE EQUIPO DE CONCRETO LANZADO TIENDEN A PROPORCIONAR LOS VOLÚMENES LIBRES MÍNIMOS DE FUNCIONAMIENTO DEL COMPRESOR PARA SUS MÁQUINAS.

LA PRESIÓN NORMAL DE FUNCIONAMIENTO (LA VERDADERA PRESIÓN DEL AIRE A LA SALIDA DE LA LANZADORA) MEDIDA CON UN MANÓMETRO COLOCADO CERCA DE LA SALIDA, ES GENERALMENTE ENTRE 2.45 Y 2.85 KG/CM^2 , MIENTRAS QUE LA PRESIÓN DE ALIMENTACIÓN ES DE 5.5 A 7 KG/CM^2 . LAS PRESIONES DE FUNCIONAMIENTO ESTÁN RELACIONADAS CON LA LONGITUD DE LA MANGUERA Y LA ALTURA DE LA BOQUILLA ARRIBA DE LA LANZADORA. LA ALTURA MÁXIMA A LA CUAL PUEDE ENTREGARSE CON SEGURIDAD EL CONCRETO LANZADO ES UNOS 100 METROS ARRIBA DE LA LANZADORA.

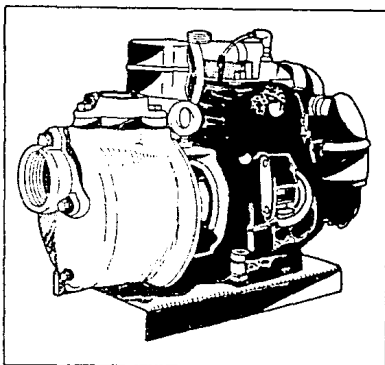
3.2 SUMINISTRO DE AGUA.

LA PRESIÓN CONSTANTE DEL AGUA SUMINISTRADA ES ESENCIAL PARA LOGRAR UNA BUENA HIDRATACIÓN DEL CONCRETO LANZADO; POR ESTO, ES NECESARIO CONTAR CON UN TANQUE ALMACENADOR DE AGUA, UNA BOMBA DE TIPO CENTRÍFUGO, UN JUEGO DE MANGUERAS Y OTRO DE VÁLVULAS, SIENDO LA MÁS IMPORTANTE AQUELLA QUE SE ENCUENTRA LOCALIZADA EN LA UNIÓN CON LA BOQUILLA DE SALIDA, PARA QUE EL FLUJO DE AGUA PUEGA GRADUARSE.

LA SELECCIÓN DE LA BOMBA DEPENDERÁ BÁSICAMENTE DE LA DISTANCIA MÁXIMA DE COLOCACIÓN DEL CONCRETO. EL MOTOR QUE HACE TRABAJAR A LA BOMBA, PUEDE SER NEUMÁTICO, ELÉCTRICO, DE DIESEL O GASOLINA. SE ENCUENTRAN MONTADAS SOBRE RUEDAS NEUMÁTICAS O SOBRE UNA BASE METÁLICA. VER FIGURA 3.5.

OPERAN ARROJANDO HACIA AFUERA EL AGUA QUE ENTRA A ELLAS A TRAVÉS DE UNA MANGUERA POR MEDIO DE ASPAS QUE GIRAN RÁPIDAMENTE. EL AGUA LLEGA A UNA VÁLVULA INSTALADA EN LA BOQUILLA A TRAVÉS DE UNA LÍNEA LIGERA FLEXIBLE, DE ALTA PRESIÓN. CUANDO SEA POSIBLE, ESTA LÍNEA SE CONECTARÁ DIRECTAMENTE A LA ALIMENTACIÓN PRINCIPAL, SIEMPRE QUE ESTA ALIMENTACIÓN TENGA UNA PRESIÓN NO MENOR DE 4 KG/CM². CUANDO TENGA QUE PROVEERSE PRESIÓN ADICIONAL, SE LLEVARÁ A CABO USANDO YA SEA UNA BOMBA ACCIONADA POR MOTOR (MOTOR DE AIRE, ELÉCTRICO O GASOLINA) ALIMENTADA

BOMBA MODELO 10. M



Centrífuga

Autocebante

Motor de Gasolina

2 x 2 Pulgadas

ESPECIFICACIONES

TAMARO: 2" X 2" NPT

MOTOR: Kohler K181 de 8 HP a 3600 RPM,
monocilíndrico enfriado por aire.

VOLUTA:

REEMPLAZABLE: Hierro gris clase 30.

FIGURA 3.5 BOMBA DE AGUA.

DEL ABASTECIMIENTO Y QUE NORMALMENTE DESCARGA A UN TANQUE DE PRESIÓN PARA ROMPER LOS IMPULSOS, O USANDO TANQUES FIJOS DE AIRE PRESURIZADOS. VER FIGURA 3.1

TODAS LAS MANGUERAS DEBERÁN SER DE ALTA PRESIÓN. LA MAYORÍA DE LOS FABRICANTES DE EQUIPO SUMINISTRAN MANGUERAS LISTAS PARA SER USADAS Y LO MEJOR ES SERVIRSE DE ELLAS.

GENERALMENTE SE NECESITAN APROXIMADAMENTE 30 METROS DE MANGUERA COMO LONGITUD MÍNIMA PARA PRODUCIR UNA ALIMENTACION CONFIAELE EN LA BOQUILLA. UN PUNTO QUE DEBE OBSERVARSE ESTRECHAMENTE ES LA CONCORDANCIA DE LA MANGUERA DE ALIMENTACIÓN Y LOS COPLES; SI UN MOTOR TIENE UNA ENTRADA DE 25 MM. DE DIÁMETRO, NO ES ACONSEJABLE CONECTARLO A UN COMPRESOR CON UNA LÍNEA O MANGUERA DE 12 O 20 MM. DE DIÁMETRO. LA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN QUE ES MUY PEQUEÑA DARÁ POR RESULTADO UN CONTROL INADECUADO DE LA LANZADORA O, EN CASO DE SER POSIBLE EL CONTROL, PRODUVERÁ LA CONGELACIÓN DE LAS VÁLVULAS Y LAS ASPAS DEL MOTOR; DEBERÁN EVITARSE LAS EXPANSIONES ADIABÁTICAS A TRAVÉS DE LOS COPLES, VÁLVULAS Y ACCESORIOS. LAS MANGUERAS O CONEXIONES DE MAYOR DIÁMETRO DE LAS LÍNEAS NO OFRECEN PROBLEMAS EN ESTE ASPECTO, PERO SON ESTORBOSAS O INCÓMODAS.

3.3 LA LANZADORA .

SE DENOMINA LANZADORA, A AQUELLA MÁQUINA QUE ES CAPAZ DE IMPULSAR EN UNA DIRECCIÓN DETERMINADA, POR MEDIO DE UNA MANGUERA, UNA MEZCLA DE CONCRETO, UTILIZANDO COMO VEHICULO DE TRANSPORTE AL AIRE COMPRIMIDO.

EN FORMA BÁSICA, LOS DIFERENTES TIPOS DE LANZADORAS FUNCIONAN BAJO EL MISMO PRINCIPIO. ESTE CONSISTE EN ALIMENTAR UNA CÁMARA CON MEZCLA DE CONCRETO, AUMENTAR LA PRESIÓN DE LA MISMA CON AIRE COMPRIMIDO PARA PODER IMPULSARLA POR MEDIO DE UNA MANGUERA HASTA LA BOQUILLA DE SALIDA.

LA LANZADORA DEBERÁ ESCOGERSE DE ACUERDO CON EL TIPO Y CANTIDAD DE CONCRETO LANZADO QUE SE NECESITE. SU RENDIMIENTO DEBE SER DE TAL MODO QUE SUMINISTRE A LA BOQUILLA UNA CORRIENTE REGULAR, UNIFORME, VIGOROSA Y SIN PULSACIONES.

LOS AGREGADOS DE 20 Y AÚN 25 MILÍMETROS USADOS PARA SECCIONES GRUESAS, PUEDEN ACOMODARSE ÚNICAMENTE EN LAS MÁQUINAS GRANDES. ESTAS MÁQUINAS PUEDEN USARSE COMO UNA ALTERNATIVA DE UNA BOMBA CONVENCIONAL DE CONCRETO, EN CUYO CASO SE USA UNA BOQUILLA EN FORMA DE ZAPATO O DE TOLVA RECEPTORA.

DE ACUERDO AL SISTEMA, EXISTEN LANZADORAS PARA EL MÉTODO HÚMEDO Y PARA EL SECO. POR SU FUNCIONAMIENTO LAS LANZADORAS DE MECCLA SECA, SE PUEDEN DIVIDIR EN CUATRO TIPOS:

- A) SOBRE RUEDAS DE ALIMENTACIÓN.
- B) TIPO DE RUEDA DE ALIMENTACIÓN.
- C) ALIMENTADA POR GRAVEDAD.
- D) TIPO TAMBOR ROTATORIO.

3.3.A

LANZADORA SOBRE RUEDAS DE ALIMENTACIÓN.

ESTA MÁQUINA ESTÁ FORMADA POR DOS CÁMARAS DE RECEPCIÓN DE MATERIAL Y POR UNA RUEDA DE ALIMENTACIÓN GIRATORIA. EL OBJETO DE TENER UNA DOBLE CÁMARA, ES PARA QUE LA LANZADORA TRABAJE SIEMPRE CON UNA CIERTA PRESIÓN DE AIRE Y PODER CONDUCIR EL MATERIAL EFICIENTEMENTE HASTA LA RUEDA DE ALIMENTACIÓN. LAS CÁMARAS DE RECEPCIÓN ESTAN SITUADAS UNA SOBRE LA OTRA Y OPERAN POR MEDIO DE VÁLVULAS DE CAMPANA (FIGURA 3.6).

LA SECUENCIA DE OPERACIÓN SE MUESTRA EN LA FIGURA 3.7.

LA MEZCLA SECA SE INTRODUCE EN LA CÁMARA SUPERIOR, SE CIERRA ÉSTA SE LEVANTA LA PRESIÓN QUE ABRE LA VÁLVULA DE CAMPANA INTERMEDIA Y DEJA PASAR LA MEZCLA A LA CÁMARA INFERIOR (ESTE PROCESO SE CONOCE COMO CONMUTACIÓN). EN ÉSTA SE LEVANTA A SU VEZ LA PRESIÓN QUE CIERRA LA VÁLVULA INTERMEDIA Y LA MEZCLA VA ALIMENTÁNDOSE BAJO PRESIÓN A LA TUBERÍA DE DESCARGA, MEDIANTE UNA RUEDA DE CAVIDADES. MIENTRAS SE EFECTÚA LA OPERACIÓN DE DESCARGA SE ESTÁ ALIMENTANDO MEZCLA SECA A LA CÁMARA SUPERIOR PARA EMPEZAR UN NUEVO CICLO.

LA RUEDA DE ALIMENTACIÓN SE ENCUENTRA SITUADA EN LA PARTE INTERIOR DE LA SEGUNDA CÁMARA; SU FORMA ES CÓNICA, CON DIENTES ALREDEDOR DE LOS RISHOS, LOS CUALES OBLIGAN AL MATERIAL A INTRODUCIRSE ENTRE ELLOS. LA PARTE FINAL DE LA CÁMARA INFERIOR CUENTA CON UN DOBLE CAÑÓN, EN DONDE, POR UNO ENTRA AIRE COMPRIMIDO Y POR EL OTRO SALE MATERIAL. FIGURA 3.7

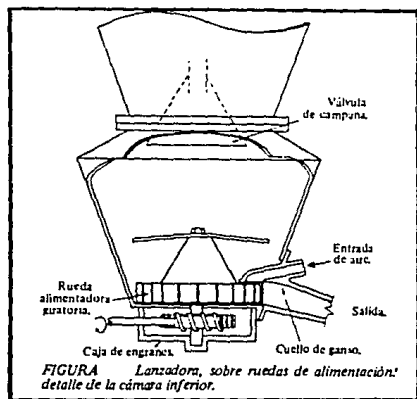
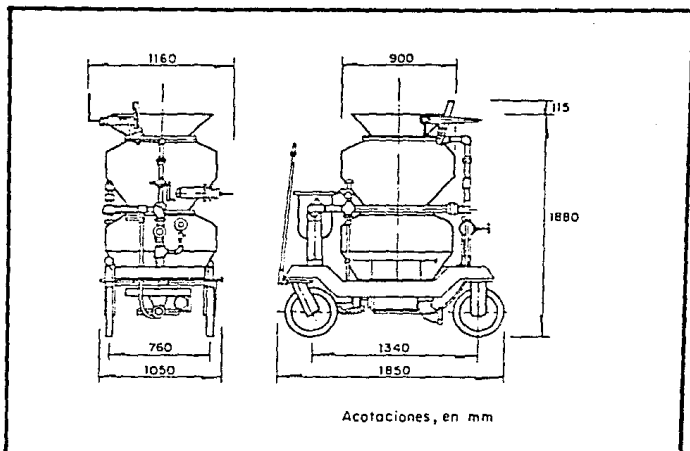


FIGURA 3.6

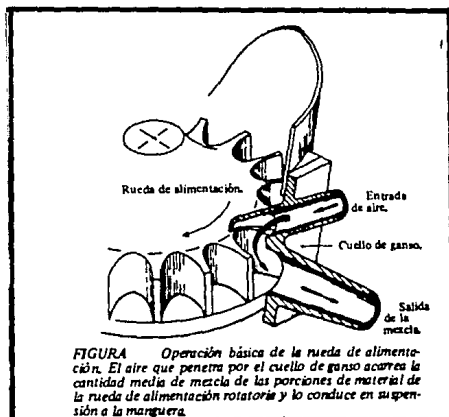
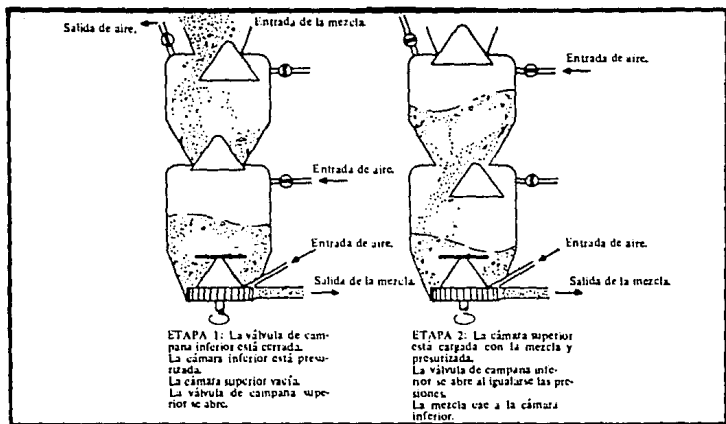


FIGURA 3.7

UN BUEN OPERADOR PUEDE LOGRAR, CON LA AYUDA DE LAS DOS CÁMARAS, UNA DESCARGA PRÁCTICAMENTE CONTINUA. SE REQUIERE ENTONCES, UNA CONSTANTE ATENCIÓN DEL OPERADOR. EL CUAL DEBE DESENVOLVERSE CON DESTREZA. UNA CONMUTACIÓN EFICIENTE DEPENDE DE LA LIMPIEZA DE LA VÁLVULA DE CAMPANA INFERIOR Y DE LA HABILIDAD DEL OPERADOR QUE LA ATIENDA.

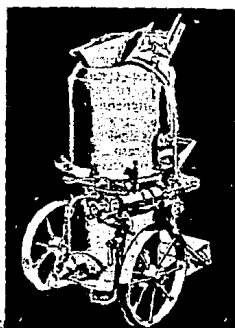
SON CUALIDADES DE ESTE TIPO DE MÁQUINAS SU ROBUSTEZ Y EL POCO NÚMERO DE PIEZAS DELICADAS O MÓVILES QUE SE DESGASTAN O REQUIEREN FRECUENTEMENTE MANTENIMIENTO.

3.3.B LANZADORA DE RUEDA DE ALIMENTACIÓN ADAPTADA TIPO BOULDER.

ESTA MÁQUINA (FIGURA 3.8) SE DIFERENCIA BÁSICAMENTE DE LA LANZADORA DE ALIMENTACIÓN DE RUEDA NORMAL, EN QUE LA RUEDA SOLAMENTE NECESITA SUMINISTRAR, PARCIALMENTE, LA MEZCLA CONTENIDA EN EL ALIMENTADOR DEL MATERIAL A LA BOQUILLA. LA FIGURA 3.9 ILUSTRAS EL TRABAJO BÁSICO DEL SISTEMA. EL VOLUMEN DIFERENCIAL ENTRE LOS SUMINISTROS (1) Y (2) PROPORCIONA LOS MEDIOS DE REGULAR EL FLUJO DEL MATERIAL A LA BOQUILLA.

LAS MODIFICACIONES MÁS SIGNIFICATIVAS CONSISTEN EN QUE EN LUGAR DE SALIR EL MATERIAL POR EL ESPACIO INTERDENTAL, SALE POR ARRIBA; ESTO OCURRE DEBIDO A QUE HAY UNA DOBLE ALIMENTACIÓN DE AIRE. POR UN LADO SE INYECTA AIRE COMPRIMIDO QUE LEVANTA EL MATERIAL Y LO DEPOSITA EN EL CAÑÓN DE SALIDA Y LA OTRA ALIMENTACIÓN SE ENCUENTRA EN ESTE CAÑÓN QUE IMPULSA A LA MEZCLA A LO LARGO DE TODA LA MANGUERA. ESTA DOBLE ALIMENTACIÓN PROVIENE DE UN TRONCAL PRINCIPAL, EN DONDE EL FLUJO SE REGULA POR LA ACCIÓN DE UNA VÁLVULA.

ESTE SISTEMA DA POR RESULTADO UN CONTROL MUY SENSIBLE Y ESTÁ ESPECIALMENTE ADAPTADO PARA MATERIALES REFRACTARIOS YA QUE SE PUEDE CONTROLAR DE MODO EFICIENTE EL FLUJO DE MATERIAL A LA BOQUILLA.



*FIGURA Máquina tipo Boulder "H"
adaptada con rueda de alimentación.*

FIGURA 3.8

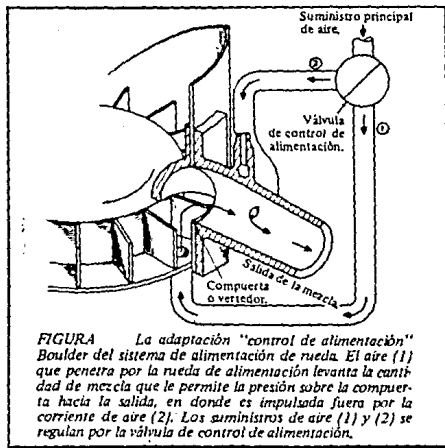


FIGURA 3.9

3.3.C

LANZADORA ALIMENTADA POR GRAVEDAD.

LAS LANZADORAS ALIMENTADAS POR GRAVEDAD TIENEN UNA VARIACIÓN DE DISEÑO, PERO SU FUNCIONAMIENTO BÁSICO SE PUEDE VER EN LA FIGURA 3.10. SON MÁQUINAS DE CÁMARA DOBLE O SENCILLA. EL MATERIAL EN LA CÁMARA BAJA SE MANTIENE EN MOVIMIENTO POR LAS ASPAS DE UN AGITADOR Y CAE HACIA EL ESTRECHAMIENTO DEL CONO INVERTIDO, COMO EN UN RELOJ DE ARENA.

EN EL ESTRECHAMIENTO ESTÁ UN CONDUCTO POR EL CUAL PENETRA EL AIRE A PRESIÓN ELEVADA, SOPLA A TRAVÉS DE LA CAÍDA DEL MATERIAL Y LO EMPUJA HACIA LA SALIDA.

TANTO LAS LANZADORAS ALIMENTADAS DIRECTAMENTE (POR GRAVEDAD) COMO LAS DE RUEDA ALIMENTADORA TIENEN CONTROLES SIMILARES DE OPERACIÓN; SIN EMBARGO, LA SEGUNDA PUEDE AJUSTARSE CON MAYOR SENSIBILIDAD.

EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DE AMBAS MÁQUINAS DEPENDE BÁSICAMENTE DEL MANTENIMIENTO ADECUADO QUE SE LES DÉ. ENTRE LAS TAREAS MÁS IMPORTANTES SE PUEDEN SEÑALAR:

TODAS LAS VÁLVULAS DE CAMPANA DEBERÁN ESTAR BIEN ENGRASADAS PARA IMPEDIR DESGASTE PREMATURO; ADEMÁS, DEBEN LIMPIARSE ESCRUPULOSAMENTE. EL SISTEMA DE LUBRICACIÓN DEL MOTOR DEBE REVISARSE DIARIAMENTE, ASÍ COMO LA CANTIDAD DE ACEITE Y GRASA RECOMENDADOS POR EL FABRICANTE.

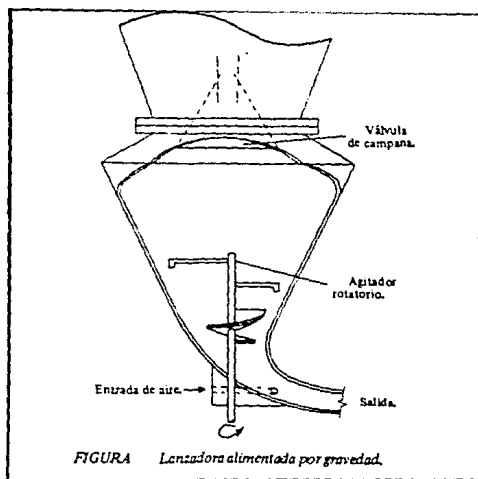


FIGURA 3.10

LAS JUNTAS DEBEN REVISARSE PERIÓDICAMENTE Y REPONERSE EN EL INSTANTE ADECUADO. LA SALIDA DEL MATERIAL DEBE ESTAR LO MÁS LIMPIA POSIBLE.

ALGUNAS DE LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE ESTAS LANZADORAS SE MUESTRAN EN LA FIGURA 3.11

MODELO	CAPACIDAD	ESTANDAR DE MONTURA	ESTANDAR DE MANGUERA	DIMENSIONES			
				ALTURA	ANCHO	LONGITUD	PESO
DOBLE JUNTA							
N-0	3/4-1½ CU. MTS/ HR.	2 RUEDAS DE ACERO	1"	46"	33"	37"	680#
N-1	3-4 CU. MTS/ HR.	2 RUEDAS DE ACERO	1½"	49"	44"	45"	1160#
N-2	6-10 CU. MTS/ HR.	2 RUEDAS DE ACERO	1½"	54"	46"	46"	1220#
JUNTA SENCILLA							
S-1	600-LB. LOTE	3 RUEDAS CON HULE FUERTE	1½"	47"	46"	70"	1260#
S-2 (10)	1000-LB. LOTE	3 RUEDAS CON HULE FUERTE	1 1/8"	52"	44"	78"	1335#
S-2 (20)	2000-LB. LOTE	FABRICACION FORKLIFT.	1½"	73"	36"	54"	1600#

FIGURA 3.11 CARACTERISTICAS DE LANZADORAS ALIMENTADAS POR GRAVEDAD.

3.3.D

LANZADORA TIPO TAMBOR ROTATORIO.

ESTE TIPO DE MÁQUINAS SON LAS QUE MAS VENTAJAS OFRECEN, AUNQUE SU COSTO DE OPERACIÓN SEA MÁS ELEVADO, YA QUE TIENEN UN GRAN NÚMERO DE PIEZAS QUE SUFREN DESGASTE RÁPIDO. VER FIGURA 3.12

SU FUNCIONAMIENTO ES SIMILAR AL DE UNA PISTOLA TIPO REVOLVER, YA QUE CUENTA CON UN TAMBOR CON UN DETERMINADO NÚMERO DE CÁMARAS EN FORMA CILÍNDRICA, LAS CUALES SE ENCUENTRAN ABIERTAS EN SUS EXTREMOS SUPERIOR E INFERIOR; GIRA ENTRE DOS PLACAS PERFECTAMENTE PLANAS Y PARALELAS Y AL ROTAR EL TAMBOR, POR UN LADO SE VAN CARGANDO LAS CÁMARAS CON MATERIAL QUE CAE DESDE LA TOLVA DE ADMISIÓN (VER FIGURA 3.13). AL GIRAR LAS CÁMARAS CON CARGA, PASAN POR ZONAS SELLADAS, IMPIDIENDO QUE EL MATERIAL SE DESPERDICIE; LA SALIDA DEL MATERIAL SE REALIZA CUANDO LA CÁMARA SE COLOCA DEBAJO DEL CAÑÓN DE AIRE COMPRIMIDO, ÉSTE EMPUJARÁ AL MATERIAL HASTA COLOCARLO EN UN CONDUCTO SITUADO EN LA PARTE INFERIOR.

EN ESTE LUGAR SE INYECTA AIRE ADICIONAL PARA INTRODUCIR AL MATERIAL EN LAS MANGUERAS. LA CÁMARA SE LIMPIA EN UNA SALIDA DE ESCAPE PARA REPETIR EL CICLO.

EL TAMAÑO DE LAS MÁQUINAS ES GRANDE, PERO EN CAMBIO SON MÁS PORTÁTILES YA QUE CUENTAN CON ADITAMENTOS ESPECIALES PARA ELLO, DE

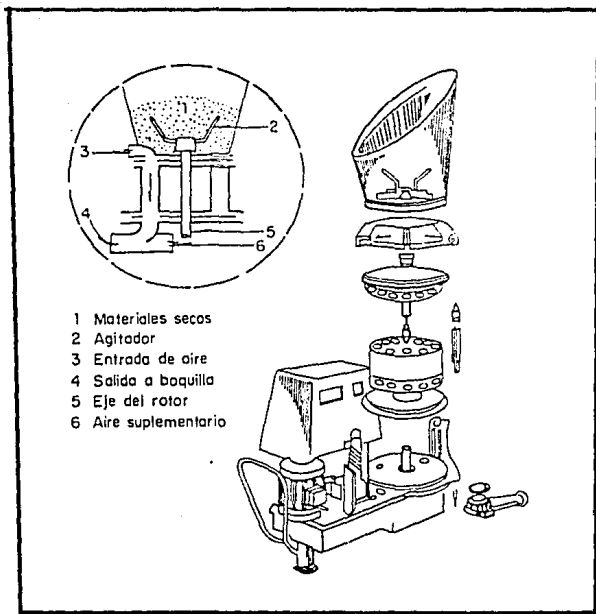


FIGURA 3.12 LANZADORA TIPO TAMBOR ROTATORIO.

ESTA TESIS NO DEBE
 SALIR DE LA BIBLIOTECA

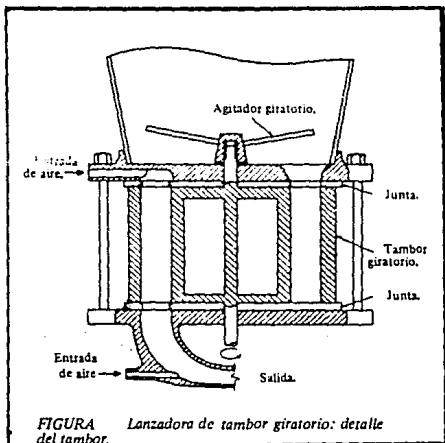


FIGURA 3.13

ESTA FORMA SE OBTIENE UN MAYOR RENDIMIENTO QUE EN OTRAS. NO ES RECOMENDABLE SU USO CON MATERIALES MUY FINOS O PARA PRODUCIR CONCRETOS LANZADOS A ALTAS VELOCIDADES. EL MATERIAL GRUESO SE PUEDE UTILIZAR SIN CORRER EL RIESGO DE ATASCAMIENTOS ENTRE EL TAMBOR Y LAS PLACAS.

EL SELLO DEL TAMBOR Y LAS PLACAS SUPERIOR E INFERIOR, CONSTITUYE EL MAYOR PROBLEMA EN ESTE TIPO DE LANZADOR, YA QUE EL DESGASTE ES DEMASIADO RÁPIDO Y HAY QUE REPONERLAS A MENUDO. ESTAS PLACAS ESTÁN HECHAS DE HULE DURO CON RESPALDO DE ACERO Y SE VAN DESGASTANDO CONFORME AVANZA EL TRABAJO. POR OTRO LADO CASI NO NECESITAN ATENCIÓN CUANDO ESTAN TRABAJANDO, YA QUE SE PUEDE REGULAR SU ALIMENTACIÓN DEJÁNDOLAS TRABAJAR SOLAS.

PARA TENER UNA BUENA PRODUCCIÓN DE CONCRETO, SERÁ NECESARIO MANTENER LIMPIAS Y ENGRASADAS LAS VÁLVULAS, REVISAR LOS NIVELES DE ACEITE Y GRASA DEL MOTOR, ADEMÁS DE MANTENER LIBRES DE MATERIAL ACUMULADO EN LOS ORIFICIOS DE ESCAPE Y LAS PAREDES DE LOS CILINDROS.

POR LO GENERAL, EL RENDIMIENTO ES MAYOR UTILIZANDO MOTOR NEUMÁTICO QUE ELÉCTRICO AUNQUE EL CONSUMO DE AIRE ES CONSIDERABLE (ALGUNAS CON MUY ALTAS REVOLUCIONES CONSUMEN CERCA DE 25 METROS CÚBICOS POR MINUTO).

LANZADORAS DE MEZCLA HUMEDA.

EL SISTEMA DE LA MEZCLA HÚMEDA ES MENOS EFICIENTE QUE EL DE LA MEZCLA SECA, YA QUE CON EL PRIMERO SE PRESENTA GENERALMENTE UN REVENIMIENTO DE 20 A 50 MILÍMETROS, EN CAMBIO, EL MÉTODO SECO TIENE UN REVENIMIENTO IGUAL A CERO.

POR LO GENERAL, CONSTAN DE UNA CÁMARA DE VOLUMEN GRANDE. TRABAJAN EN BASE A UN SISTEMA DE AIRE PRESURIZADO CON ALIMENTACIÓN DE AIRE ADICIONAL A LA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN A LA SALIDA DE LA MÁQUINA; EL AIRE EMPUJA AL MATERIAL POR EL CAÑÓN DE SALIDA SITUADO EN LA PARTE INFERIOR DE LA CÁMARA; EN ESTE LUGAR SE INYECTA AIRE COMPRIMIDO PARA IMPULSAR A LA MEZCLA E INTRODUCIRLA EN LAS MANGUERAS Y ASÍ PODER PROYECTARLA. CUENTA ADEMÁS CON UN AGITADOR DE ASPAS, PARA MOVER LA MEZCLA CONSTANTEMENTE; LA INCLUSIÓN DE AGUA PERMITE QUE LA MEZCLA FLUYA HASTA LA SALIDA (VER FIGURA 2.3).

LA VELOCIDAD EN LA BOQUILLA ES COMPARABLE CON LA DE LOS LANZADORES DE MEZCLA SECA Y ES POSIBLE DISPARARLA A PLAFONES CON MUCHO CUIDADO. SE PRODUCE REBOTE, Y, EN GENERAL, SE APLICAN LAS TÉCNICAS DEL MEZCLADO EN SECO. LOS SISTEMAS DE MEZCLA HÚMEDA NO SE USAN AGREGADOS LIGEROS, EXCEPTO PARA APLANADOS EN MUROS.

3.4 LA BOQUILLA .

LA BOQUILLA ES EL LUGAR DONDE SE EFECTÚAN LOS CAMBIOS QUÍMICOS Y FÍSICOS DE LA MEZCLA Y ES LA PARTE FINAL DEL EQUIPO DE CONCRETO LANZADO QUE DA EL IMPULSO SUFICIENTE A LA MEZCLA PARA COLOCARLA EN EL LUGAR A RECUBRIR.

LA FUNCIÓN DE LA BOQUILLA (FIGURA 3.14) ES CONVERTIR LA CORRIENTE DE MATERIAL ENTRANTE EN SECO, EN MORTERO HUMEDECIDO QUE TRANSITE A SUFICIENTE VELOCIDAD PARA SER DIRIGIDO CON EXACTITUD A UN PUNTO ESPECÍFICO.

AL MEZCLADO ÍNTIMO DEL AGUA Y DEL MATERIAL EN LA BOQUILLA SE LE CONOCE EN EL 'ARGOT' DEL CONCRETO LANZADO COMO "HIDRATACIÓN", EN UN SENTIDO COMPLETAMENTE DIFERENTE AL QUE TIENE LA PALABRA EN SU SIGNIFICADO COMÚN COMO UNA COMBINACIÓN QUÍMICA DE CEMENTO Y AGUA.

EXISTEN DOS TIPOS BÁSICOS DE BOQUILLAS, DEPENDIENDO PRINCIPALMENTE DEL SISTEMA DE CONCRETO LANZADO A UTILIZAR; DE AQUÍ QUE EXISTAN BOQUILLAS PARA EL MÉTODO SECO Y PARA EL HÚMEDO.

LA BOQUILLA SE DIVIDE EN DOS PARTES, EL CUERPO Y LA PUNTA. EL PRIMERO ESTÁ DISEÑADO PARA SUMINISTRAR UN FLUJO DE AGUA VARIABLE, EL CUAL FLUYE RÁPIDAMENTE HACIA EL CENTRO DE LA BOQUILLA. EL DISPOSITIVO

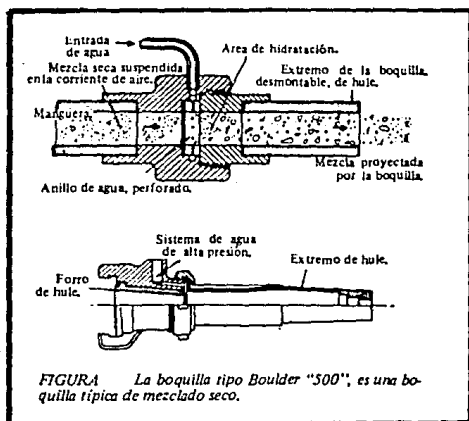


FIGURA 3.14

POR DONDE FLUYE EL AGUA ES UN ANILLO CON PERFORACIONES O UNA RONDANA DE EXPANSIÓN; LOS MATERIALES CON QUE ESTÁN FABRICADOS VARIAN DESDE EL BRONCE, ACERO, HULE, ETC. POR MEDIO DE ESTE DISTRIBUIDOR, EL AGUA ENVUELVE A LA MEZCLA DE TAL MODO QUE EL OPERADOR PUEDE REGULAR EL FLUJO DEL AGUA. EXISTE UNA CONEXIÓN ENTRE EL ANILLO DISTRIBUIDOR Y LA LÍNEA DE AGUA, LA CUAL PUEDE SER REMOVIBLE O FIJA.

LA CONEXIÓN ENTRE EL CUERPO Y LA PUNTA DE LA BOQUILLA PUEDE HACERSE POR MEDIO DE CLIPS, ROSCAS, TORNILLOS, ETC.

LA PUNTA DE LA BOQUILLA ES REMOVIBLE Y GENERALMENTE ESTÁ HECHA O RECUBIERTA DE HULE; CON ESTO SE OBTIENE MAYOR LIMPIEZA Y DURACIÓN, YA QUE LA BOQUILLA SE GASTA MUCHO MÁS CON OTRO TIPO DE MATERIALES.

LAS BOQUILLAS VARIAN MUCHO EN SU DISEÑO POR LO QUE NO DEBEN INTERCAMBIARSE ENTRE UNO Y OTRO TIPO DE MÁQUINAS.

SE HA ENCONTRADO QUE LA INDUCCIÓN DE TURBULENCIAS, VÓRTICES O EXPANSIONES VENTURI PUEDEN REDUCIR EL PORCENTAJE DE REBOTE Y PRODUCIR UN MEJOR CONCRETO LANZADO (VER FIGURA 3.15).

PARA EL CASO DE MEZCLAS HÚMEDAS, EL DISEÑO DE LAS BOQUILLAS ES MÁS SENCILLO, YA QUE LOS MATERIALES YA VIENEN MEZCLADOS CON EL AGUA.

SU FUNCIÓN SE LIMITA A IMPULSAR Y DIRIGIR LA MEZCLA AL LUGAR DESEADO. EL PRIMER OBJETIVO SE LOGRA INYECTANDO AIRE COMPRIMIDO ADICIONAL EN LA BOQUILLA. LA DIRECCIÓN DEL MATERIAL SE CONSIGUE CON UNA PUNTA DE BOQUILLA SIMPLE (GENERALMENTE DE FORMA RECTA) Y FABRICADA O RECUBIERTA DE MATERIAL AHULADO (GENERALMENTE NEOPRENO).

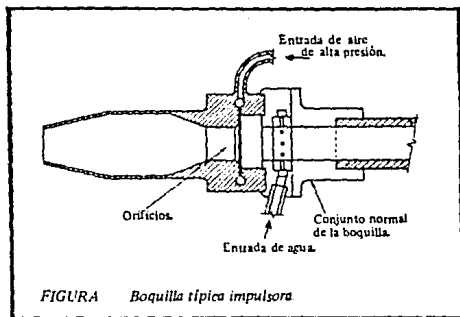


FIGURA Boquilla típica impulsora

FIGURA 3.15

3.5 LA MEZCLADORA.

DEFENDIENDO DE LAS NECESIDADES PARTICULARES DE PRODUCCIÓN, EL MEZCLADO DE LOS MATERIALES SE PUEDE HACER EN FORMA MANUAL O EN FORMA MECÁNICA.

LAS MEZCLADORAS SON MÁQUINAS QUE ESTÁN CONSTITUIDAS PRINCIPALMENTE POR UNA OLLA METÁLICA SOPORTADA EN UN CHASIS CON RUEDAS, Y ACCIONADAS POR UN MOTOR DE GASOLINA O DIESEL QUE HACE GIRAR LA OLLA MEZCLANDO LOS ELEMENTOS QUE EN ELLA SE ENCUENTRAN, PARA LA ELABORACIÓN DEL CONCRETO. TAMBIÉN SE LAS PUEDE ENCONTRAR MONTADAS SOBRE UN CAMIÓN Y SOBRE ORUGAS.

SEGÚN SU TAMAÑO SE LAS PUEDE CLASIFICAR EN REVOLVEDORAS DE UN SACO, DOS SACOS, ETC., O MÁS APROPIADAMENTE, SEGÚN SU CAPACIDAD EXPRESADA EN METROS CÚBICOS O PIES CÚBICOS.

EN LA FIGURA 3.16 SE MUESTRAN LAS PRODUCCIONES DE VARIAS MEZCLADORAS, CON RENDIMIENTOS DE HORAS DE 60 MINUTOS.

CUANDO EL CONSUMO DE MEZCLA SEA MUY GRANDE, SE PUEDEN EMPLEAR CAMIONES REVOLVEDORAS DE 0.76 A 5.73 METROS CÚBICOS Y BANDAS TRANSPORTADORAS ADECUADO.

Tamaño de la Capacidad nominal		Tiempo del ciclo mínimo		Revoluciones por hora.		Producción		Producción	
ft ³	m ³	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
3 1/2	0.10	1.5	2.25	40	27	52	35	5.97	2.67
6.5	0.17	1.5	2.25	40	27	89	60	6.60	4.58
11.5	0.31	1.5	2.50	40	24	163	98	12.48	7.49
18.5	0.43	1.5	2.50	40	24	201	142	15.36	10.67
28.5	0.79	1.75	2.75	34	22	333	228	26.98	17.27
36.5	1.08	2.00	2.75	30	22	623	456	47.62	34.66
64.5	2.37	2.25	3.00	27	20	840	622	64.21	47.53
112.5	3.17	2.50	3.25	24	18	945	745	76.06	56.95

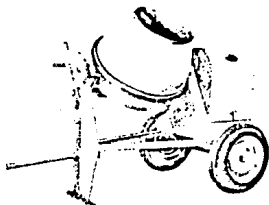
Horas de 60 minutos

Tamaño máxi- mo de boquilla -pulg-	Diámetro de manguera -pulg-	Capacidad del compresor ft ³ /min ³	Presión de aire útil. lb/in ² kg/cm ²	
3/4	1	250	40	2.8
1	1 1/4	315	45	3.1
1 1/4	1 1/2	365	55	3.8
1 1/2	1 5/8	500	65	4.6
1 5/8	1 3/4	600	75	5.3
1 3/4	2	750	85	5.9

FIGURA 3.16 PRODUCCION DE MEZCLADORAS.

CON EL USO DE AGREGADO GRUESO, ES RECOMENDABLE EL USO DE CRIBAS, PARA EVITAR TAPONAMIENTOS EN LAS MANGUERAS; SI LA PRODUCCIÓN ES GRANDE, SE PUEDEN UTILIZAR CRIBAS VIBRATORIAS, AUMENTANDO DE ESTE MODO LA PRODUCCIÓN.

REVOLVEDORAS



REVOLVEDORA - 1 1/2-6 Modelo R-5, Capacidad
1/4 Saco Tipo Trompo

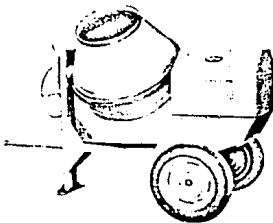
CARACTERISTICAS:

Peso: 330 Kgs.
Volumen de la Olla: 145 Lts.
15 pies cúbicos.
Llanas: 145/380-15.
Altura: 1.60 mts.
Largo: 2.20 mts.

Ancho: 1.00 mts.
Transmisión: Por bandas.

OPCIONES MOTOR A GASOLINA:

Motor Kohler k 91 de 4 H.P. a 3600 R.P.M. con reductor de velocidad relación 6:1.
Motor Briggs & Stratton.
Modelo 130252 De 5 H.P. A 3600 R.P.M.
Con reductor de velocidad. Relación 6:1.



REVOLVEDORA - 6-8 Modelo R-10,
Capacidad 1 Saco, Tipo Trompo.

CARACTERISTICAS:

Peso: 470 Kgs.
Volumen de la Olla: 275 Lts.
110 pies cúbicos.
Llanas: 145/380-15.
Altura: 1.70 mts.
Largo: 2.60 mts.
Ancho: 1.35 mts.

Transmisión: Por bandas.

OPCIONES MOTOR A GASOLINA:

KOHLER Modelo K-181 de 8 H.P. a 3600 R.P.M. con reductor de velocidad relación 6:1.
KOHLER Modelo K-301 de 12 H.P. a 3600 R.P.M. con reductor de velocidad relación 4:1.
BRIGGS & STRATTON Modelo 190451 de 8 H.P. a 3600 R.P.M. con reductor de velocidad relación 6:1.
CLINTON Modelo 950 de 9.5 H.P. a 3500 R.P.M. con reductor de velocidad relación 6:1.

IV. TÉCNICAS DE APLICACION EN TUNELES.

COMO SE MENCIONÓ ANTERIORMENTE, UNA DE LAS APLICACIONES MÁS COMUNES DEL CONCRETO LANZADO ES LA RELATIVA A EXCAVACIÓN DE TÚNELES Y AL TRATAMIENTO DE TERRENOS ROCOSOS FRACTURADOS.

DURANTE LA EXCAVACIÓN DE UN TÚNEL, LA ROCA QUE QUEDA EXPUESTA DESPUÉS DE UNA VOLADURA, PUEDE REQUERIR DE UN ADECUADO SOPORTE TEMPORAL QUE PERMITA CONTINUAR CON EL AVANCE Y QUE GARANTICE LA SEGURIDAD DEL PERSONAL Y LA ESTABILIDAD DE LA MASA ROCOSA. EL CONCRETO LANZADO EVITA QUE PROGRESE EL AFLOJAMIENTO DEL MATERIAL DEL TECHO Y LAS PAREDES, QUE SE SUELTA DEBIDO A LA ACCIÓN DE LOS EXPLOSIVOS. ADEMÁS, LA ETAPA DE BARRENACIÓN DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DEL CONCRETO PERMITE QUE ADQUIERA MAYOR RESISTENCIA ANTES DE LA TRONADA SIGUIENTE.

LA DESINTEGRACIÓN DE LA ROCA, QUE QUEDA EXPUESTA DESPUÉS DE LA VOLADURA, SE INICIA CON LA PRESENCIA DE PEQUEÑAS FISURAS EN LA SUPERFICIE. SI ESTO SE IMPIDE, LA ROCA PERMANECE ESTABLE.

LA PRINCIPAL VIRTUD DEL CONCRETO LANZADO PARA PREVENIR EL AFLOJAMIENTO DE LA MASA ROCOSA CONSISTE EN GENERAR UNA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE A LO LARGO DE LAS FRACTURAS O JUNTAS DE UNIÓN, HACIENDO QUE EL ARCO NATURAL DEL TERRENO SE MANTENGA LO MÁS PRÓXIMO POSIBLE A LA PERIFERIA DE LA ABERTURA RECIÉN EXCAVADA.

EL PROCEDIMIENTO DE CONCRETO LANZADO PARECE NO COMENZARSE EN FORMA ADECUADA CON LA EXCAVACIÓN POR MEDIO DE TOPO. ESTO SE DEBE PRINCIPALMENTE A LA SENSIBILIDAD DE LA MÁQUINARIA AL POLVO Y AL MATERIAL DE REBOTE; Y AL PROBLEMA DEL SUMINISTRO Y TRANSPORTE DEL CONCRETO LANZADO PARA SEGUIR DE CERCA EL RÁPIDO AVANCE DE LA MÁQUINA EXCAVADORA.

POR TODO LO MENCIONADO ANTERIORMENTE, SE PUEDE AFIRMAR QUE UNA DE LAS FASES PRINCIPALES Y DE LA CUAL DEPENDE DIRECTAMENTE LA CALIDAD DEL PRODUCTO ES LA FORMA DE APLICACIÓN DEL CONCRETO. EN LO QUE SIGUE SE TRATARÁN VARIOS ASPECTOS IMPORTANTES DE LAS TÉCNICAS DE COLOCACIÓN DEL CONCRETO LANZADO.

4.1 EL ACERO DE REFUERZO.

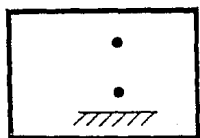
UNA DE LAS BONDADES DEL CONCRETO LANZADO CONSISTE EN LA VERSATILIDAD DE APLICACIÓN; ESTO ES, PUEDE COLOCARSE EN FORMA SIMPLE O CON ALGÓN TIPO DE REFUERZO SEGÚN LAS NECESIDADES.

TOMANDO COMO BASE LOS PROBLEMAS CAUSADOS POR LAS BOLSAS DE ARENA PRODUCTO DEL REBOTE DE LOS AGREGADOS Y AUMADO A LA TÉCNICA DE APLICACIÓN EN SÍ MISMA, SURGE LA NECESIDAD DE SEGUIR CIERTAS INDICACIONES BÁSICAS PARA LOGRAR RESULTADOS ADECUADOS CUANDO SE UTILIZA ACERO DE REFUERZO.

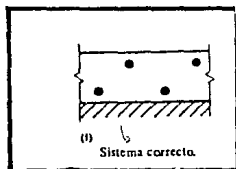
CUANDO SE UTILIZAN DOS O MÁS LECHOS DE VARILLA HA DE TENERSE CUIDADO DE NO COLOCAR EL EMPARRILLADO ANTERIOR DIRECTAMENTE ENFRETE DEL POSTERIOR YA QUE ESTA SITUACIÓN PRODUCE INTERFERENCIAS DURANTE EL RECUBRIMIENTO (VER FIGURA 4.1A). ES RECOMENDABLE ESPACIAR LAS VARILLAS DE ACUERDO A LO MOSTRADO EN LA FIGURA 4.1B; Y MEJOR AÓN, SE PREFIERE USAR EL SISTEMA DE DOBLE RECUBRIMIENTO DE LA FIGURA 4.1C EN LA CUAL EL LECHO POSTERIOR ESTÁ EMPARRILLADO EN LA PRIMERA CAPA, LA CUAL ES CEPILLADA Y HUMEDECIDA, DESPUÉS DE LO CUAL SE FIJA EL SEGUNDO EMPARRILLADO DE REFUERZO Y SE APLICA LA SEGUNDA CAPA DE CONCRETO LANZADO.

POR ESTA MISMA RAZÓN, CUANDO SON NECESARIAS LAS UNIONES DE VARILLAS, ÉSTAS DEBEN SEPARARSE CUANDO MENOS 5 CM Y CONSERVAR SU

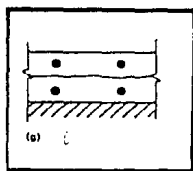
FIGURA 4.1



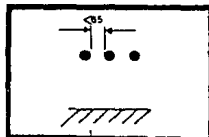
A)



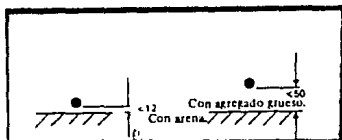
B)



C)

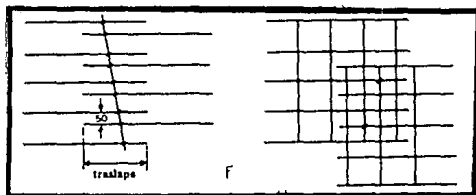


D)



E)

ACERO DE REFUERZO



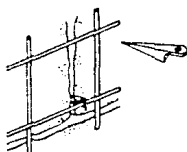
F)

LONGITUD DE TRASLAPE. EN GENERAL, LAS VARILLAS PARALELAS NO DEBERÁN COLOCARSE A MENOS DE 6.5 CM DE DISTANCIA ENTRE SÍ (VER FIGURA 4.1 D).

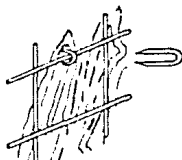
EL RECUBRIMIENTO MÍNIMO A LA VARILLA, CUANDO SE UTILIZAN ÚNICAMENTE ARENAS EN LA MEZCLA, ES DE 1.5 CM, CANTIDAD QUE DEBERÁ INCREMENTARSE EN 0.5 CM, SI SE EMPLEAN AGREGADOS GRUESOS DE 20 MM (VER FIGURA 4.1E).

CUANDO DEBAN TRASLAPARSE LOS EMPARRILLADOS DE ACERO, LOS EMPALMES SERÁN DE UNO Y MEDIO CUADROS EN AMBAS DIRECCIONES PARA PROPORCIONAR EL EFECTO DE UNA TRAMA (VER FIGURA 4.1F).

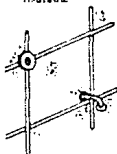
ESTE TIPO DE ARMADO ES MUY UTILIZADO EN TÓNELES, POR LO QUE EN EL FIJADO DE LOS EMPARRILLADOS PODRÁ SER NECESARIO EL USO DE ANCLAS, TORNILLOS, CLAVOS, PERNOS, ETC. (VER FIGURA 4.1G).



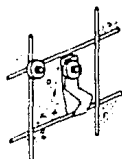
a) Gancho fijador en mampostería, tabique o roca fisurada.



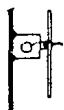
b) Grapas en madera.



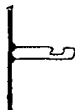
c) Para concreto o roca, tornillos con rejillas o clavos que se fijan sobre taquetes.



d) Pernos colocados alternativamente, por medio de clips con clips flexibles y rodanas.



e) Tuerca soldada al acero.



f-g) Placa soldada al acero y doblada sobre la malla.



h) Acero fijado: perforaciones hechas a disparos o agujeros perforados a través del miembro.

G)

4.2 JUNTAS EN EL CONCRETO LANZADO .

ES TAREA COMÚN EN OBRAS DE PROTECCIÓN Y EN TRABAJOS DE CONSTRUCCIÓN EL USO DE JUNTAS DE CONTRACCIÓN, EXPANSION Y DIARIAS, TANTO EN EL CONCRETO COMÚN COMO EN EL LANZADO.

LOS PRIMEROS DOS TIPOS DE JUNTAS SE HACEN POR INDICACIONES DE PROYECTO CON EL FIN DE EVITAR AGRIETAHIENTOS EN EL CONCRETO OCASIONADAS POR EFECTOS DE TEMPERATURA PRINCIPALMENTE.

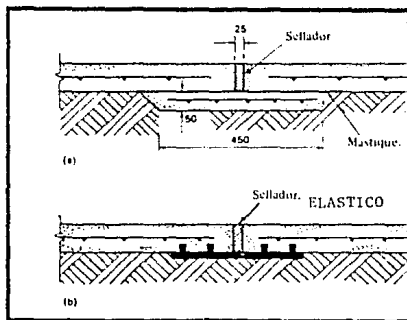
EL ÚLTIMO TIPO DE JUNTAS SE INDUCEN POR LA TERMINACIÓN DE LA JORNADA DE TRABAJO, POR LA FALTA DE MATERIAL, ETC. SON LAS QUE MAYORES PROBLEMAS PRESENTAN YA QUE NO PUEDE PREDECIRSE EL LUGAR DONDE OCURRIRÁN.

JUNTAS DE CONSTRUCCION.

PARA ESTRUCTURAS NORMALES SE RECOMIENDA RELLENAR LAS JUNTAS CON COMPUESTOS PLÁSTICOS ESPECIALES QUE GARANTICEN LA LIMPIEZA Y EL BUEN COMPORTAMIENTO DE LA JUNTA.

EN EL CASO DE ESTRUCTURAS QUE ALMACENEN LÍQUIDOS, DEBE USARSE UN SELLADOR ELÁSTICO PARA GARANTIZAR LA IMPERMIABILIDAD DE LA JUNTA SIGUIENDO LAS ESPECIFICACIONES DE LA FIGURA 4.2.

FIGURA 4.2



JUNTAS

JUNTAS DIARIAS.

COMO SE MENCIONÓ ANTERIORMENTE, SE PUEDEN PRESENTAR PROBLEMAS DE REBOTE, FALSA ADHERENCIA Y FISURAMIENTO SI LA JUNTA TIENE FORMA IRREGULAR. SI LA ZONA DONDE SE PRESENTA LA JUNTA SE PREPARA ADECUADAMENTE SE EVITAN ESTOS PROBLEMAS Y SE LOGRA UN TERMINADO SATISFACTORIO.

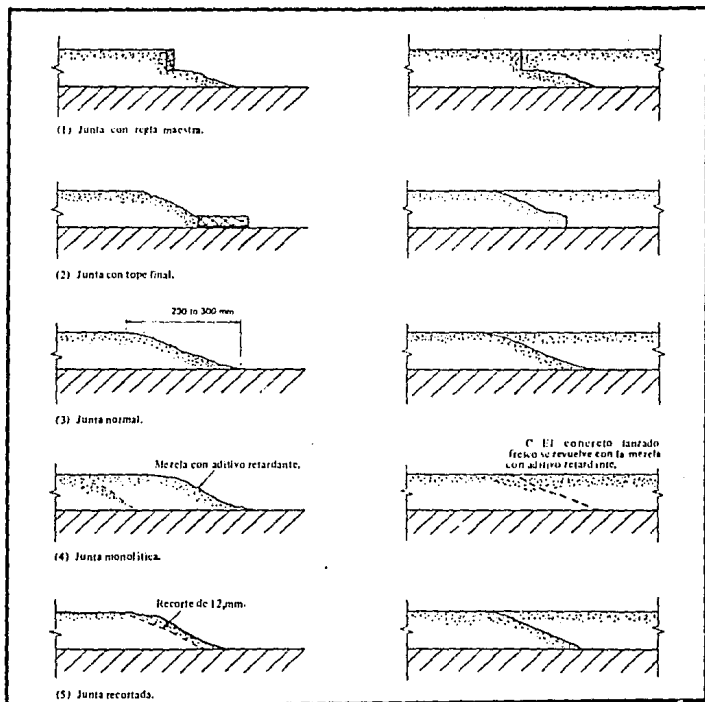
PARA LOGRAR ESTE FIN, SE FORMA EN LA ORILLA DE LA SUPERFICIE DEL CONCRETO UN CHAFLÁN DE 30 CM DE LARGO PARA ANCHOS MENORES A 7.5 CM Y LARGOS PROPORCIONALES PARA ANCHOS MAYORES. DICHA SUPERFICIE SE CEPILLA ANTES DE QUE FRAGUE Y SE HUMEDece ANTES DE REANUDAR EL TRABAJO DE LANZADO (NUNCA DEBE PULIRSE).

TAMBIÉN PUEDE UTILIZARSE ALGÚN ADITIVO QUE LIGUE AL CONCRETO EN LA ZONA DE TRASLAPE QUE GARANTICE LA ADHERENCIA CON ELLA (VER FIGURA 4.3A).

EN TRABAJOS MARÍTIMOS SE DEBE PICAR LA SUPERFICIE DE TRASLAPE PARA EVITAR UNA POSIBLE FALLA DE LA JUNTA DEBIDO A CONTAMINACIÓN POR SAL DE DICHA SUPERFICIE.

LAS JUNTAS QUE SE SUSCITAN AL TÉRMINO DE LA JORNADA DE TRABAJO EN ALGUNA REGLA MAESTRA Y NO SEA POSIBLE EVITARLAS, SE TRATAN EN FORMA SIMILAR QUE LOS CASOS ANTERIORES, SÓLO SE DEBE QUITAR EL MATERIAL DE REBOTE YA QUE PUEDE QUEDAR ATRAPADO EN LA MASA DE CONCRETO (FIG. 4.3B)

FIGURA 4.3



EXISTE OTRA SOLUCIÓN QUE CONSISTE EN UTILIZAR COMO ÚLTIMA MEZCLA UNA A BASE DE CONCRETO DE FRAGUADO LENTO Y ADICIONAR A ÉSTA ESTANDO AÚN EN ESTADO PLÁSTICO, OTRA A BASE DE CEMENTO NORMAL. SE PUEDE LOGRAR UNA JUNTA CASI HOMOGÉNEA; SIN EMBARGO, ES DESEABLE TENER EXPERIENCIA SUFICIENTE PARA TENER ÉXITO.

4.3 TERMINACIÓN DE LA SUPERFICIE.

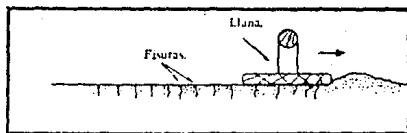
SUCEDER QUE A CAUSA DEL SISTEMA DE LANZADO DEL CONCRETO, LA ÚLTIMA CAPA MUESTRA UNA SUPERFICIE ONDULADA. PARA LOGRAR UNA SUPERFICIE LISA O PULIDA SERÁ NECESARIO HACER UN TRABAJO DE CORTE, APLANADO Y PULIDO.

ADÉMÁS, AL SECARSE DICHA CAPA Y A CAUSA DEL ALTO CONTENIDO DE CEMENTO SE PRODUCEN AGRIETAMIENTOS POR CONTRACCIÓN DEL MATERIAL; ESTE EFECTO SE PUEDE EVITAR SI SE PASA UNA BROCHA SUAVE CON AGUA SOBRE LA SUPERFICIE UNA HORA DESPUÉS DE APLICADO EL CONCRETO. ESTO ELIMINA LOS DESPERDICIOS DEL REBOTE ADHERIDO (VER FIGURA 4.4).

CUANDO SE UTILIZAN MAESTRAS Y SE DESEAN SUPERFICIES PLANAS, SE RECOMIENDA TRABAJAR UNA O DOS HORAS DESPUÉS DE COLOCADO EL CONCRETO; ESTO ES, CUANDO EL CONCRETO PRESENTA UN ENDURECIMIENTO INICIAL Y ES FÁCIL DE CORTAR, QUEDANDO UNA CAPA SIN ALTERACIONES IMPORTANTES.

SE PREFIEREN LAS LLANAS DE MADERA A LAS METÁLICAS YA QUE PRODUCEN MENOR AGRIETAMIENTO. EN EL CASO DE USAR LLANAS DE ACERO SE RECOMIENDA EL USO DE UN RECUBRIMIENTO RELÁMPAGO QUE CONSISTE EN COLOCAR UNA CAPA DELGADA DE TRES MILÍMETROS UNAS CUATRO HORAS DESPUÉS DE HABER TERMINADO LA BASE DE CONCRETO. EL RECUBRIMIENTO RELÁMPAGO SE PUEDE CONSIDERAR COMO UNA AYUDA MUY ÚTIL PARA EL CURADO, Y SI SE DEJA SIN ALTERAR PUEDE SER DECORATIVO.

FIGURA 4.4



ACABADO DE LA SUPERFICIE.

EL TRABAJO DE RECORTE Y APLANADO, LO PUEDE REALIZAR UN AYUDANTE, RECOMENDANDO NO AFISONAR EL CONCRETO CON DEMASIADA PRESIÓN; PARA PODER REALIZAR ESTO, PUEDEN EMPLEARSE LLANAS, CORTADORAS DE ALAHEFE, BROCHAS CEPILLO, Y OTROS IMPLEMENTOS (VER FIGURA 4.5), SIENDO MUY RECOMENDABLE EN ACABADOS APARENTES O CARRICHOSOS.

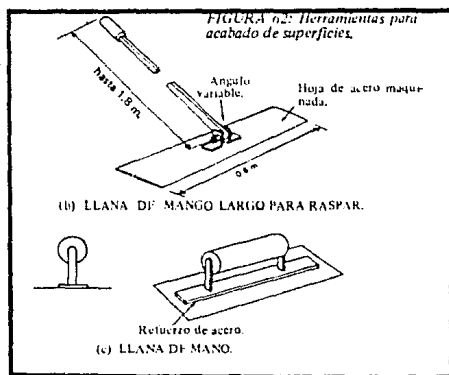
SE LE PUEDE DAR AL CONCRETO LANZADO UN TERMINADO DE COLOR, APLICÁNDOLE UNA CAPA RELÁMPAGO UTILIZANDO COLORANTES ESPECIALES PARA ELLO. DEBEN EVITARSE LAS JUNTAS YA QUE PRODUCEN CAMBIOS EN LOS TONOS DEL COLOR Y ES DESEABLE QUE EL OPERADOR DE LA BOQUILLA SEA HÁBIL Y EXPERIMENTADO EN TRABAJOS DE ESTA INDOLE.

CUANDO SE COLOCA CONCRETO LANZADO EN LUGARES EXPUESTOS AL VIENTO, SERÁ NECESARIO PROTEGER LA BOQUILLA, EL FLUJO DEL MATERIAL Y LA SUPERFICIE A TRATAR, PARA IMPEDIR QUE EL CEMENTO Y LA ARENA SALGAN DESPEDIDOS DE LA MEZCLA. PARA ESTO, SE UTILIZA UN CONO DE METAL COLOCADO A LA SALIDA DE LA BOQUILLA.

PUEDEN APARECER FISURAS Y CONTRACCIONES DEL CONCRETO, OCASIONADAS PRINCIPALMENTE POR LA ACCIÓN DEL SOL Y EL VIENTO, POR LO QUE, CUANDO SE EFECTÚEN TRABAJOS A LA INTERPERIE SERÁ NECESARIO PROTEGER LA SUPERFICIE DE ESTOS ELEMENTOS.

POR OTRO LADO, TAMBIÉN DEBERÁ PROTEGERSE LA MEZCLA CONTRA LA ACCIÓN DE LA LLUVIA, DEBIDO A QUE EL CONCRETO LANZADO ES MUY ABSORBENTE EN ESTADO FRESCO, OCASIONANDO REDUCCIÓN EN LA RESISTENCIA, PUDIENDO LLEGAR A LAVARSE EL CEMENTO DE LA MEZCLA.

FIGURA 4.5



FINALMENTE, AL ESTAR COLOCANDO EL CONCRETO LANZADO, SE GENERA GRAN CANTIDAD DE POLVO DE CEMENTO, POR LO QUE ES INDISPENSABLE PROTEGER LA MAQUINARIA QUE SE ENCUENTRE CERCA DE LA ZONA DE TRABAJO.

4.4 C U R A D O .

DE IGUAL MANERA QUE LOS CONCRETOS COLADOS DE MODO TRADICIONAL, EL CONCRETO LANZADO PUEDE ALCANZAR MÁS FACILMENTE SU RESISTENCIA SI SE EFECTÚA SOBRE EL UN CURADO ADECUADO.

EL CURADO PUEDE SER MÍNIMO EN EL REVESTIMIENTO DE SUPERFICIES; EN CAMBIO, SI SE UTILIZA PARA FORMAR ESTRUCTURAS DE SOSTÉN, SERÁ NECESARIO CURARLO DURANTE VARIOS DÍAS Y MODERADAMENTE, PUESTO QUE COMO YA SE MENCIONÓ, TIENE UNA BAJA RELACIÓN AGUA/CEMENTO Y ABSORBE MUCHO LA HUMEDAD EN ESTADO FRESCO, LO QUE PUEDE OCASIONAR DESLIZAMIENTOS O DISMINUCIÓN DE LA RESISTENCIA FINAL. SI EL MEDIO AMBIENTE CONTIENE UNA HUMEDAD APROXIMADA DEL 85 POR CIENTO O SE APLICA EL CONCRETO SOBRE UNA ROCA HÓMEDA, NO SE NECESITARÁ EL CURADO DEL CONCRETO.

AL COLOCAR EL CONCRETO LANZADO SOBRE EL SUELO, SE DEBERÁ CURAR DURANTE TRES DÍAS Y PROTEGERLO DE LOS RAYOS SOLARES AL MISMO TIEMPO.

SE PUEDE APLICAR UNA MEMBRANA DE CUBADO, QUE DEPENDIENDO DE LA MARCA, PUEDE TENER RENDIMIENTOS DE 3.5 METROS CUADRADOS POR LITRO. HAY QUE PROCURAR QUE AL PONERLO NO EXISTA MATERIAL DE REBOTE, SOBRE TODO SI SE EMPLEAN MÉTODOS NEUMÁTICOS PARA COLOCAR LA MEMBRANA.

OTRA MANERA DE CURAR EL CONCRETO LANZADO, SERÍA APLICANDO UNA CAPA DE ARENA HÚMEDA O MATERIAL DE REBOTE, OBTENIENDO RESULTADOS SIMILARES A LOS ANTERIORES.

4.5 CONTROL DE CALIDAD.

DEBIDO A QUE EL CONCRETO LANZADO PRESENTA CARACTERÍSTICAS PARTICULARES RESPECTO A MÉTODOS TRADICIONALES DE COLOCACIÓN DE CONCRETO, SE DEBEN ADECUAR LAS PRUEBAS DE CONTROL DE CALIDAD PARA QUE ÉSTAS SEAN REPRESENTATIVAS.

PARA QUE LA CALIDAD DEL CONCRETO SEA ACEPTADA, DEBEN CUMPLIRSE CIERTOS ÍNDICES DE RESISTENCIA ESPECIFICADOS EN CADA PROYECTO.

EN LA APLICACIÓN DE TÚNELES EL MÉTODO DE CONTROL PUEDE SER EL DE INSTRUMENTACIÓN QUE BÁSICAMENTE CONSISTE EN LA INSTALACIÓN DE EXTENSÓMETROS PARA DETECTAR LOS MOVIMIENTOS DEL TERRENO Y DE CELDAS EXTENSOMÉTRICAS Y CUERDAS VIBRANTES PARA LA MEDICIÓN DE MOVIMIENTOS Y DEFORMACIONES EN EL REVESTIMIENTO DEL CONCRETO LANZADO.

COMO MÉTODO DE CONTROL LA INSTRUMENTACIÓN DESCRITA AYUDA A DETECTAR CON ANTICIPACIÓN MOVIMIENTOS Y DEFORMACIONES QUE SI PROGRESARAN PONDRÍAN EN PELIGRO LA ESTABILIDAD DE LA OBRA. CUANDO SE DETECTA EN UNA ZONA INSTRUMENTADA TENDENCIA EN LOS MOVIMIENTOS Y LAS DEFORMACIONES, AUNQUE DE VALORES MUY PEQUEÑOS, DEBEN EFECTUARSE LAS LECTURAS CON MAYOR FRECUENCIA PARA DETERMINAR EL EMPLEO DE SOPORTES ADICIONALES Y VERIFICAR POSTERIORMENTE EL EFECTO DE ESTAS MEDIDAS CORRECTIVAS.

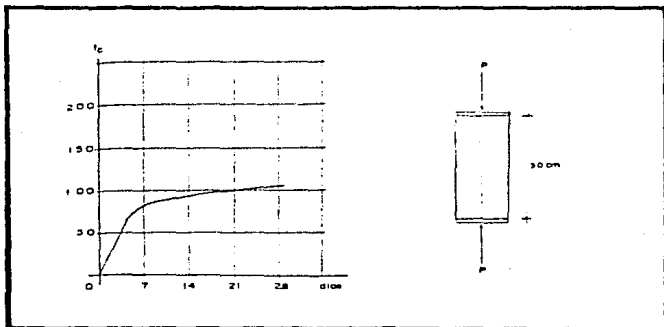
A. PRUEBA DE RESISTENCIA A LA COMPRESION.

EN MÉTODOS TRADICIONALES, SE OBTIENEN MUESTRAS DEL CONCRETO FRESCO EN MOLDES CILÍNDRICOS CON RELACIÓN DE ESBELTEZ IGUAL A DOS, SE DEJAN ENDURECER Y SON PROBADOS A LA COMPRESIÓN A DIFERENTES EDADES (VER FIGURA 4.6). PARA EL CASO DE QUERER COMPROBAR LA RESISTENCIA EN EL LUGAR, SE HABRÁN DE EXTRAER CORAZONES Y DESPUÉS PROBARLOS A LA COMPRESIÓN.

EN EL CONCRETO LANZADO, NO ES REPRESENTATIVO EL USO DE MOLDES CILÍNDRICOS NORMALES, YA QUE EL SISTEMA DE ELABORACIÓN DEL CONCRETO ES DIFERENTE. POR ESO, QUEDA LA OPCIÓN DE CORTAR CILINDROS O CUBOS DE CONCRETO LANZADO ENDURECIDO EN EL LUGAR DE TRABAJO O TOMAR MUESTRAS REPRESENTATIVAS.

LA PRIMERA POSIBILIDAD NO ES ACONSEJABLE, YA QUE DEBIDO A LA CONTINUIDAD DEL CONCRETO SE PUEDEN GENERAR ZONAS DE FALLA. LO MÁS PEQUEÑO ES HACER TABLEROS DE PRUEBA, COLOCADOS EN EL AREA DE TRABAJO Y SOBRE ELLOS SE LANZA EL CONCRETO, OBTENIENDO FÁCILMENTE EL ELEMENTO DE PRUEBA. DICHS TABLEROS SE HACEN DE 3 CM DE ESPESOR Y DE 60 X 60 CM Y SE PROTEGEN CON UNA BOLSA DE PLÁSTICO. LOS ELEMENTOS DE PRUEBA SERÁN PRISMAS DE 8 X 3 X 3CM Y SE OBTENDRÁN CORTANDO CON UNA SIERRA DE DIAMANTE LA PARTE CENTRAL DEL TABLERO. PUEDEN CABECEARSE CON AZUFRE Y PROBARSE A LA COMPRESIÓN.

FIGURA 4.6



RESISTENCIA A LA COMPRESION.

OTRO PROCEDIMIENTO QUE DA BUENOS RESULTADOS, ES EL DE FORMAR EN EL TABLERO DE PRUEBA, DIVISIONES DE MALLA LIGERA PARA FORMAR CANASTILLAS DE BASE CUADRADA, LAS QUE DEBEN SER CUANDO MENOS DE 60 CM O DE 90 X 60 CM, DEBIENDO LANZARSE CONCRETO HASTA UN ESPESOR MÍNIMO DE 5 CM. DE DIÁMETRO Y 10 CM DE ALTURA.

GENERALMENTE SE UTILIZAN CUBOS EN VEZ DE CILINDROS, LOS PRIMEROS TENDRÁN 15 POR CIENTO MAYOR RESISTENCIA EN RELACIÓN A CILINDROS DEL MISMO CONCRETO CON RELACION H/D = 2.

LA RESISTENCIA POR RUPTURA A LA COMPRESIÓN DE UN CILINDRO DE PRUEBAS DE CONCRETO LANZADO, EXCEDE A LOS 715 KG/CM². ESTOS VALORES SON ELEVADOS EN RELACIÓN AL CONCRETO COMÚN, ESTO ES DEBIDO AL ALTO GRADO DE COMPACTACIÓN, AL GRAN CONTENIDO DE CEMENTO Y A LA BAJA RELACIÓN AGUA/CEMENTO.

B. PRUEBA DE RESISTENCIA A LA TENSION.

DEL MISMO MODO QUE EN MÉTODOS TRADICIONALES, NO EXITE UNA MANERA SENCILLA Y CONFIABLE PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA TENSION UNIAXIAL. YA QUE PARA ESTAS CONDICIONES EL CONCRETO SE VUELVE MUY FRÁGIL; ADEMÁS, ES NECESARIO QUE LA SECCIÓN TRANSVERSAL VARIE GRADUALMENTE CON EL FIN DE EVITAR FALLAS PREMATURAS, PRODUCTO DE LA CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS.

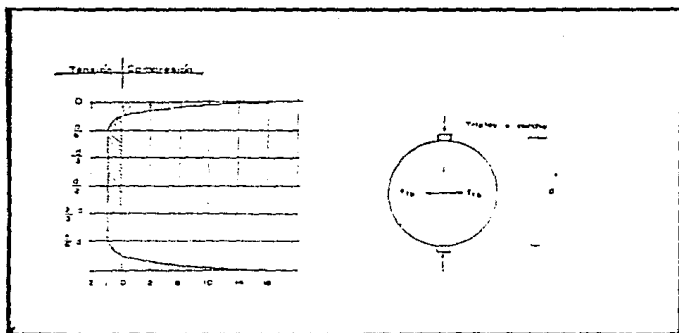
ESTA PRUEBA CONSISTE EN HACER UN ESPÉCIMEN DE SECCIÓN RECTANGULAR VARIABLE A TODO LO LARGO, UTILIZANDO PARA ELLO DOS PLACAS PEGADAS CON RESINAS A LA PROBETA Y DE ESTA FORMA ATORNILLARLA A LA MÁQUINA.

DESPUÉS, SE LE SOMETE A LA ACCIÓN DE FUERZAS DE TENSION, HASTA PRODUCIR LA FALLA. ESTE ENSAYE TIENE LA DESVENTAJA DE SER MUY LABORIOSO Y POCO REPRESENTATIVO POR LO QUE ES POCO RECOMENDADO.

EXISTE OTRA PRUEBA ALTERNATIVA LLAHADA PRUEBA BRASILEÑA, QUE CONSISTE EN SOMETER A UN CILINDRO DE PRUEBA A LA ACCIÓN DE UNA COMPRESIÓN LINEAL DIAMETRAL (VER FIGURA 4.7).

LA CARGA SE APLICA A TRÁVÉS DE UN MATERIAL SUAVE, COMO EL TRIFLAV O CORCHO. LA TENSION SE PUEDE OBTENER MEDIANTE LA SIGUIENTE RELACION:

FIGURA 4.7



RESISTENCIA A LA TENSION.

$$(F_T)_{MAX} = 2 P / (\pi d L)$$

EN LA CUAL:

P = CARGA MÁXIMA.

d = DIÁMETRO DEL ESPÉCIMEN.

L = LONGITUD DEL ESPÉCIMEN.

LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA A LA TENSIÓN VARIAN ENTRE EL 8 Y EL 12 POR CIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE.

DEBIDO A LA BAJA RESISTENCIA DEL CONCRETO A TENSIÓN, ES POCO COMÚN DISEÑAR ELEMENTOS DE CONCRETO A TENSIÓN. SIN EMBARGO, EN ALGUNOS CASOS SUCEDE QUE ELEMENTOS QUE TRABAJAN NORMALMENTE A COMPRESIÓN TIENEN QUE RESISTIR OCASIONALMENTE FUERZAS DE TENSIÓN, COMO POR EJEMPLO, LAS DIAGONALES DE CONTRAVENTEDOS DE MARCOS SUJETOS A ACCIONES SÍSMICAS O DE VIENTO.

ADÉMÁS, DEBE TENERSE EN CUENTA QUE, GENERALMENTE, LA FUERZA DE TENSIÓN QUE PUEDE APLICARSE A UN ELEMENTO ESTÁ DETERMINADA POR EL AGRIETAMIENTO Y NO POR LA RESISTENCIA. UN EJEMPLO TÍPICO ES EL DE LOS TENSORES QUE SE USAN EN LOS PUENTES Y ALGUNAS OTRAS ESTRUCTURAS. DE AHÍ LA IMPORTANCIA DE ESTA PRUEBA.

C. RESISTENCIA A LA FLEXION.

ESTA PRUEBA CONSISTE EN ELABORAR UN PRISMA DE 20 CMS DE LARGO, EL CUAL SE SUJETARÁ A LA ACCIÓN DE DOS O MÁS CARGAS CONCENTRADAS, LA FALLA SERÁ BRUSCA Y CON UNA GRIETA ÚNICA QUE FRACTURARÁ AL ESPÉCIMEN.

EL ESFUERZO TEÓRICO DE TENSIÓN DE LA FIBRA EXTERIOR, CORRESPONDIENTE A LA RUPTURA, SE CALCULA MEDIANTE LA SIGUIENTE EXPRESIÓN, BASADA EN LA TEORÍA ELÁSTICA:

$$FR = M C / I$$

EN DONDE:

FR = ESFUERZO DE RUPTURA.

M = MOMENTO FLEXIONANTE DE LA MÁXIMA CARGA APLICADA.

C = MEDIO PERALTE.

I = MOMENTO DE INERCIA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL PRISMA.

LOS RESULTADOS DE ESTA PRUEBA SON APROXIMADAMENTE EL 14 POR CIENTO DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE.

SE RECOMIENDA EL ENSAYE DE ESTE TIPO DE ESPECÍMENES PARA APLICACIONES COMO PAVIMENTOS DE CONCRETO DONDE ES INDISPENSABLE CONOCER LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN.

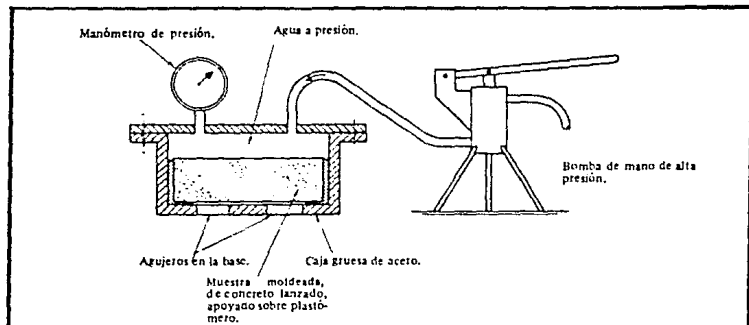
D. PRUEBA DE PERMEABILIDAD.

SE ACOSTUMBRA APLICAR PRESIONES ELEVADAS DE AGUA POR UN LADO DE UNA MUESTRA 5 CM DE ESPESOR DE CONCRETO LANZADO PARA DETERMINAR EL GRADO DE IMPERMEABILIDAD. LA PRUEBA SE PUEDE REALIZAR EN UN RECIPIENTE A PRESIÓN COMO EL DE LA FIGURA 4.8.

LOS RESULTADOS DEBEN REBASAR LOS 7 KG/CM², SIN PRESENTAR FILTRACIONES.

COMO SE HA MENCIONADO ANTERIORMENTE, UNA DE LAS CARACTERÍSTICAS MÁS IMPORTANTES DEL CONCRETO LANZADO ES SU IMPERMEABILIDAD. POR ESO, EN LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS MARINAS Y EN GENERAL, DONDE SE TENGAN QUE CONTENER LIQUIDOS, SERÁ NECESARIO COMPROBAR LOS VALORES RECÍEN DESCRITOS.

FIGURA 4.8



PERMEABILIDAD.

OTRAS CONSIDERACIONES.

SIENDO EL CONCRETO LANZADO UN MÉTODO DIFERENTE DE COLOCACIÓN DE CONCRETO, SERÁ NECESARIO QUE LOS OPERADORES SEAN SOMETIDOS A UNA CAPACITACIÓN PREVIA, PARA PODER MANEJAR LAS MÁQUINAS Y APLICAR LA MEZCLA ADECUADAMENTE, YA QUE LA CALIDAD DE LA MISMA DEPENDERÁ FUNDAMENTALMENTE DE ELLOS.

LA CUADRILLA SE COMPONE DE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS:

- UN SOBRESTANTE O JEFE DE CUADRILLA.
- UN LANZADOR, OPERADOR DE BOQUILLA DE SALIDA.
- UN OPERADOR DE LANZADORA.
- UN OPERADOR DE CHIFLÓN, APRENDIZ DE LANZADOR.
- UN OPERADOR DE MEZCLADORA.
- DOS O MÁS PEONES.

COMO SE HA VISTO ANTERIORMENTE, EL ÉXITO DEL CONCRETO LANZADO DEPENDE EN GRAN MEDIDA DEL OPERADOR DE LA BOQUILLA. LA FIGURA 4.9 MUESTRA ALGUNAS RECOMENDACIONES QUE EL LANZADOR HA DE SEGUIR PARA DIRIGIR EL CHORRO Y LOS EFECTOS DE UNA ADECUADA O INADECUADA OPERACIÓN.

ALGUNAS RECOMENDACIONES SENCILLAS PARA LANZADOS HACIA ARRIBA Y HACIA ABAJO SE OBSERVAN EN LA FIGURA 4.10.

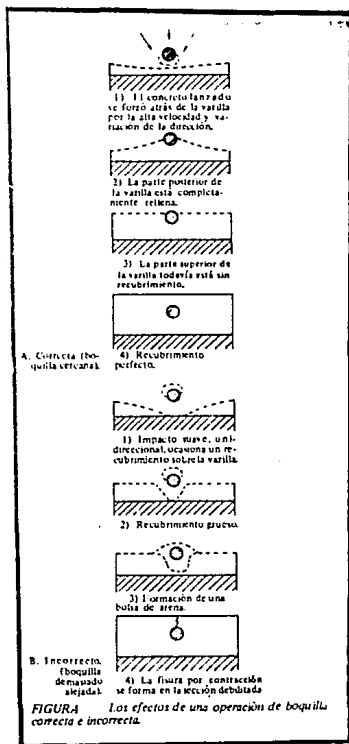


FIGURA 4.9.

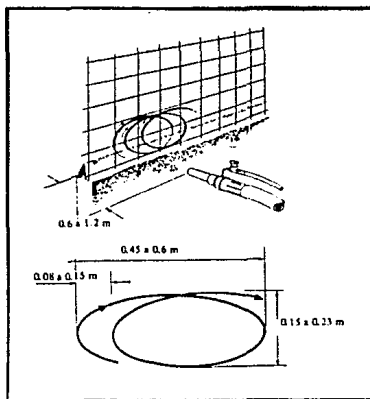


FIGURA 4.10

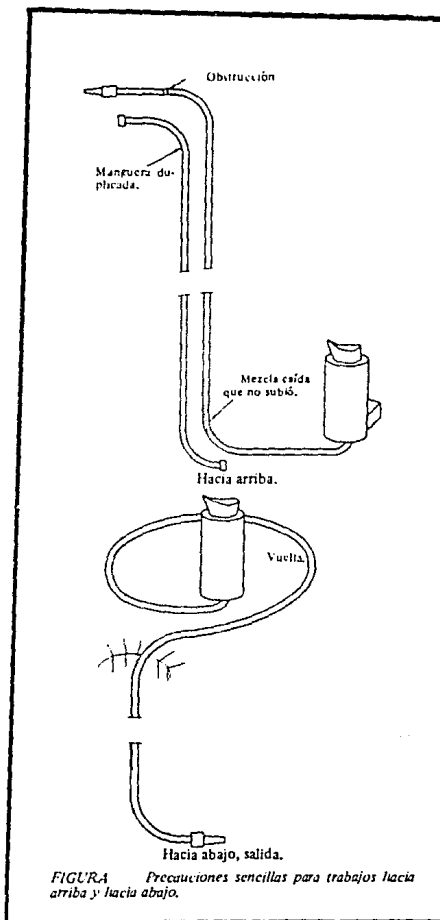


FIGURA Precauciones sencillas para trabajos hacia arriba y hacia abajo.

V. METODO AUSTRIACO PARA PROYECTOS DE TUNELEO CON CONCRETO LANZADO.

SE PUEDE AFIRMAR QUE LA MAYORÍA DE LOS SUELOS DEL VALLE DE MEXICO SON DE ORIGEN VOLCÁNICO CON UN MAYOR O MENOR GRADO DE ARRASTRE Y REDEPOSITACIÓN. LOS SUELOS FIRME SE LOCALIZAN EN LOS DEPÓSITOS PROFUNDOS DE LAS ZONAS LACUSTRES, INTERCALADAS EN LAS FORMACIONES DE ARCILLA BLANDA DE ESTAS MISMAS ZONAS, EN LA ZONA DE LOMAS Y EN LA ZONA DE TRANSICIÓN.

ACTUALMENTE SE ESTÁN CONSTRUYENDO TÚNELES EN DIVERSOS TIPOS DE SUELOS, CON DISTINTAS TÉCNICAS Y PARA DIFERENTES DESTINOS. EN PARTICULAR, ESTÁN YA OPERANDO TÚNELES PARA EL SISTEMA DE TRANSPORTE COLECTIVO METRO EN SUELOS RELATIVAMENTE FIRME EN LA LÍNEA 7. LA POSIBILIDAD DE QUE SE CONSTRUYAN MÁS TÚNELES EN SUELOS FIRME DE LA CIUDAD DE MÉXICO EN LOS PRÓXIMOS AÑOS ES ALTA.

LA ESTRUCTURA DE LOS SUELOS FIRME ES HETEROGÉNEA Y HASTA CAÓTICA EN LOS ALUVIONES Y CONOS DE EYECCIÓN, SE PRESTAN PARA SER EXCAVADOS CON SISTEMAS DE ALTA ADAPTABILIDAD, ECONÓMICOS Y EFICIENTES. SE RECONOCE QUE EL EMPLEO DEL CONCRETO LANZADO CON TÉCNICAS MODERNAS CONSTITUYE LA BASE DE NUEVOS MÉTODOS DE TUNELEO (COMO EL LLAMADO NUEVO MÉTODO AUSTRIACO DE TUNELEO) QUE MAS QUE MÉTODOS SON UNA FILOSOFÍA MODERNA DE LA INGENIERÍA SUBTERRÁNEA.

DE LO EXPRESADO ANTERIORMENTE, ES DE IMPORTANCIA CAPITAL CONOCER
LOS PRINCIPIOS BÁSICOS DE UN MÉTODO COMO EL AUSTRIACO PARA ENTENDER,
ESTUDIAR Y DESARROLLAR NUEVAS TÉCNICAS APLICABLES EN EL CORTO Y
MEDIANO PLAZO EN EL PROYECTO Y CONSTRUCCIÓN DE TÓNELES EN NUESTRO
PAÍS.

5.1 PRINCIPIOS GENERALES DEL NUEVO MÉTODO AUSTRIACO DE TUNELEO.

LA CONSTRUCCIÓN DE TÓNELES SEGÓN LA FILOSOFÍA Y LAS TÉCNICAS DEL NUEVO MÉTODO AUSTRIACO (NMA), HA CONOCIDO UN IMPORTANTE DESARROLLO EN EUROPA Y EN EL RESTO DEL MUNDO. EN MÉXICO MÁS RECIENTEMENTE, SE HA APLICADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE TÓNELES EN SUELOS FIRMES PRINCIPALMENTE.

LA DIFERENCIA ESENCIAL ENTRE EL NMA Y LOS MÉTODOS CONVENCIONALES, CONSISTE EN OBLIGAR AL TERRENO A COLABORAR CON SU PROPIA ESTABILIDAD, APROVECHANDO AL MÁXIMO SUS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS INICIALES Y EVITANDO LA APARICIÓN, ESPECIALMENTE EN LA BÓVEDA, DE ZONAS DE TERRENO 'HUERTO' (VER FIGURA 5.1). TOMANDO ESTA DIFERENCIA COMO BASE, EL NMA PERSIGUE SATISFACER LOS OBJETIVOS SIGUIENTES:

1- LA RESISTENCIA INTRÍNSECA DEL SUELO O DE LA ROCA QUE RODEA AL TÓNEL, DEBE PRESERVARSE Y DESARROLLARSE EN LA MAYOR MEDIDA POSIBLE.

2- LA DEFORMACIÓN DEL TERRENO DEBE SER CONTROLADA PARA QUE ÉSTE DESARROLLE POR COMPLETO SU RESISTENCIA EN CONDICIONES DE SEGURIDAD. DEBE EVITARSE LA DEFORMACIÓN EXCESIVA QUE PUEDA DAR POR RESULTADO PÉRDIDA DE RESISTENCIA O ASENTAMIENTOS INACEPTABLES EN SUPERFICIE.

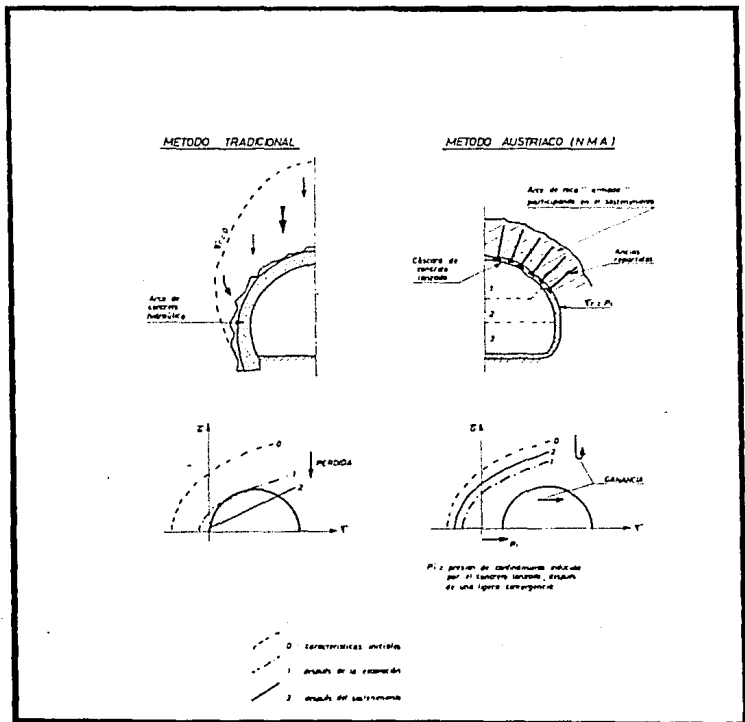


FIGURA 5.1

3- ESTAS CONDICIONES PUEDEN OBTENERSE DE DIVERSAS MANERAS, AUNQUE LAS MÁS USUALES SON SOPORTES PRIMARIOS A BASE DE ANCLAS O PERNOS SISTEMÁTICOS Y UNA DELGADA CAPA SEMI-FLEXIBLE DE CONCRETO LANZADO. CUALQUIERA QUE SEA EL SISTEMA DE SOPORTE QUE SE UTILICE, ES ESENCIAL QUE SEA APLICADO Y PERMANEZCA EN ESTRECHO CONTACTO CON EL TERRENO Y QUE SE DEFORME JUNTO CON ÉSTE.

4- EL TIEMPO DE COLOCACIÓN DEL SOPORTE Y DEL CIERRE DEL ANILLO INICIAL DE CONCRETO LANZADO, ES DE IMPORTANCIA VITAL PARA EL CONTROL DE DEFORMACIONES Y ES VARIABLE DE UN CASO A OTRO.

5- EL SOPORTE PRIMARIO REPRESENTARÁ EN SU TOTALIDAD O EN PARTE EL SOPORTE TOTAL REQUERIDO. EL DIMENSIONAMIENTO DEL SOPORTE SECUNDARIO (REVESTIMIENTO) ESTÁ BASADO EN LA INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS DE MEDICIONES SISTEMÁTICAS DE ESFUERZOS EN LOS ELEMENTOS DEL SOPORTE PRIMARIO Y LAS DEFORMACIONES DE LA SUPERFICIE DEL TÚNEL Y DEL TERRENO QUE LO RODEA.

6- LA LONGITUD DEL TÚNEL QUE PERMANEZCA SIN SOPORTE EN CUALQUIER MOMENTO DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEBE SER SIEMPRE LO MÁS REDUCIDA POSIBLE. CUANDO SEA FACTIBLE, EL TÚNEL DEBE ATACARSE A SECCIÓN COMPLETA EN UN TIEMPO MÍNIMO Y CON EL MENOR DAÑO POSIBLE CAUSADO AL TERRENO POR EL USO DE EXPLOSIVOS.

5.2 ELEMENTOS A CONSIDERAR EN EL PROYECTO.

UN PROYECTO DE SOSTENIMIENTO SEGUN LOS PRINCIPIOS DEL NMA DEBE DEFINIR, PARA LA FASE INICIAL DE LOS TRABAJOS LOS ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO A UTILIZAR: CONCRETO LANZADO, ANCLAJES, ARCOS METALICOS, CAPAS DE MALLA METALICA, PRECISANDO LONGITUDES, DISTANCIAS, TIPOS, ESFESORES, FASES DE PUESTA EN OBRA, DETALLES CONSTRUCTIVOS, ETC. UN CONOCIMIENTO MINIMO DE LAS CARACTERISTICAS GEOLOGICAS, HIDROLOGICAS Y GEOTECNICAS DE LOS MATERIALES DE LA TRAZA ES EVIDENTEMENTE NECESARIO.

UNA APROXIMACION DEL PROBLEMA DE PROYECTO CONSISTIRIA EN LA MODELIZACION DEL CONJUNTO DEL TERRENO, ANCLAJES, CONCRETO LANZADO, ARCOS METALICOS, SEGUIDA DE UN CALCULO POR ELEMENTOS FINITOS. ESTE TIPO DE CALCULO PERMITIRIA DETERMINAR LOS ESFUERZOS Y LAS DEFORMACIONES DE UN SOSTENIMIENTO DETERMINADO Y JUZGAR SOBRE EL COEFICIENTE DE SEGURIDAD EXISTENTE. SIN EMBARGO, ESTE ANALISIS HA MOSTRADO CIERTA INCOMPATIBILIDAD CON LA PRACTICA, ELLO ES DEBIDO A LA COMPLEJIDAD DEL MODELO Y A LA DIFICULTAD DE INTEGRAR CORRECTAMENTE UN NUMERO IMPORTANTE DE FACTORES Y PARAMETROS DE DETERMINACION DIFICIL: TENSIONES INICIALES EN EL TERRENO VIRGEN, CARACTERISTICAS GEOMETRICAS DEL TERRENO Y SU EVOLUCION CON EL NIVEL DE DEFORMACION Y CON EL TIEMPO, EFECTO DE PROXIMIDAD DEL FRENTE Y DE LAS FASES DE TRABAJO, CUANTIFICACION DEL EFECTO DE LOS ANCLAJES, ENTRE OTROS.

POR ESTO, EN LA ACTUALIDAD, TIENDEN A DESECHARSE CÁLCULOS SOFISTICADOS A NIVEL DE PROYECTO Y A SUSTITUIRSE POR ANÁLISIS MÁS SENCILLOS DESTINADOS A 'COMPROBAR' LAS SECCIONES TIPO DEFINIDAS A PARTIR DE LA EXPERIENCIA DEL PROYECTISTA. DICHA EXPERIENCIA SE HA TRADUCIDO EN LA ELABORACIÓN DE ÁBACOS QUE PERMITEN DEFINIR EL SOSTENIMIENTO A NIVEL PROYECTO, A PARTIR DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL TERRENO, DE LA PROFUNDIDAD DEL TÚNEL Y DEL GRADO DE FRACTURACIÓN DE LA ROCA, PARÁMETROS TODOS ELLOS DE FÁCIL DETERMINACIÓN. PARA PROPONER DICHAS SECCIONES TIPO, EL PRIMER PASO CONSISTE EN ELEGIR LOS ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO EN FUNCIÓN DE LOS PARÁMETROS RECIÉN MENCIONADOS; EN SUELOS FIRMES SIN FILTRACIONES DE AGUA IMPORTANTES, EL CONCRETO LANZADO ES SIEMPRE UNA SOLUCIÓN INTERESANTE, LAS ANCLAS DE TIPO REPARTIDO (MORTERO Y RESINA), SUELEN SER EFICACES COMBINADAS EN ALGUNOS CASOS CON MARCOS METÁLICOS LIGEROS ANCLADOS (VER FIGURA 5.2). HAY QUE EVITAR LAS ANCLAS PUNTALES, MAL ADAPTADAS AL NMA EN PARTICULAR EN TERRENOS DE RESISTENCIA MEDIA O BAJA.

EN CIERTOS SUELOS, ES POSIBLE UTILIZAR ANCLAS SIMPLEMENTE INTRODUCIDAS EN EL TERRENO (POR PRESIÓN O ROSCADO), QUE UTILIZAN LA ADHERENCIA ACERO-SUELO.

LA EFICACIA DEL ANCLAJE ES BAJA O NULA EN TERRENOS DE RESISTENCIA MUY BAJA CON TENDENCIA A COMPORTAMIENTO PLÁSTICO.

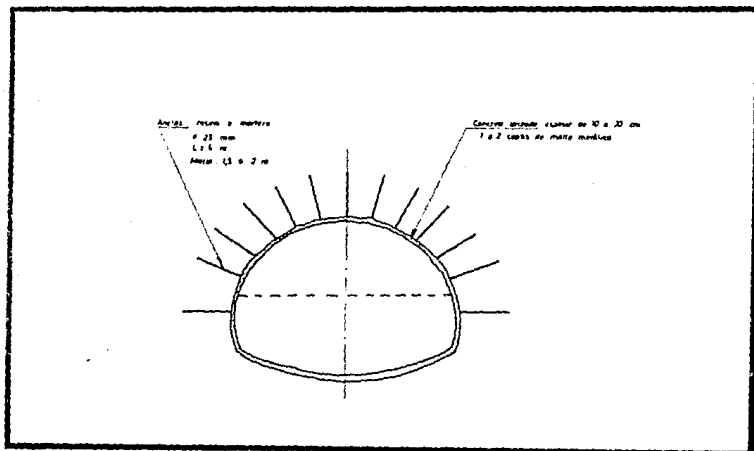


FIGURA 5.2

ANCLAS Y CONCRETO LANZADO.

5.3 P R E S O S T E N I M I E N T O .

LOS CONTROLES DE ASENTAMIENTOS EN SUPERFICIE REALIZADOS EN VARIAS OBRAS DEMUESTRAN QUE EN MUCHOS CASOS LA DEFORMACIÓN PREVIA AL PASO DEL FRENTE PUEDE ALCANZAR VALORES COMPRENDIDOS ENTRE 30 Y 50 POR CIENTO DE LA DEFORMACIÓN FINAL. ELLO ES DEBIDO EN GRAN PARTE A LAS DEFORMACIONES QUE INTERVIENEN EN LA ZONA DEL FRENTE DE LA EXCAVACIÓN.

ES EVIDENTE QUE UN MÉTODO QUE CONSIGA EJERCER UNA ACCIÓN DE PRESOSTENIMIENTO DEL TERRENO ANTES DE SU EXCAVACIÓN, REDUCIRÁ NOTABLEMENTE LOS ASENTAMIENTOS EN SUPERFICIE. UN MÉTODO QUE RESPONDE A ESTOS CRITERIOS HA SIDO PUESTO A PUNTO EN FRANCIA EN LOS ÚLTIMOS AÑOS Y APLICADO CON ÉXITO EN LOS METROS DE PARÍS Y LILLE.

UNA MÁQUINA ESPECIALMENTE DISEÑADA, MONTADA SOBRE ORUGAS (DE GRAN MOVILIDAD), REALIZA UN PRECORTE MECÁNICO ALREDEDOR DEL FRENTE A EXCAVAR, MEDIANTE UNA ROZADORA ANÁLOGA A LAS UTILIZADAS EN MINERÍA. LA RANURA PERIFÉRICA ASÍ CONSEGUIDA, ES RELLENADA INMEDIATAMENTE DESPUÉS DE SER ABIERTA CON CONCRETO LANZADO (VER FIGURA 5.3). EL ESPESOR DEL ARCO DE CONCRETO (ANCHURA DE LA RANURA) VARÍA ENTRE 12 Y 15 CMS. Y SU LONGITUD POR DELANTE DEL FRENTE PUEDE ALCANZAR 3 MTS. QUE SE PUEDEN PROLONGAR HASTA 6 MTS MEDIANTE LA INTRODUCCIÓN DE ANCLAS INYECTADAS, EN 'PARAGUAS'. CUANDO LA RESISTENCIA DEL CONCRETO ES

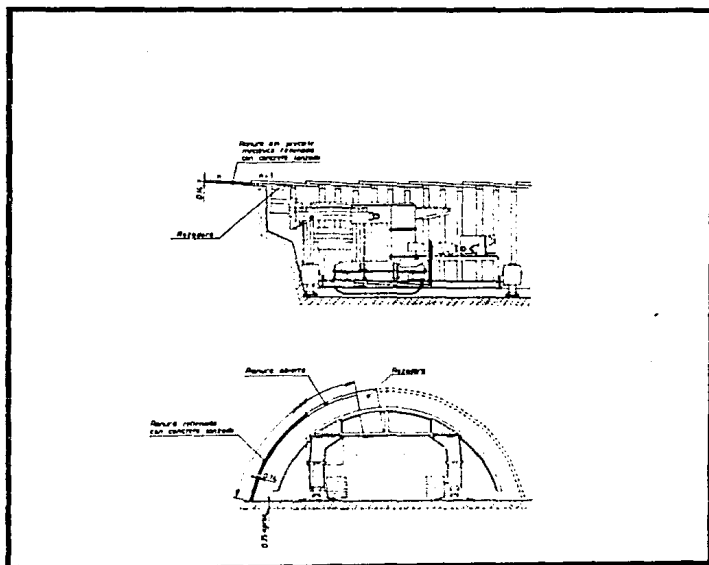


FIGURA 5.3

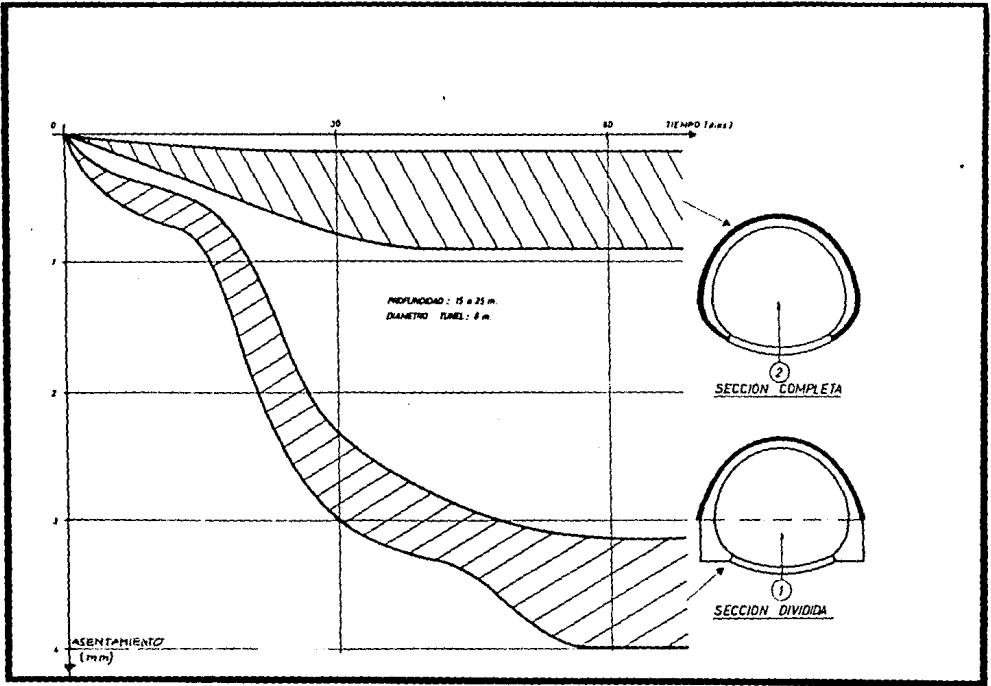
PRESOSTENIMENTO.

SUFICIENTE, LA EXCAVACIÓN DEL PASE PRESOSTENIDO SE REALIZA CON MEDIOS MECÁNICOS. PARA UNA FREBÓVEDA DE 2.5 MTS. EL AVANCE ES DE 2 MTS. DEJANDO 0.5 MTS. DE PRESOSTENIMIENTO.

EL PRESOSTENIMIENTO PUEDE INTERACTUAR, GRACIAS A UN PERFECCIONAMIENTO RECIENTE DE ESTA TÉCNICA, NO SOLAMENTE LA BÓVEDA, SINO TAMBIÉN LAS PAREDES Y LA PARTE DE LA CONTRABÓVEDA. ELLO PERMITE CERRAR PRÁCTICAMENTE LA SECCIÓN ANTES DE SU EXCAVACIÓN, LO QUE SE TRADUCE POR UNA REDUCCIÓN PRÁCTICAMENTE TOTAL DE LOS ASENTAMIENTOS. LA FIGURA 5.4 MUESTRAS EN EL METRO DE LILLE EN (1) CON SECCIÓN DIVIDIDA (PRESOSTENIMIENTO EN BÓVEDA ÚNICAMENTE) Y (2) CON SECCIÓN COMPLETA (PRESOSTENIMIENTO PRÁCTICAMENTE TOTAL DE LA SECCIÓN A EXCAVAR). LOS ASENTAMIENTOS PASARON DE UN MÁXIMO DE 4 MM. CON LA TÉCNICA DE LA SECCIÓN DIVIDIDA (VALOR DE POR SI MUY BAJO PARA UN TÚNEL DE 8 MTS. DE DIÁMETRO A PROFUNDIDADES COMPRENDIDAS ENTRE 15 Y 25 MTS.), A MENOS DE 1 MM. CON LA TÉCNICA DE SECCIÓN COMPLETA.

UNA VENTAJA IMPORTANTE DE ESTE MÉTODO EN RELACIÓN CON ALGUNOS TIPOS DE ESCUDOS, ESTIBA EN SU GRAN FACILIDAD DE ADAPTACIÓN EN TERRENOS DE NATURALEZA DISTINTA. EN UNA ROCA DE RESISTENCIA MEDIA SE PUEDE UTILIZAR EL PRECORTE MECÁNICO, COMBINÁNDOLO CON EL EXPLOSIVO, CON UNA NOTABLE DISMINUCIÓN DEL NIVEL DE VIBRACIONES EN LA SUPERFICIE.

FIGURA 5.6 ASENTAMIENTOS POR PRESOSTENTAMIENTO EN LILIE.



5.4 CONSTRUCCIÓN E INSTRUMENTACIÓN.

ANTES DE INICIAR LA CONSTRUCCION SE DEBEN EFECTUAR UNA SERIE DE ENSAYOS DE CALIDAD DE LOS COMPONENTES DEL CONCRETO LANZADO Y DE LA ADECUACIÓN DEL MATERIAL, ASÍ COMO ENSAYES DESTINADOS A OBTENER LA FORMULACIÓN ÓPTIMA DEL CONCRETO. LOS ANCLAJES DEBEN SER ENSAYADOS A TRACCIÓN. LA COLOCACIÓN CORRECTA DE UN ANCLAJE ES UNA OPERACIÓN DELICADA EN LA QUE INTERVIENEN ENTRE OTROS, FACTORES TALES COMO LA CONFIABILIDAD DE ENSAYES PREVIOS Y LA CALIDAD DE LA PERFORACIÓN. UN FACTOR ESENCIAL PARA LA MÁXIMA EFICIENCIA DEL ANCLAJE ES EL TIEMPO DE COLOCACIÓN DESPUÉS DE LA EXCAVACIÓN QUE DEBE SER EL MÍNIMO POSIBLE.

EXISTEN, POR OTRA PARTE, UN GRAN NÚMERO DE DETALLES QUE ES NECESARIO CUIDAR. SIN PRETENDER SER EXHAUSTIVOS, SE CITAN ENTRE OTROS EL PORCENTAJE EN ADITIVO (ACELERANTE DE FRAGUADO) DEL CONCRETO LANZADO, EL ESPESOR DE LA CAPA LANZADA EN UNA SOLA VEZ, LA FIJACIÓN Y BUEN SOLAPE DE LA MALLA METÁLICA, LA INSERCIÓN DEL PERFIL CLÁSICO DE LOS ARCOS METÁLICOS, EL BUEN DRENAJE DEL TERRENO PARA ELIMINAR LAS PRESIONES DE AGUA DETRAS DEL CONCRETO.

MUCHOS DE LOS FRACASOS OBSERVADOS EN LA APLICACIÓN DEL NMA ESPECIALMENTE EN LA FASE DE APRENDIZAJE, SE DEBEN A UNA FALTA DE CUIDADO EN LOS DETALLES, MÁS QUE A ERRORES DE CONCEPTO.

LA INSTRUMENTACION COBREA UNA IMPORTANCIA PRIMORDIAL EN LA CORRECTA APLICACION DEL NMA. ES PARTE INTEGRANTE DEL METODO Y DEBE SER LLEVADA A CABO CON RIGOR Y SERIEDAD EXTREMAS, BAJO LA RESPONSABILIDAD Y CONTROL DEL PROYECTISTA.

LA EVOLUCION NORMAL DE UNA GRAFICA DE DEFORMACION EN FUNCION DEL TIEMPO VIENE PRESENTADA POR UNA FASE INICIAL CON VELOCIDAD DE DEFORMACION CONSTANTE, SEGUIDA DE UNA DESACELERACION PROGRESIVA DE LA DEFORMACION, HASTA TENDER A LA ESTABILIZACION EN UNOS DIAS, SEMANAS O MESES, SEGUN EL TIPO DE TERRENO Y FASES DE PUESTA EN OBRA DEL SOSTENIMIENTO. UNA VELOCIDAD CONSTANTE O AUN PEOR, UNA ACELERACION DE LA DEFORMACION, INDICAN QUE EL SOSTENIMIENTO ES INSUFICIENTE Y QUE CONVIENE REFORZARLO (MAYOR DENSIDAD DE ANCLAJE, MAYOR ESPESOR DE CONCRETO LANZADO, MENOS DISTANCIA ENTRE AREAS).

UNA INSTRUMENTACION ADECUADA EN LA FASE DE CONSTRUCCION PERMITE EVENTUALMENTE IR ADAPTANDO EL SOSTENIMIENTO INICIAL PREVISTO EN FUNCION DEL COMPORTAMIENTO REAL DEL CONJUNTO TERRENO-SOSTENIMIENTO. SE PUEDE DECIR QUE UN PROYECTO DE SOSTENIMIENTO ES UN ENTE VIVO, QUE VA EVOLUCIONANDO CONSTANTEMENTE DURANTE LA EJECUCION DE LA OBRA. EL PERFECCIONAMIENTO DEL PROYECTO SE APOYA EN LA INSTRUMENTACION QUE COBREA UNA IMPORTANCIA PRIMORDIAL.

A MANERA DE CONCLUSION, SE PUEDE AFIRMAR QUE EL CONCRETO LANZADO SE HA VENIDO UTILIZANDO EN EL VALLE DE MÉXICO EN LA CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES SIGUIENDO VARIOS CRITERIOS O FILOSOFÍAS (VER FIGURA 5.5):

EL SUECO, QUE SOLO HACE UNA APLICACIÓN IGUAL PARA PROTEGER ÁREAS POTENCIALMENTE ALTERABLES Y SELLAR GRIETAS O FRACTURAS A MODO DE JUNTEO CON MORTERO. SE APLICA EN ROCAS FRACTURADAS Y SUELOS MUY FIRMES DE BUENA CALIDAD.

EL CENTRO-EUROPEO, QUE HACE UNA APLICACIÓN EN CAPAS CONTINUAS. EN AUSTRIA Y EUROPA CENTRAL SE ACOSTUMBRA INCLUIR EN EL CONCRETO UNA O DOS CAPAS DE MALLA DE ACERO COMO ELEMENTO DE LIGA Y REFUERZO; LOS CANADIENSES Y SUECOS PREFIEREN PRESCINDIR DE LA MALLA.

EL NUEVO METODO AUSTRIACO DE TUNELEO, QUE ADEMÁS, INCLUYE ANCLAS (GENERALMENTE DE FRICCIÓN O DE RESISTENCIA REPARTIDA, INYECTADAS CON LECHADA O EMPEBIDAS EN MORTERO EN TODA SU LONGITUD) DE LONGITUDES ENTRE 2 Y 5 MTS. Y SEPARACIONES ENTRE 1 Y 2.5 MTS. ESTA FILOSOFÍA DE SOSTENIMIENTO, ATRIBUYE LA MAYOR PROPORCIÓN DE RESISTENCIA DEL SISTEMA A LAS ANCLAS, LAS CUALES SE DISEÑAN PARA RESISTIR ESFUERZOS DE CORTE SEGÚN UN MECANISMO DE FALLA DEL TÚNEL POR CORTANTE. FINALMENTE, LAS FASES DE REALIZACIÓN DE UN TÚNEL SEGÚN LOS PRINCIPIOS DE ESTE MÉTODO EN UN CASO IDEAL (POCO FRECUENTE) SE PUEDEN ENUMERAR COMO SIGUE:

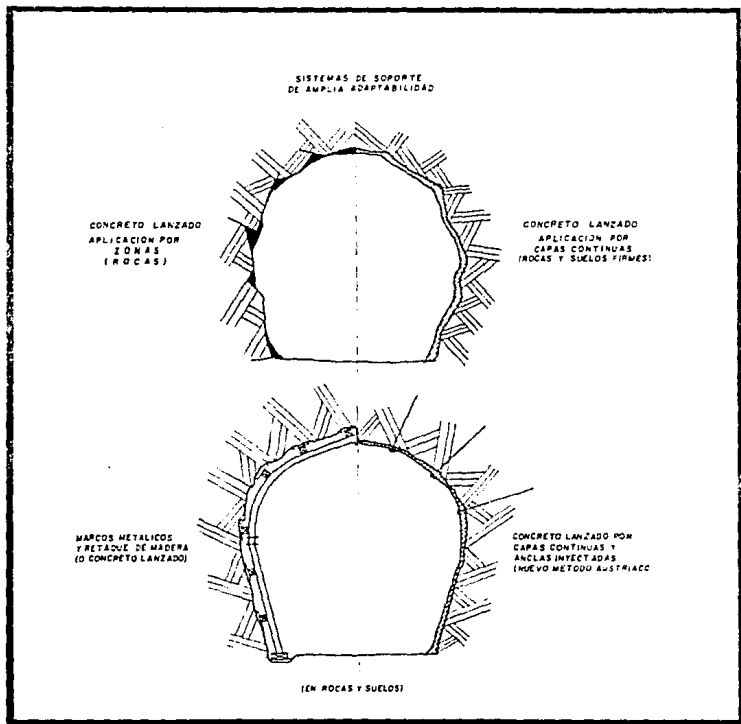


FIGURA 5.5 CRITERIOS CONSTRUCTIVOS PARA CONSTRUCCION DE TUNELES.

1- ESTUDIOS PREVIOS QUE INCLUYEN: RECONOCIMIENTO DE LA SUPERFICIE, SONDEOS Y ENSAYOS GEOLÓGICOS, HIDROLÓGICOS Y GEOTÉCNICOS.

2- ANTEPROYECTO DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO.

3- GALERÍAS DE ENSAYO:

3.1- PRUEBA DE LAS DISTINTAS SECCIONES TIPO.

3.2- ENSAYOS IN SITU, COMPLETANDO LAS DE EL PASO 1.

3.3- INSTRUMENTACIÓN COMPLETA.

4- PROYECTO DE EXCAVACIÓN Y SOSTENIMIENTO.

5- REALIZACIÓN DE LA OBRA:

5.1- INSTRUMENTACIÓN.

5.2- ADAPTACIÓN Y MEJORA EVENTUAL DEL PROYECTO.

6- MODELO A POSTERIORI: APLICACIÓN A FUTUROS PROYECTOS.

PARA MEDIR LOS PROS Y LOS CONTRAS DEL CONCRETO LANZADO EN CONSTRUCCION URBANA NO SE PUEDE EVITAR LA TENTACION DE COMPARARLO CON SISTEMAS TRADICIONALES DE FABRICACION Y COLOCACION DE CONCRETO, YA QUE ESTA HA SIDO EN GRAN MEDIDA LA CAUSA DE SU CRECIENTE USO O MARGINACION PAULATINA.

TOMANDO EN CUENTA TODOS LOS PASOS DEL PROCESO DE DISEÑO EN INGENIERIA Y EN BASE AL ESTUDIO DE LOS CAPITULOS ANTERIORES SE PUEDE AFIRMAR QUE:

A) TIEMPO.

LA UTILIZACION DEL CONCRETO LANZADO PUEDE INCREMENTAR LA RAPIDEZ EN LA CONSTRUCCION Y POR LO TANTO ADELANTAR LA TERMINACION DE LOS TRABAJOS ANTES DE LO NORMAL. ESTO SE LOGRA GRACIAS A LA GRAN PRODUCCION DE LAS MAQUINAS, A LA FACILIDAD DE ELABORAR Y COLOCAR EL CONCRETO Y A LA RAPIDEZ DE COLOCACION Y RETIRO DE LA CIMBRA (CONSECUENCIA DE LA POCA O NULA CANTIDAD UTILIZADA).

OCASIONALMENTE, SE PUEDEN TENER RETRASOS IMPORTANTES POR MAL FUNCIONAMIENTO DE ALGUNOS COMPONENTES DE LA LANZADORA POR LO QUE SE HA DE TENER UN CUIDADO ESPECIAL PARA LA OPERACION ADECUADA DEL EQUIPO.

B) CALIDAD.

COMO YA SE HA MENCIONADO, UNA VEZ COLOCADO, EL CONCRETO LANZADO SE COMPORTA DE IGUAL MODO QUE UN CONCRETO NORMAL. SIN EMBARGO, CEE HENCIÓNAR QUE SE PUEDE OBTENER LAS SIGUIENTES VENTAJAS: FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN, MAYOR RESISTENCIA, MEJOR ADHERENCIA E IMPERMEABILIDAD. LA FACILIDAD Y FLEXIBILIDAD DE COLOCACIÓN PERMITE MODIFICAR EL DISEÑO RIGIDO EN LA ARGUITECTURA, PARA DAR PASO A LA FORMA LIBRE, QUE INCREMENTARÍA ENORMEMENTE SU DESARROLLO Y ATRACCIÓN.

CUANDO LAS CUALIDADES DEL CONCRETO LANZADO SE UTILIZAN ADECUADAMENTE, SE PUEDE PRODUCIR DISEÑOS MENOS CONSERVADORES Y MÁS ÓPTIMOS, OBTENIÉNDOSE UN MEJOR Y MÁS RACIONAL USO DE LOS RECURSOS.

UN ASPECTO IMPORTANTE EN EL QUE SE DEBE TENER CUIDADO ES EL RELATIVO A LA DEFORMACIÓN INICIAL EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO YA QUE ÉSTAS PUEDEN SER MAYORES QUE EN SISTEMA CONVENCIONAL.

C) COSTO DE MATERIALES.

SI SE UTILIZA COMO MORTERO, EL COSTO DE MATERIAL ES, EN GENERAL, APROXIMADAMENTE IGUAL AL DE UN MORTERO NORMAL DEBIDO A LA BAJA RELACIÓN AGUA/CEMENTO; SIN EMBARGO, ESTE COSTO SE PUEDE INCREMENTAR EN LA MEDIDA QUE EL PORCENTAJE DE REBOTE AUMENTE.

CUANDO SE APLICA COMO CONCRETO, EXISTE UN INCREMENTO EN LAS CANTIDADES DE MATERIAL QUE SE NECESITAN POR METRO CÚBICO DE MEZCLA,

ESTO AJUNADO AL MATERIAL DE FEBOTE, HACEN QUE EL COSTO DE MATERIALES EN EL CONCRETO LANZADO SEAN MAYORES QUE EN EL CONCRETO COMÚN.

ES IMPORTANTE RECORDAR QUE LA CANTIDAD DE CIEBRA SE PUEDE REDUCIR CONSIDERABLEMENTE Y EN ALGUNOS CASOS ELIMINARLA COMPLETAMENTE.

COSTO DE LA MANO DE OBRA

EXISTE UNA DISMINUCIÓN SUSTANCIAL EN EL COSTO DE LA MANO DE OBRA DEBIDO AL ALTO RENDIMIENTO DEL CONCRETO LANZADO EN COMPARACIÓN AL HECHO EN OBRA. ADEMÁS, LA CANTIDAD DE PERSONAL ES MENOR QUE EN MÉTODOS TRADICIONALES, DISMINUYENDO EN LA MEDIDA EN QUE SE AUMENTA LA MECANIZACIÓN Y LA PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA. ESTO PUEDE GENERAR UN PROBLEMA DE REUBICACIÓN DE LA MANO DE OBRA, SIN EMBARGO, PUEDE SER CANALIZADA HACIA OTRAS ÁREAS DE LA PRODUCCIÓN.

COSTO DEL EQUIPO Y HERRAMIENTA MENOR.

TODOS LOS COMPONENTES DEL EQUIPO DE CONCRETO LANZADO HAN SIDO TOMADOS DE OTROS MÉTODOS; ÚNICAMENTE LA LANZADORA ES PARTE EXCLUSIVA DEL SISTEMA. AUNQUE ÉSTA IMPLICA UNA INVERSIÓN INICIAL CONSIDERABLE, ES MUCHO MENOR QUE LA DE LAS GRANDES PREMEZCLADORAS, AHORRÁNDOSE ADEMÁS EL COSTO DE DISTRIBUCIÓN. ESTA VENTAJA ENFOCADA A OBRAS DE INTERÉS SOCIAL O EN AQUÉLLAS UBICADAS LEJOS DE PLANTAS DE CONCRETO,

PERMITIRÁN COADYUVAR A SOLUCIONAR EL PROBLEMA DE VIVIENDA EN GENERAL, YA QUE LA PLANTA ES TRANSPORTABLE AL LUGAR DONDE SE DESARROLLAN LOS CONJUNTOS HABITACIONALES Y POR LO TANTO LOGRAR AHORROS CONSIDERABLES EN EL TRANSPORTE DE CONCRETO A GRANDES DISTANCIAS.

DE LOS CARGOS POR MAQUINARIA, EQUIPOS DE SEGURIDAD E INSTALACIONES QUE SON INHERENTES AL CONCRETO LANZADO, SU COSTO VARIA EN FUNCIÓN DEL VOLUMEN MÍNIMO DE TRABAJO, PERO SE PUEDE AFIRMAR QUE OSCILA ALREDEDOR DEL 30 POR CIENTO DEL COSTO DIRECTO.

D) TENDENCIAS.

EL PROBLEMA PRINCIPAL QUE PRESENTA EL CONCRETO LANZADO PARECE SER EL ALTO COSTO DE INVERSIÓN RESPECTO A LOS MÉTODOS TRADICIONALES, POR LO QUE SE NECESITA UN VOLUMEN MÍNIMO DE TRABAJO PARA MANTENER LOS COSTOS POR ABAJO DE LOS OTROS SISTEMAS. ESTE VOLUMEN MÍNIMO DEPENDERÁ DEL MÁXIMO RENDIMIENTO DE LA LANZADORA; A MANERA DE GUÍA Y EN FORMA APROXIMADA SE PUEDE RECOMENDAR LOS SIGUIENTES RENDIMIENTOS MÍNIMOS:

MORTERO = 512 M²/TURNO.

CONCRETO = 21 M³/TURNO.

POR ESTA RAZÓN, ES RECOMENDABLE USAR ESTE PROCEDIMIENTO EN GRANDES OBRAS DONDE EL PROBLEMA DEL VOLUMEN MÍNIMO NO SEA DETERMINANTE.

A PESAR DE TODO LO MENCIONADO, EL CONCRETO LANZADO NO HA TENIDO LA ACEPTACIÓN QUE SE MERECE, YA QUE SE LE CONSIDERA UN CONCRETO COSTOSO. ESTO ES VÁLIDO SI SE LE CONSIDERA COMO UN MATERIAL AISLADO, PERO SI SE TOMA EN CUENTA EL COSTO GLOBAL, SE PUEDEN PERCIBIR ECONOMÍAS INTERESANTES COMO CONSECUENCIA DEL AHORRO EN CIMBRA PRINCIPALMENTE. ESTA ECONOMÍA SERÁ MAYOR EN LA MEDIDA QUE LA DISMINUCIÓN EN LA CANTIDAD DE CIMBRA UTILIZADA TAMBIÉN LO SEA.

EL ÉXITO DE LA APLICACIÓN DE CONCRETO LANZADO EN OBRAS SUBTERRANEAS HA SIDO COMPROBADA A LO LARGO DEL TIEMPO. MAS RECIENTEMENTE, LA CONFIANZA DE SU UTILIZACIÓN SE HA INCREMENTADO CON LA EXPERIENCIA DE SU USO; ABARCANDO TODO TIPO DE TERRENOS Y SUELOS.

NO EXISTEN EN LA ACTUALIDAD CRITERIOS ESTABLECIDOS PARA DISEÑAR EL ESPESOR QUE PUEDA ADECUARSE A DETERMINADAS CONDICIONES DE UN TÚNEL. CON EXCEPCIÓN DEL MÉTODO AUSTRIACO, EXISTEN APROXIMACIONES SEMI-EMPÍRICAS QUE SON DE NATURALEZA MUY SUBJETIVA, POR LO QUE ES MUY IMPORTANTE EL CRITERIO CON QUE SE USEN, NO DEBIENDO DESCUIDAR UNA MINUCIOSA APRECIACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL TERRENO. DEBEN SER CONSIDERADOS, ADEMÁS, ALGUNOS PARÁMETROS TALES COMO EL TAMAÑO DEL TÚNEL, LA ORIENTACIÓN DE LAS ZONAS DÉBILES, CONDICIONES DE HUMEDAD, POSIBLES ALTERACIONES DE LA ROCA CON EL TIEMPO Y, POR ÚLTIMO, EL OBJETIVO PARA EL CUAL EL TÚNEL VA A CREARSE.

TODAS LAS ECONOMÍAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE TÚNELES ESTÁN BASADAS EN LA DISMINUCIÓN DEL TIEMPO DEL CICLO Y EN EL INCREMENTO DEL AVANCE DEL FRENTE. ADEMÁS, SE TIENEN VENTAJAS SOBRE CUALQUIER OTRO PROCEDIMIENTO CONVENCIONAL POR LAS RAZONES SIGUIENTES:

- 1- PUEDE SER APLICADO RELATIVAMENTE RÁPIDO Y CON GRAN FLEXIBILIDAD.
- 2- EL EQUIPO UTILIZADO ES DE GRAN MANIOBRABILIDAD.
- 3- OCUPA UN MENOR ESPACIO DENTRO DE LAS LÍNEAS DE PAGO.

VII.

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

1. 'CONSTRUCCION DE TUNELES SOMEROS CON CONCRETO LANZADO Y ANCLAJES (HMA) EN SUELOS FIRMES'. J. VIDAL. TOMADA DE LA PUBLICACION DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE MECÁNICA DE SUELOS, OCTUBRE 1981. PRIMERA REIMPRESIÓN 1985.
2. 'TUNNEL ENGINEERING HANDBOOK'. BICKEL Y KUESSEL. VAN NOSTRAND. 1985.
3. 'TUNELES CARRETEROS 1984'. SOCIEDAD MEXICANA DE MECÁNICA DE SUELOS. 1985
4. 'CONCRETO LANZADO'. T. F. RYAN. INSTITUTO MEXICANO DEL CONCRETO Y DEL CEMENTO. SEGUNDA REIMPRESIÓN 1981.
5. 'CONCRETO LANZADO'. L. VIEITEZ. INFORMACIÓN TÉCNICA 3, GRUPO I.C.A. MEXICO, 1975.
6. 'SISTEMAS DE SOPORTE EN EXCAVACIONES SUBTERRANEAS EN ROCA'. ANDRES MORENO FERNÁNDEZ. INFORMACIÓN TÉCNICA 2. GRUPO I.C.A. MEXICO 1975.
7. 'DOSIFICACION DE MEZCLAS PARA CONCRETO NORMAL Y CONCRETO MASIVO'. INSTITUTO MEXICANO DEL CONCRETO Y DEL CEMENTO. 1980.
8. 'MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES'. GEOTECNIA. TOMO 3.3.2. COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD E INSTITUTO DE INVESTIGACIONES ELÉCTRICAS 1980.