

Def. 121

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

CONCRETO LANZADO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
I N G E N I E R O C I V I L
P R E S E N T A
JUAN FRANCISCO OLIVERA JAIMES

MEXICO, D. F.

1981



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CONTENIDO

RECONOCIMIENTOS

INTRODUCCION

CAPITULO I

ANTECEDENTES

Definición - Historia del concreto lanzado - Hipótesis de trabajo

CAPITULO II

TIPOS DE MEZCLAS

Importancia de la mezcla - Procedimientos: de la mezcla húmeda, de la mezcla seca, componentes de la mezcla - El acero de refuerzo - Fibras de refuerzo - El rebote

CAPITULO III

ADITIVOS

Aditivos acelerantes: los aluminatos; los silicatos y los carbonatos - Aceleradores orgánicos - Influencia de los aceleradores en el costo del concreto lanzado - El cloruro de calcio - Aditivos retardantes y reductores de agua - Las puzolanas - Colorantes - Aditivos inclusores de aire - El mezclado de los aditivos - Otras consideraciones sobre el uso de los aditivos

CAPITULO IV

EQUIPO PARA EL CONCRETO LANZADO

Descripción general - El compresor: Energía necesaria para comprimir aire. Capacidad de un compresor. Enfriadores interiores. Postenfriadores. Receptor de aire. Pérdidas de presión neumática; Debida a la fricción. En las mangueras. Elección del tamaño de tubo y manguera para la transmisión de aire comprimido. Otras considera

ciones - La mezcladora: Producción - La lanzadora: Lanzadora con rueda alimentadora. De alimentación por gravedad. Alimentada por medio de un tambor rotatorio. Alimentada con rueda giratoria y con modificaciones. Lanzadora de mezcla húmeda - La boquilla de salida - Suministro de agua - Equipos adicionales: Bomba para proporcionar líquidos aceleradores. El robot. El Trixer. El Robot - Trixer

CAPITULO V

USOS Y APLICACIONES DEL CONCRETO LANZADO

Técnicas de aplicación - El personal de trabajo: El operador de boquilla. El operador de la lanzadora. El operador de la mezcladora. El operador del chiflón de aire. El sobrestante - Organización y seguridad en el trabajo - Almacenamiento de los materiales en la zona de trabajo. Dosificación y mezclado de los materiales - Preparación de la superficie - Técnicas de colocación - El acero de refuerzo - Las juntas en el concreto lanzado - Terminación de la superficie - El curado del concreto lanzado - Control de calidad: Resistencia a la compresión. Resistencia a la tensión. Resistencia a la flexión. La prueba de la adherencia. Prueba de la absorción. Prueba de la permeabilidad. Prueba de resistencia a los ácidos - Usos más comunes del concreto lanzado: Construcción de estructuras nuevas. Recubrimiento de superficies diversas. Reparación de superficies dañadas - Concreto lanzado ligero y pesado

CAPITULO VI

COSTO DIRECTO DEL CONCRETO LANZADO

Ejemplo 1: Costo directo de la Gunita (Mortero - arena - cemento). Análisis comparativo al método tradicional. Ejemplo 2: Costo directo del concreto lanzado. Análisis comparativo al método convencional

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

En los últimos años, en todo el mundo se están llevando a cabo grandes obras de ingeniería civil, en donde se emplean y desarrollan métodos modernos para su pronta ejecución; esto se manifiesta sobre todo en el campo de la construcción subterránea, en donde la utilización de estos sistemas permite avances importantes, tal es el caso del "Concreto Lanzado", del cual, la mayoría de constructores expresan su satisfacción al haberlo empleado, como parte fundamental de su sistema constructivo.

El campo en donde puede utilizarse el concreto lanzado en México, es amplio, sólo que existe poca información sobre el tema, para poderle dar un uso más racional.

El presente trabajo pretende, además de presentarlo como tesis, explicar a nivel de licenciatura, en qué consiste el Método del Concreto Lanzado, ya que su difusión y empleo puede coadyuvar en la solución de problemas constructivos.

CAPITULO I

ANTECEDENTES

DEFINICION

Se denomina concreto lanzado a un procedimiento de elaboración y colocación de concreto o mortero por medios neumáticos, que al ser transportado a través de una manguera y ser proyectado en estado fresco a gran velocidad, se mantiene estable sin escurrirse sobre la superficie aplicada, sea cual fuere su inclinación.

El concreto lanzado presenta excelente adherencia con casi todos los materiales, facilidad de aplicación sobre superficies en donde otros procedimientos fracasan o presentan muchos problemas, su gran impermeabilidad hasta con espesores delgados, escaso requerimiento de cimbra, nulo vibrado, alto rendimiento y bajo costo de producción; son éstas algunas de las características más importantes que hacen de este método un elemento fundamental para resolver muchas de las necesidades que se presentan en la ingeniería moderna.

Podemos decir que los pasos principales en la elaboración y colocación del concreto lanzado lo constituyen el



Figuro N^o I-1.-Colocación de concreto lanzado en las paredes de un
tunel en construcción.

suministro, la dosificación, el mezclado y transporte de los materiales, la humectación y colocación de la mezcla y el terminado o acabado final.

El concreto lanzado sigue los mismos principios para su elaboración y colocación que cualquier otro método de tipo tradicional, sólo que la diferencia se basa en la forma y el lugar en donde esto se realiza, ya que se emplean elementos de tipo neumático en la mayor parte del proceso y solamente elementos de tipo humano en el final del mismo; logrando de esta forma una correcta dosificación de los materiales, un mejor rendimiento, resistencias más altas y a menor tiempo de lo previsto que en los procedimientos normales; además, como todo el proceso se efectúa en el mismo frente de trabajo, se tiene la facilidad de interrumpir y continuar con la aplicación en el momento que se requiera, sin tener que desperdiciar la mezcla o los materiales con que está trabajando. Estas son cualidades inmejorables sobre todo cuando se está utilizando este procedimiento en obras subterráneas, en donde tiene su máximo empleo y desarrollo, por lo que constantemente se hará mención sobre este aspecto.

A continuación se describe el procedimiento en forma general, con la finalidad de poder detallar en cada capítulo las partes que lo constituyen.

Los materiales pueden ser suministrados o dosificados por medios mecánicos o manuales a una mezcladora, de donde



Figura N° I-2 -Distintas etapas en la colocación del revestido primario (concreto lanzado) en un tunel

de prosiguen su camino en forma de mezcla a una cámara primaria, debiendo esperar turno para poder pasar a otra en donde se aumenta la presión por medios neumáticos; de esta manera se introduce por una manguera que la conducirá hasta la boquilla de salida, efectuándose la humectación de la mezcla en este paso; finalmente, a gran velocidad (120 m/seg), la mezcla será proyectada contra la superficie a tratar; el vehículo en que se transporta durante todo el proceso es aire comprimido. El impacto que se produce entre la superficie y el concreto, provoca un efecto combinado de compactación, succión e intrusión, que aunado a la cohesión y a la poca cantidad de agua que contiene la mixtura, originan una excelente adherencia entre ésta y la superficie a tratar; con lo cual, el vibrado del concreto resulta obsoleto y el requerimiento de cimbra se reduce sensiblemente.

Una de las cualidades principales del concreto lanzado es su bajo contenido de agua, a tal grado que su revenimiento es aproximadamente igual a cero; por lo que se han elaborado dos técnicas principales para fabricar y colocar este tipo de concreto basadas en la forma de humectar a la mezcla, llamadas "Proceso de la Mezcla Húmeda" y la otra, "Proceso de la Mezcla Seca"; en la primera, la adición del agua se realiza en la mezcladora y en la segunda, en la boquilla de salida.

La aplicación del concreto la efectuará un operador



Figuro N^oI-3.- Tunnel revestido con concreto lanzado.

que graduará y dirigirá el flujo de la mezcla sobre la superficie a tratar. Es recomendable que esta persona tenga bastante experiencia en este tipo de trabajo, ya que existen diversas técnicas de colocación, así como ajustes que es necesario hacer al contenido de agua, dependiendo de las condi ciones que presente el lugar; de esta manera se pueden aumen tar cualidades al procedimiento. Finalmente, el terminado de la superficie puede darse con una llana metálica o dejarse aparente.

Los tipos de maquinaria, los materiales, las mezclas, las dosificaciones, técnicas de aplicación, usos y control de calidad, serán los puntos a tratar en los temas de esta tesis.

HISTORIA DEL CONCRETO LANZADO

El descubrimiento de la técnica del concreto lanzado se le atribuye al estadounidense Carl Akeley, famoso cazador y naturalista, quien en los primeros años de la década de 1900, movido por la necesidad de reproducir grandes animales para montar una exposición, ideó un novedoso método a base de mortero que rociaba sobre un armazón de alambre, formando el cuerpo del animal.

Para rociar el mortero, Akeley utilizaba material se co que era impulsado por medio de aire comprimido a través de un cañón, hasta chocar contra el armazón. La hidratación



Figura N.º 1-4.-Colocando concreto lanzado en los taludes de una avenida

del material se realizaba en el momento del impacto, ya que se dirigía simultáneamente un chorro de agua al lugar a donde el material quería colocarse. El resultado fue un recubrimiento fuerte y delgado, que no se rompía en su exterior y seguía la forma del armazón. Pronto fue mejorando su técnica y comenzó a reproducir grandes animales.

Los resultados que obtuvo Akeley con su método sorprendieron a S. W. Taylor, quien visualizó su empleo en trabajos de recubrimiento en la construcción. De esta forma principiaron las primeras lanzadoras de concreto a ser fabricadas.

Un prominente hombre de negocios, ingeniero e inventor, compró a Taylor sus derechos sobre la lanzadora automática, formando la "Cement Gun Company" en 1915, comenzando a producir nuevas lanzadoras para la gran industria del concreto.

Como la compañía patentó el método se le llamó durante mucho tiempo "Gunita". Actualmente es más popular por el nombre de "Shotcrete" (concreto lanzado), utilizando el primer nombre solamente para designar al concreto lanzado a base de agregado fino (inferior a 5 mm).

Cuando la patente terminó, diversos países adoptaron el método, principalmente los europeos, en donde la construcción de túneles y el empleo del concreto lanzado está muy ex

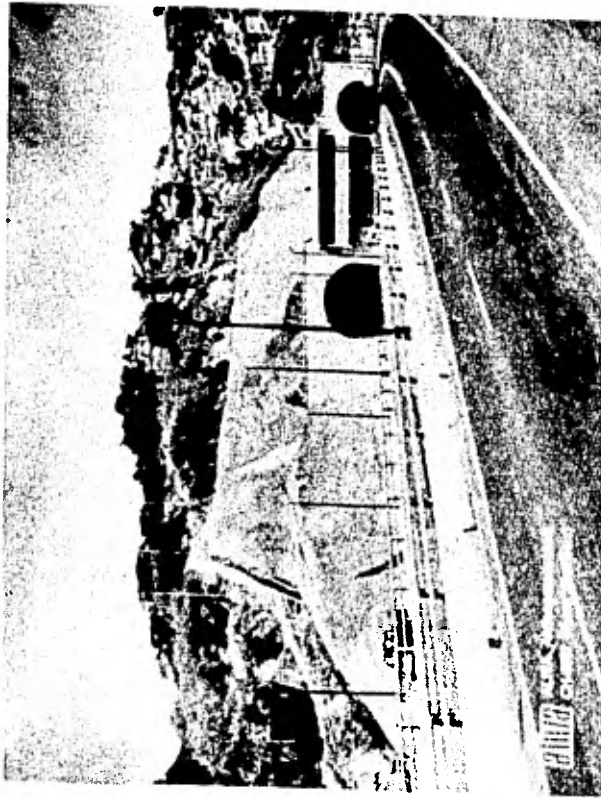


Figura NºI-5 - Estabilización de un talud a la entrada de dos túneles carreteros.

tendido. Se comenzaron a fabricar nuevos y más sofisticados equipos, que solucionan problemas cada vez más complejos, sobre todo en la construcción de túneles. De esta forma se tiene que países como Suecia, Alemania, Francia, Bélgica, Italia e Inglaterra están desarrollando sus propios métodos, logrando extender el empleo del concreto lanzado cada vez más.

En México se está utilizando en grandes obras desde hace aproximadamente quince años, enfocándose principalmente al revestido de tipo provisional en túneles, olvidando otras de sus múltiples aplicaciones en el campo de la construcción.

HIPOTESIS DE TRABAJO

Para poder desarrollar el presente trabajo se formularán las siguientes hipótesis, con el propósito de poder esclarecerlas:

- a) Existe una falta de información sobre el método del concreto lanzado, usos y aplicaciones.
- b) Se considera más costoso que el método convencional.

El método se explica en forma general y se aplica al final para comparar su costo contra procedimientos convencionales.



Figura N.º I-6.- Colocación de malla de acero y concreto lanzado, para estabilizar un talud de un corte.



Figura N° I-7 -Colocación de concreto lanzada,
para revestir un canal.



Figura N^oI-8.-Canal revestido con concreto lanzado.

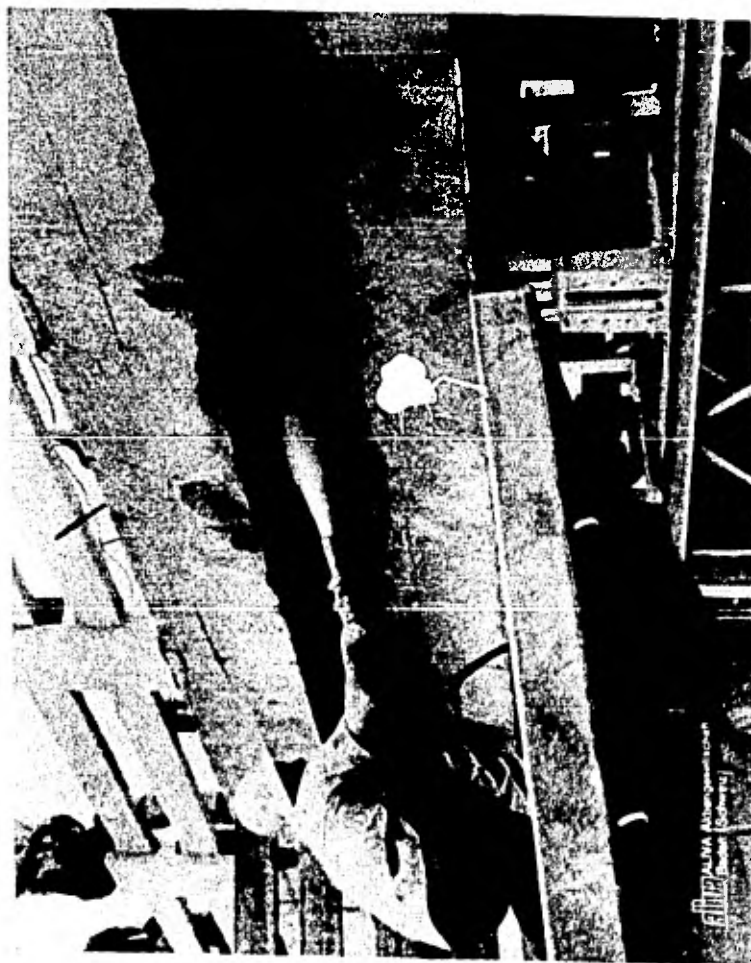


Figura N°1-9 - Reparación de un puente, con concreto lanzado.

CAPITULO II

TIPOS DE MEZCLAS

Importancia de la mezcla

En el campo del concreto lanzado es de suma importancia el uso adecuado de las mezclas, ya que existen dos tipos principales de procedimientos, basados fundamentalmente en la forma de humectar y transportar los materiales; esto implica la existencia de características diferentes en cada uno de ellos, por lo que se les ha tenido que denominar "Procedimiento de la Mezcla Húmeda" y "Procedimiento de la Mezcla Seca".

Procedimiento de la Mezcla Húmeda

En este método de hidratación de los materiales se realizó su paso por la mezcladora, para que, posteriormente, sea impulsada por una máquina lanzadora y pueda ser colocada sobre la superficie a tratar.

Existen dos variantes en este procedimiento, una llamada "Cañoneado" y la otra "De Chorro Continuo", teniendo ma

quinaria especial para cada una de ellas, siendo éstas:

a) Método cañoneado o pulsátil. El funcionamiento de este sistema se asemeja al de una pistola revólver, en donde el proyectil está formado por paquetes de mezcla húmeda, el gas impulsor por el aire comprimido y el cañón está constituido por la manguera y la boquilla de salida. (Ver figura II-1).

Al introducir los materiales a la mezcladora, se le adicionará una cantidad mínima de agua, con el propósito de obtener una mezcla espesa, que posteriormente se introducirá a un carro distribuidor, el cual tiene diversos compartimientos donde se alojará la mixtura formando paquetes, hasta que, por medio de inyecciones de aire comprimido serán expulsados, para luego ser conducidos por medio de una manguera hasta la boquilla de salida, en donde el operador dirigirá la aplicación del concreto.

El procedimiento pulsátil no ha tenido gran éxito, debido a diversos inconvenientes que presenta, obligando con esto a que se investiguen otros métodos que superan ventajosamente al descrito.

El problema principal del método pulsátil, lo constituye la forma tan irregular de como fluye la mezcla por las mangueras, ocasionando generalmente la obstrucción de las mismas, obligando con esto a interrumpir el proceso con el

objeto de limpiar los conductos y poder continuar con la aplicación. Otro problema que se presenta es la imposibilidad de agregar un acelerante de fraguado a la mezcla, ya que como es frecuente la obstrucción de las mangueras, al suministrar el aditivo acrecentaríamos el problema. Por otro lado, debido a lo mismo, se hace casi imposible añadir y dosificar correctamente cualquier acelerante al paso de la mezcla por la boquilla de salida.

Podemos decir, que a pesar de los problemas expuestos con anterioridad, la relación agua-cemento se mantiene uniforme durante el proceso, además de tener una más fácil aplicación del concreto, ya que el operador de boquilla solamente dirigirá el chorro de mezcla hacia el lugar deseado.

b) Método del chorro continuo. En este procedimiento los materiales también se humedecen en la mezcladora, sólo que se impulsa mecánicamente a la mezcla hasta hacerla llegar a la manguera; todo esto se realiza dentro de una cámara, donde la presión del aire se mantiene constante y que contiene además 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.

Este método goza de las mismas ventajas que el expuesto con anterioridad, sólo que por la forma de fluir de

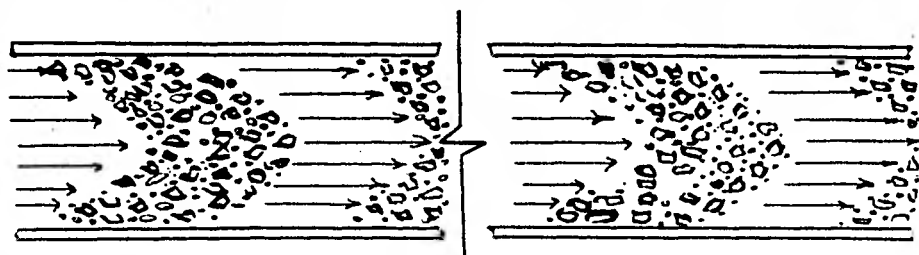


Figura N^o II-1. Mezcla húmeda - pulsátil.

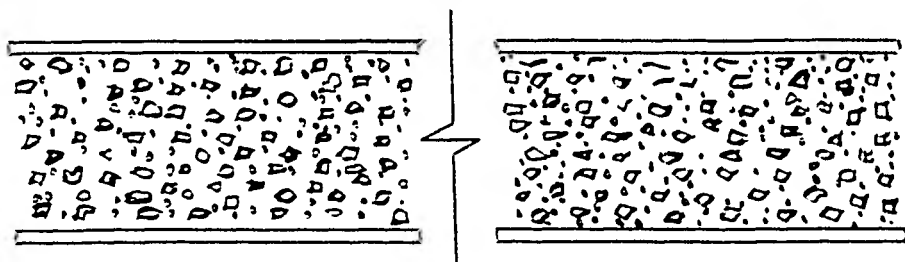


Figura N^o II-2. Mezcla húmeda - chorro continuo.

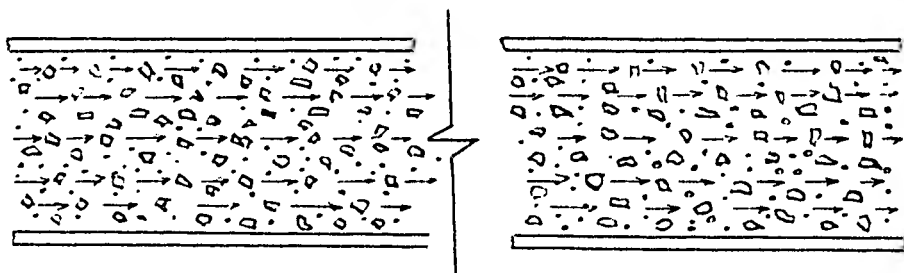


Figura N^o II-3. Mezcla seca.

la mezcla, el problema de obstrucción en las mangueras se reduce considerablemente. (Ver figura II-2). Sin embargo, como para poder aplicarlo se utilizan bombas para concreto o mecanismos similares, las limitantes del sistema están definidas por el alcance de estos aparatos. Por otro lado, si por alguna circunstancia se interrumpe el proceso, aunque sea por breve tiempo, se tendrá que vaciar y limpiar todo el sistema para evitar fraguados dentro del mismo; el desperdicio en tiempo y materiales que esto ocasiona incrementará los costos de producción.

Aunque en el procedimiento de la 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 taponamientos; por lo que solamente se recomienda su utilización en aquellos trabajos en donde la colocación del concreto no sea una parte fundamental del sistema constructivo, por lo que rara vez se le emplea en construcciones subterráneas.

En general, la utilización de los procedimientos húmedos está siendo desplazada en favor de los de mezcla seca, ya que ofrecen mayores ventajas que los primeros.

Procedimiento de la Mezcla Seca

Este método difiere del anterior en la forma de hi-

dratación 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 conducirá hasta la boquilla de salida, en donde se dosificará el agua y podrá graduarse la cantidad y dirección del concreto lanzado.

El proceso comienza con el mezclado de los materiales (cemento, arena y grava), después la mixtura se almacena en un compartimiento llamado lanzadora, la cual está bajo presión de aire comprimido; posteriormente se introduce a una manguera por medio de un carro distribuidor, para que, finalmente, sea transportada por un flujo de aire comprimido hasta llegar a la boquilla de salida; en este punto se le adicionará agua a presión para poder hidratar perfectamente a la mezcla, hasta que finalmente el concreto salga de la boquilla a gran velocidad (90 a 120 m/seg) y pueda adherirse a la superficie por tratar.

Como puede observarse, el vehículo utilizado para transportar y aplicar el concreto lanzado 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 II-3).

Con el proceso de la mezcla seca, el concreto lanzado comienza a tener mejores cualidades, siendo las principales su baja relación agua cemento, buena compactación en el

lugar aplicado, alto contenido de cemento, gran rendimiento y bajo costo en comparación a los otros sistemas; sin embargo, su aceptación no aumentaba debido a que la humectación no era perfecta, se generaban gran cantidad de polvo y material desperdiciado, que eran originados por el rebote de la mezcla contra la superficie; se llegó a pensar que la causa principal del problema provenía del trabajo del aplicador, ya que en él recaía la responsabilidad de graduar y dosificar el agua que necesita la mezcla; se optó por suprimirle esta actividad, de tal suerte que surgieron nuevos procedimientos basados en la mezcla húmeda; pero a pesar de que estos disminuyen los defectos del anterior, tienen otros que los hacen inferiores que al procedimiento seco. Podemos decir, que el proceso húmedo tiene menor grado de compactación que el otro, así como su producción y aplicación no son del todo satisfactorias, por lo que volvió a insistirse en el proceso seco y tratar de solucionar sus problemas sin salirse del mismo.

Para eliminar el problema del polvo en la boquilla de salida, se utilizaron aceleradores de fraguado en forma líquida; además, se prehidrató la mezcla en la boquilla de salida, teniendo ésta un diseño diferente, con el cual se logra un efecto de mezclado antes de salir de ella; sin embargo, el polvo no pudo eliminarse por completo y una pequeña cantidad se deposita principalmente en el equipo de trabajo, afectando su funcionamiento; pero este problema puede solu-

cionarse si contamos con un colector o aspirador de polvo, que saque del área de trabajo las partículas de arena y cemento, con lo que podemos aumentar el rendimiento del equipo y no perder tanto tiempo en operaciones de limpieza.

En la minería existen normas muy estrictas con relación al polvo en el área de trabajo; sin embargo, este método es muy utilizado en ella.

La ventaja de la boquilla premezcladora consiste en que además de humectar al cemento y a los agregados, efectúa un mezclado en el interior de ella; el primer paso ocurre después del choque de los materiales contra la superficie de la boquilla, estableciéndose una mezcla agua-aire-sólidos, la cual fluye correctamente originando muy pocas molestias de polvo. El tiempo que tarda el agua y los sólidos en ir de la boquilla a la superficie por tratar, es de aproximadamente 1/100 de segundo. En una boquilla de tipo ordinario la humectación ocurre un poco antes y al impacto de los materiales con la superficie a tratar.

El uso de los aceleradores líquidos es muy recomendable, ya que además 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.

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; pero realmente esta operación se efectúa dentro de límites muy pequeños, puesto que si se excede en la cantidad de agua, la mezcla rebotará excesivamente y en caso contrario, la mezcla será tan pobre que al no tener adherencia caerá de la superficie aplicada; hay que tener cuidado en no ver a la dosificación como si se tratara de una planta de control de concreto, ya que en este sistema la dosificación sólo mejorará con la apreciación del operador.

La producción de una máquina de concreto lanzado cualquiera, siempre será mayor de lo que un aplicador pueda lanzar. Normalmente se tienen rendimientos de $5.4 \text{ m}^3/\text{hr}$, o más, dependiendo de las mejoras que tenga el equipo o todo el sistema.

Las ventajas del procedimiento de la mezcla seca no han sido mejoradas aún por el proceso húmedo, siendo las principales:

- a) Mayor resistencia y consistencia, gracias a su alta energía de compactación.
- b) Uso de una mezcla seca, con la cual no se corre el riesgo de sufrir una prehidratación en los conductos.
- c) Procedimiento flexible, ya que es independiente

de otras actividades.

Componentes de la mezcla de concreto lanzado

Como en todas las mezclas de concreto, los elementos que la componen son los mismos; sólo que necesitan cumplir con ciertos requerimientos para poder obtener un concreto lanzado de máxima calidad. A continuación se tratará lo concerniente a los elementos que forman la mezcla de concreto.

El cemento

El cemento más utilizado para elaborar el concreto lanzado es el tipo Portland, debiendo cumplir con los requisitos correspondientes. Cuando el concreto lanzado se pone al contacto con aguas freáticas o suelos que contengan una elevada concentración de sulfatos, se recomienda el uso del cemento tipo V. En caso de requerir una resistencia rápida, se puede utilizar el cemento tipo III. Cuando sea necesario recubrir elementos sujetos a altas temperaturas o a la acción de ciertos ácidos, un cemento con alto contenido de alúmina puede ser empleado. Tanto éste como el de resistencia rápida se tienen que manejar con mucho cuidado, ya que reaccionan rápidamente, pudiendo llegar a obstruir las mangueras, además de no conseguirse un buen acabado. Se recomienda usar arena lo más seca posible, aparte de limpiar constantemente maquinaria y conductos, con el fin de evitar obstruc

ciones en ellos. Para obtener un buen terminado, se puede utilizar una llana metálica y pulir la superficie.

El agregado fino

La arena que se utilice en el concreto lanzado debe estar uniformemente graduada; el módulo de finura adecuado para la arena debe estar entre 2.4 y 3.2, siendo preferible que sus partículas sean duras, ya que granos blandos se desmoronan al pasar por las mangueras, además de generarse finos polvos que reducen la adherencia del concreto lanzado. Dicha pulverización aumentará a medida que se incremente la longitud de las mangueras; en general, la arena se deberá graduar conforme las especificaciones del concreto común.

En caso de utilizar concreto lanzado sin agregado grueso, el rebote será pequeño y se obtendrá una superficie más lisa y uniforme. Cuando este concreto es elaborado con exceso de arena fina (material retenido en la malla No. 50 a la 100), se necesitará un alto contenido de agua, incrementándose los enjutamientos al momento del secado, además de tenerse una lentitud en la operación de la maquinaria. En caso de elaborarse el concreto con arena gruesa (material retenido en la malla No. 8 a la 16), habrá un exceso de rebote por la falta de plasticidad en la mezcla.

Los límites de humedad que se permite tenga la arena para conseguir una buena aplicación, van de un 3 a un 6%,

aunque se han conseguido buenos resultados hasta con un 8%. Con estos grados de humedad, mejoran notablemente la alimentación del material así como la operación de la maquinaria.

Cuando la arena está demasiado seca, la alimentación se torna difícil y además se incrementa el efecto del rebote, debido a la tendencia de separación entre el cemento y los agregados.

En caso de encontrarse muy húmeda la arena, los tapomientos en el equipo y las mangueras se presentan frecuentemente.

El uso de una arena con la humedad especificada, además de mejorar las condiciones especiales del concreto lanzado, evita molestias al operador de boquilla, ya que la mezcla seca origina descargas de energía estática al rozar los granos con los bordes de metal de la boquilla.

En caso de que la arena esté demasiado húmeda, se recomienda mezclarla con otra que se encuentre seca o, en su defecto, adicionarle cenizas volcánicas.

El agregado grueso

Cuando se utiliza el concreto lanzado para recubrir superficies de varios centímetros de espesor, se recomienda el empleo de los agregados gruesos en la mezcla, siempre y cuando se tenga el equipo adecuado para lanzarlo.

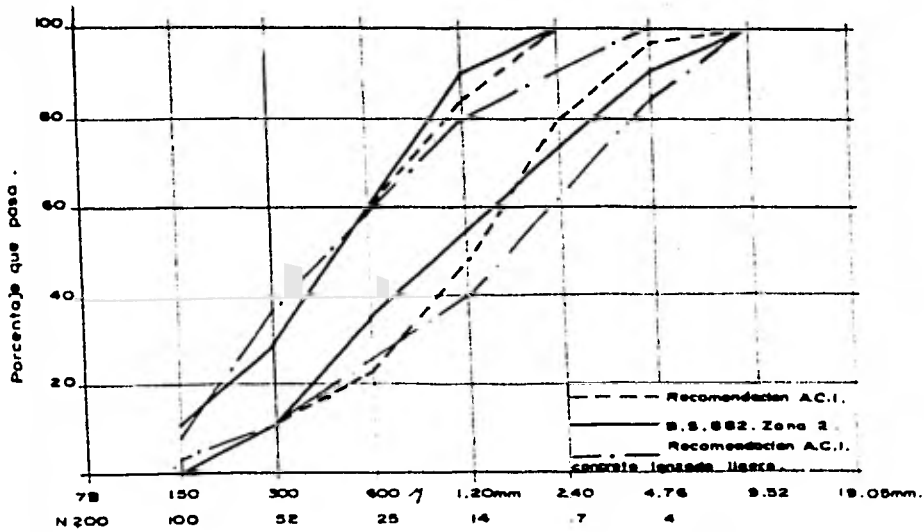


Figura N° II-4a. Curvas granulométricas límites de arenas para emplearse en concreto lanzado.

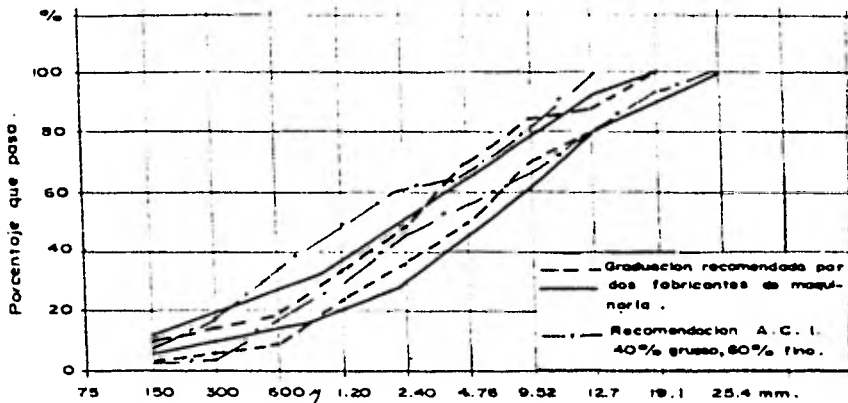


Figura N° II-4b. Curvas granulométricas límites para agregados que contengan partículas de 20 mm. (3/4"), para emplearse en concreto lanzado.

El tipo de grava más recomendable, es la de forma angulosa (producto de trituración), siendo el tamaño más apropiado para viajar por las mangueras la de $3/4$ a $3/8$ de pulgada. Se deben eliminar las de forma alargada o las redondeadas, pues las primeras producen atascamientos en las mangueras y las segundas incrementan el rebote. Se ha comprobado que entre más angulosa es la grava, la resistencia, la densidad y la adherencia, aumentarán notablemente. Cuando se emplea grava, se puede agregar un aditivo acelerador de fraguado, como auxiliar para retener el agregado grueso en la masa y reducir el rebote.

El uso del concreto lanzado con agregado grueso está teniendo mucha aceptación en construcciones subterráneas, ya que por su facilidad de colocación substituye el ademado de madera y substituye o trabaja en combinación con el de marcos de acero.

En la figura II-4, se muestran las curvas granulométricas típicas para el concreto lanzado.

El agua

Tiene dos usos principales, uno para emplearla en el mezclado y el otro para efectuar el curado del concreto. En ambos casos el agua debe estar limpia y libre de substancias que puedan atacar o manchar al concreto o al acero.

El acero de refuerzo

Como en todo concreto reforzado, también se utiliza acero de refuerzo en el concreto lanzado, con la finalidad de resistir los esfuerzos estructurales y de temperatura. En general se emplea malla de acero electrosoldada, con abertura mayor a los 2.5 cm por lado, siendo las más usadas las de 5 y 10 cm por lado. Las mallas de metal desplegado o la tela de gallinero por ser muy cerradas, no son recomendables en el concreto lanzado, ya que incrementan los problemas de rebote, del mismo modo que las varillas corrugadas y las torcidas.

La fibra de refuerzo

Para poder aumentar las utilizaciones del concreto lanzado, se han tenido que emplear fibras para hacerlo más resistente a la compresión y a la flexión, además de volverlo más moldeable.

Se han tenido buenos resultados con la adición de fibra de acero, de vidrio y de propileno, como refuerzo integral en la mezcla, teniendo cada una de ellas cualidades diferentes, por ejemplo, la primera se recomienda para revestir muros o túneles contra impactos fuertes. La fibra de polipropileno proporciona propiedades cohesivas y elásticas a la mezcla. La fibra de vidrio está en etapa de experimentación, pero proporciona características semejantes a las otras fibras.

El rebote

Debido a la velocidad que alcanza el material al ser lanzado y al fuerte impacto que se origina al chocar éste con la superficie a tratar, una parte de la mezcla se desprende o brinca de la superficie donde ha sido colocada, este material que se desperdicia, se conoce con el nombre de rebote, el cual está formado por partículas de arena, recubiertas por una pequeña capa de cemento y grava en el caso del concreto con agregado grueso.

El rebote incrementa el costo directo del concreto lanzado, por el mayor consumo de material y remoción de los sobrantes, aumentando además el tiempo del lanzado.

El problema se manifiesta en dos fases (figura II-5); la primera ocurre al comenzar la aplicación, tomándose una pequeña capa de mortero, que actúa como colchón amortiguador, la cantidad de rebote en este caso es muy alta. En la segunda, el concreto choca contra una capa suave de mortero fresco adherido, reduciéndose considerablemente el problema del rebote. El espesor inicial varía de 3 a 10 mm. En la práctica, al rebote que se produce en estas dos etapas se le denomina porcentaje de rebote, relacionándolo al volumen colocado.

Cuando el concreto lanzado se aplica sobre superficies horizontales (de abajo hacia arriba), en protuberancias

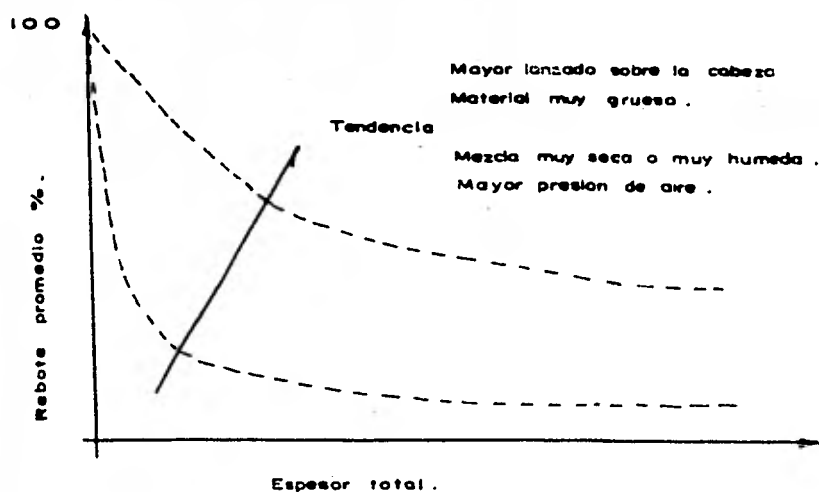


Figura N^o II-5. Tendencia general de las curvas de rebote.

Figura N^o II-6. Influencia en la distancia de lanzado.

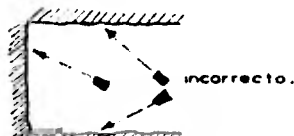
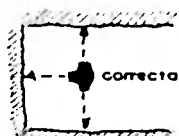
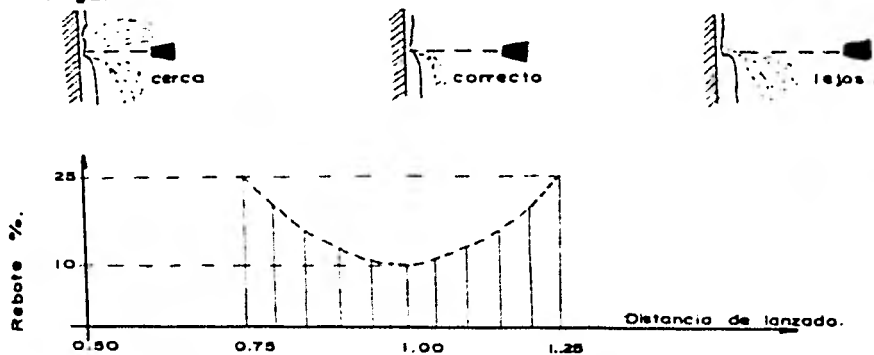


Figura N^o II-7. Influencia en el ángulo de lanzado.

o en esquinas rectangulares, la cantidad de rebote es de un 30%; en el caso de superficies verticales del 25%, y en superficies casi lisas, de un 20% aproximadamente. Por otro lado, el rebote aumentará conforme se incremente la velocidad del lanzado y disminuya el diámetro de la boquilla de salida.

En caso de aumentar la cantidad de arena, el rebote crecerá en proporción inversa a la relación agua-cemento; esto es, si se incrementa el porcentaje de arena, el mortero será menos plástico y pegajoso, tendiendo a desprenderse de la superficie.

Cuando se emplea agregado grueso en la mezcla, se recomienda el uso de un aditivo acelerante, ya que éste fraguará instantáneamente con el cemento, disminuyendo el problema del rebote. Por otro lado, la forma de las partículas también influye en el problema, ya que entre más angulosas son, menor es el material que se desperdicia y si está bien graduado el material, también disminuirá el rebote.

El ángulo de colocación debe ser de 90° y con una distancia aproximada de 1 metro a la superficie a tratar, variaciones a esto aumentarán la cantidad de rebote. (Ver figuras II-6 y 7).

Diseño de la mezcla

No existen bases sólidas (teóricas), para poder dise

ñar una mezcla correcta de concreto lanzado, apoyándose para su realización únicamente en hechos empíricos.

Como se dijo anteriormente, el material de rebote contiene un alto porcentaje de arena y de agregado grueso, la cantidad de cemento será muy poca comparado con ellos y con el concreto que sale por la boquilla; por esta razón, el contenido de cemento en el concreto lanzado ya colocado será menor que el pensado para la mezcla de diseño. Por ejemplo, para una relación 1:4, se puede producir un 10% de rebote, con una relación de 1:10. Basándose en lo anterior, la mezcla que en el lugar queda se determina de la siguiente manera:

Mezcla de diseño por volumen 1:4, que significa:

Una parte de cemento por cuatro de arena, ha
ciendo un total de cinco partes en volumen

La mezcla que se desperdicia producto de los rebotes es de un 10% del volumen de diseño; esto es:

Mezcla de rebote: 10% de cinco partes.

Por otro lado, esta mezcla tiene una relación analizada de una parte de cemento por 10 partes de arena, por lo que se puede plantear la siguiente ecuación:

$$11x = 0.5$$

siendo x la cantidad en volumen que se pierde de cemento y

arena en proporción del 10% de la mezcla original.

$$x = 0.5 / 11$$

$$x = 0.04545$$

Si se resta esta cantidad de rebote de la relación original
(1:4)

Cemento 1 - 0.04545

Arena 4 - 10 (0.04545)

quedando

$$0.95455 : 3.5455$$

que en función del cemento nos queda finalmente una relación

$$1 : 3.71$$

Esta relación "in situ" es considerablemente más rica en cemento que la original (1:4) y comprueba lo dicho anteriormente.

A continuación se muestra una tabla de mezclas de diseño con la resistencia mínima alcanzada a los veintiocho días; sirviendo estas cantidades sólo como punto de partida, teniendo que ser ajustadas posteriormente dependiendo de las condiciones particulares del rebote y de la humedad que se tenga en la obra. (Ver tabla II-1).

Por otro lado, al aumentarse la cantidad de agua para disminuir el rebote, corremos el riesgo de ocasionar una sobresaturación, convirtiendo al mortero en una lechada, la

MEZCLA POR VOLUMEN.	MEZCLA POR PESO.	MEZCLA RESULTANTE POR PESO.	RESISTENCIA MINIMA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS.		USOS.
			N/mm ²	lbf/pulg ² .	
1:6.5	1:6	1:4.1	21	3000	Recubrimientos. de secciones
1:5.5	1:6	1:3.6	24	3500	
1:5	1:4.5	1:3.5	26	3500	gruesas.
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	42	6000	
1:2.2	1:2	1:1.2	42	6000	Refractorios.

Tabla N°II-1 Proporcionamientos y usos para el concreto lanzado.

cual al secar se desprenderá desde las primeras capas aplicadas. Por esta razón, la mezcla óptima debe tener solamente la cantidad justa de agua, para que no se presente el problema anterior, logrando una buena relación agua-cemento y así no exista un exceso de rebote; de esta forma un buen aplicador podrá variar el agua dentro de estos límites.

Cuando se agregan partículas gruesas a la mezcla, el proporcionamiento se tendrá que efectuar haciendo pruebas sobre paneles. La relación más común para empezar a hacer las pruebas es de 1:4.5 en volumen, modificándose en función de la resistencia resultante. La cantidad de agregado fino en este tipo de mezclas es de un 60 a un 55%, teniendo que ajustarse para conseguir el mínimo de rebote. Una mezcla típica de concreto lanzado contiene un 60% de agregado fino y un 40% de agregado grueso, siendo usual que el contenido de cemento varíe de 350 a 450 Kg/m³, con relaciones agua-cemento de 0.35 a 0.50.

El método de dosificación para concreto de volúmenes absolutos, podrá emplearse únicamente con propósitos estimativos, basándose en los resultados de otras mezclas y sabiendo de antemano que las proporciones definitivas tendrán que ser ajustadas por las pruebas de campo, que se realicen al concreto en estado fresco o al ya endurecido.

Las pruebas del concreto lanzado para determinar su composición en estado fresco, son las más comunes, ya que una

vez endurecido, el efectuar esto presenta grandes problemas. Los dos valores de mayor interés son el contenido de cemento y la relación agua-cemento.

La prueba (B.S. 1881: Part 2: 1970) debe comenzar tan pronto como se ha colocado el concreto lanzado, para tratar de evitar la pérdida del agua, aun si se ha evitado la evaporación, una cantidad desconocida de hidratación tendrá lugar. El análisis del concreto tiene que complementarse con pruebas de las fracciones finas y gruesas del agregado, densidad, absorción y granulometría. Esta información es esencial para hacer el cálculo de la cantidad de constituyentes sólidos de la mezcla. El peso del agregado fino y grueso se determina pesándolos con agua, y el peso del cemento se obtiene como diferencia entre los pesos en agua del concreto y de los agregados. El contenido de agua se determina secando la muestra sobre un calentador. De ahí pueden calcularse las proporciones de la mezcla.

Existe una variante en donde se lava el material muy fino obteniéndose el valor del cemento directamente, en lugar de por diferencia. El cálculo del peso del cemento debe incluir una corrección por limo y polvo en los agregados determinados por un análisis granulométrico en las muestras de agregados.

CAPITULO III

ADITIVOS EN EL CONCRETO LANZADO

Los aditivos son aquellos materiales diferentes al agua, a la arena, a la grava y a los cementos, que se utilizan para modificar las propiedades físicas y químicas de la mezcla de concreto y que resuelven muchos problemas que se presentan en la utilización del mismo.

Se pueden clasificar en términos de su función en la mezcla, por ejemplo, existe la especificación ASTM C-494 "Aditivos Químicos para Concreto" que a continuación se muestra:

- Tipo A. Aditivo reductor de agua
- Tipo B. Aditivo retardante de fraguado
- Tipo C. Aditivo acelerante de fraguado
- Tipo D. Aditivo reductor de agua y retardante
- Tipo E. Aditivo reductor de agua y acelerante

También se pueden clasificar de acuerdo a sus componentes, así tenemos:

1. Cloruro de calcio

2. Inclusor de aire
3. Puzolanas
4. Químicos

Por su forma los hay líquidos y sólidos (en polvo).

El uso de los aditivos en el concreto es muy amplio ya que además de modificar las propiedades físicas y químicas de la mezcla, se pueden utilizar para varias las cuestiones económicas del concreto. De esta forma, sólo después de una evaluación de los efectos que se producen con el concreto seleccionado, se podrán emplear, dando especial atención a las recomendaciones de los fabricantes.

En el concreto lanzado se pueden utilizar diversos tipos de aditivos, sólo que, por poseer propiedades diferentes al concreto común, se les tiene que tratar de una manera especial.

Aditivos acelerantes en concreto lanzado

La adición de los aceleradores de fraguado en las mezclas de concreto lanzado es muy común, tanto en el proceso seco como en el húmedo, ya que facilita su aplicación, además de adquirir rápidamente su resistencia.

Estos aceleradores están compuestos por aluminatos, silicatos, carbonatos o combinaciones de ellos y por elemen-

tos orgánicos. Cada uno de los cuatro tipos de compuestos trabajan de manera diferente en la reacción agua-cemento.

Los aluminatos

Cuando esta sustancia (C_3A) se combina con el cemento Portland, se fija rápidamente con el sulfato de calcio (C_3S), provocando el pronto endurecimiento del concreto.

Los silicatos

Esta sustancia se combina con la cal que contiene el cemento y tiene influencia fundamental con los carbonatos en la reacción de los silicatos y el agua.

Los silicatos inducen un fraguado rápido, precipitándose como silicato de calcio, pero reducen la resistencia última significativamente por su interferencia en la reacción agua-cemento.

Se puede decir que los aluminatos controlan el endurecimiento rápido y que los silicatos a la resistencia del concreto.

Los carbonatos

Los carbonatos ayudan a que se adquiera más rápidamente la resistencia, pero tienen pequeños efectos en el fraguado inicial, usándose generalmente para retardar los efec-

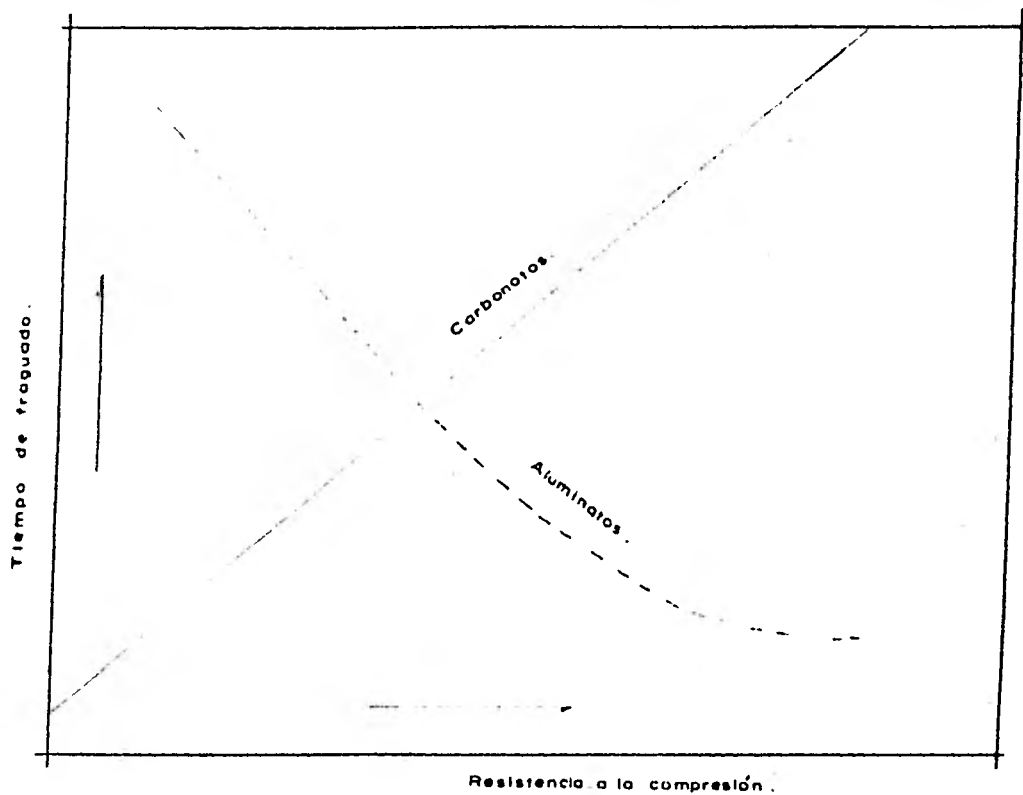


Figura N^o IV-1. Efectos en la resistencia y el tiempo de fraguado que producen los carbonatos y los aluminatos en el concreto lanzado.

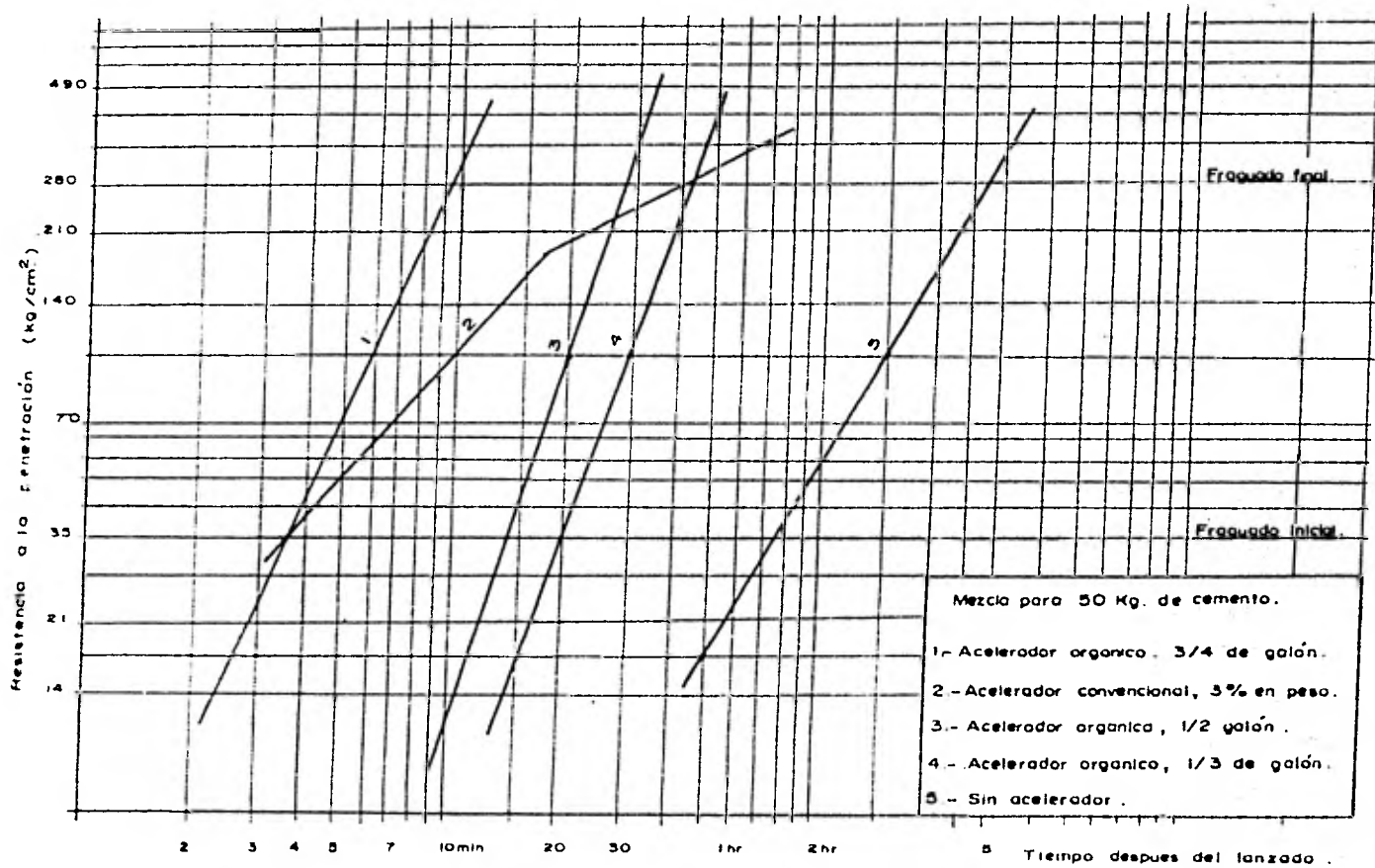


Figura N° 2-2. Efecto en el tiempo de fraguado del concreto lanzado, con diferentes tipos de aceleradores

tos en el fraguado inicial, usándose generalmente para retar dar los efectos del aluminato en el endurecimiento; por lo que las proporciones de aluminato y silicato tricálcicos va riarán dependiendo de la composición química del cemento que se esté utilizando. En la figura III-1 se muestran los efec tos en la resistencia y en el tiempo de fraguado que produ- cen los carbonatos y los aluminatos. De todo esto se des- prende que el proporcionamiento de los aceleradores tendrá que ajustarse a la composición particular de cada cemento.

Los aceleradores orgánicos

Estos elementos trabajan sobre la reacción agua-ce- mento, sin perjudicar la resistencia del concreto, ya que no reaccionan con ninguno de los componentes básicos del cemen- to, permitiendo solamente la aceleración de la mezcla.

En la figura III-2 se muestran los resultados de aña dir aceleradores del tipo orgánico y a base de carbonatos y aluminatos en mezclas de concreto lanzado, así como uno sin aditivos. Nótese que el acelerador a base de aluminatos pro voca un rápido fraguado, pero la resistencia se adquiere len tamente después del mismo, en cambio, el acelerador orgánico además de producir un pronto fraguado, origina que la resis- tencia se alcance más rápidamente.

La figura III-3 muestra una gráfica de resistencia a los 28 días, obtenida con cubos de prueba de concreto lanza-

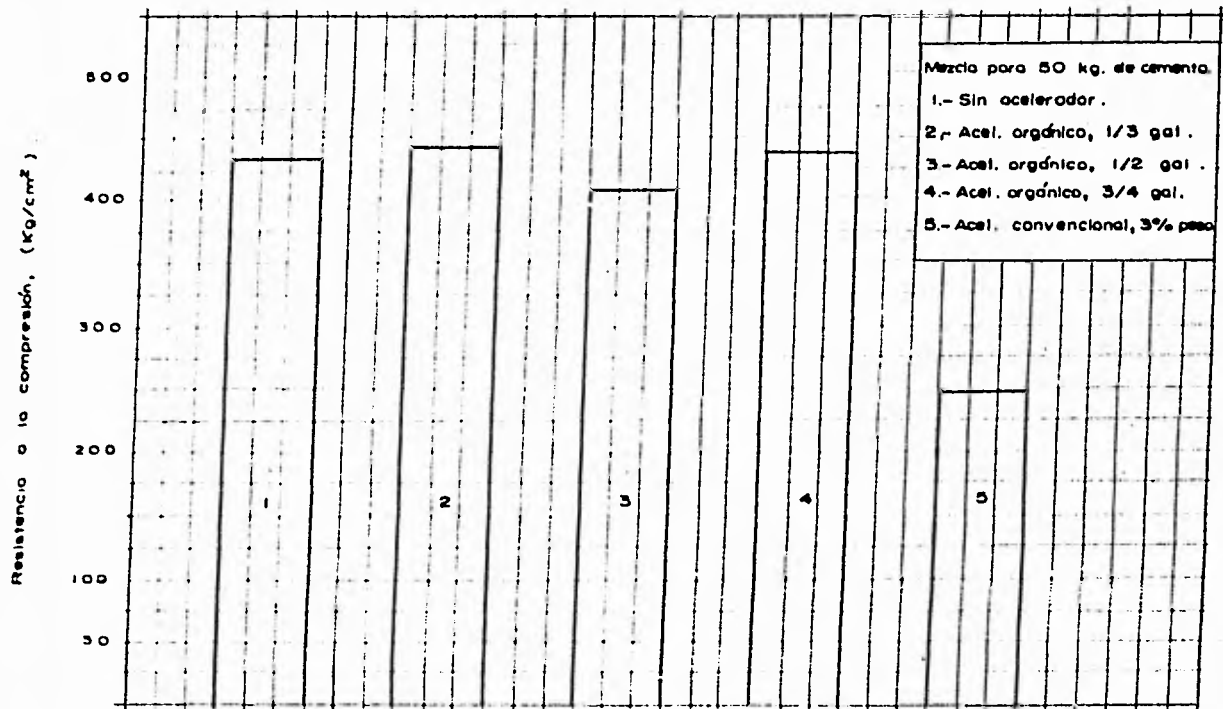


Figura N^o III-3. Resistencia a los 28 días del concreto lanzado, con aditivos orgánicos e inorgánicos.

do, con aditivos orgánicos e inorgánicos.

La reducción de la resistencia provocada por los aceleradores a base de aluminio y carbonato es obvia y se presenta siempre que se usa este tipo de aditivos.

Los datos mencionados anteriormente, son para el caso del concreto lanzado en mezcla seca. En el proceso húmedo se puede inducir un fraguado prematuro al utilizar los aceleradores mencionados, pero no se obtiene una resistencia inicial más rápida de lo normal, debido a que los elementos constituyentes del cemento están reaccionando con el agua al mismo tiempo que se proporciona el acelerador, por lo que la reacción es solamente parcialmente acelerada, sin conseguir resultados realmente significativos.

Influencia de los acelerantes en el costo del concreto lanzado

En caso de agregar silicatos a la mezcla de concreto lanzado, se obtendrá un rápido fraguado, sólo que se requiere de una alta dosificación y su uso se vuelve muy caro.

Los aluminatos son más económicos, ya que reducen significativamente la relación agua-cemento y eventualmente aumentan la resistencia inicial de la mezcla; sólo que, aunque permiten reducir la dosificación del cemento, de la misma forma reducen la resistencia última del concreto.

El uso de los aluminatos no se recomienda dentro de túneles, ya que por existir condiciones especiales de humedad y temperatura, los cementos variarían sus propiedades. En estos casos se recomienda el uso de los aceleradores de tipo orgánico, obteniéndose un rápido fraguado y una baja dosificación.

Se hace especial énfasis en que los aceleradores de tipo líquido, se deben dosificar por medio de una bomba especial, con esto se podrá controlar el porcentaje de líquido que se suministra, además de ajustarse a las necesidades que se presenten en el frente de trabajo.

El ahorro que proporciona el uso del acelerador, compensará el costo de la bomba. Esta proporcionará el líquido con una alta presión dentro de la boquilla, originando un fino rocío que se esparcirá racionalmente en el flujo de aire-mezcla.

Agentes externos que afectan
al proceso acelerador

Los beneficios que se obtienen con el uso de los aceleradores en la mezcla de concreto lanzado, se ven afectados de una u otra forma por agentes externos que modificarán significativamente los resultados esperados siendo los efectos principales:

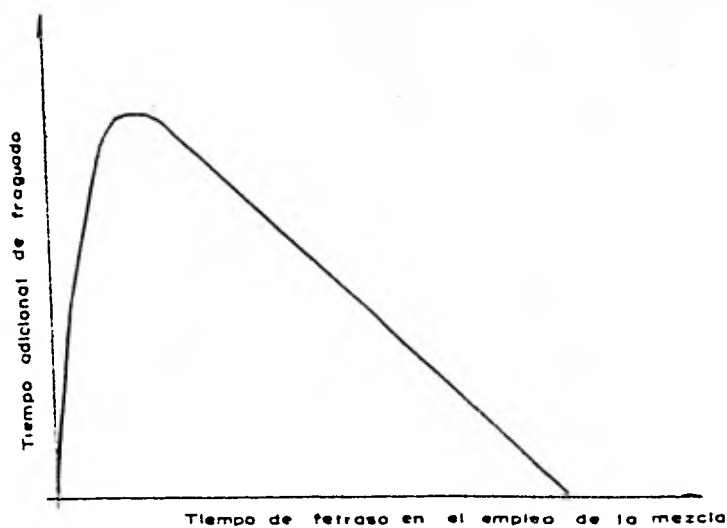


Figura N^o III-4 Efecto en el tiempo de fraguado producido por una mezcla prehidratada.

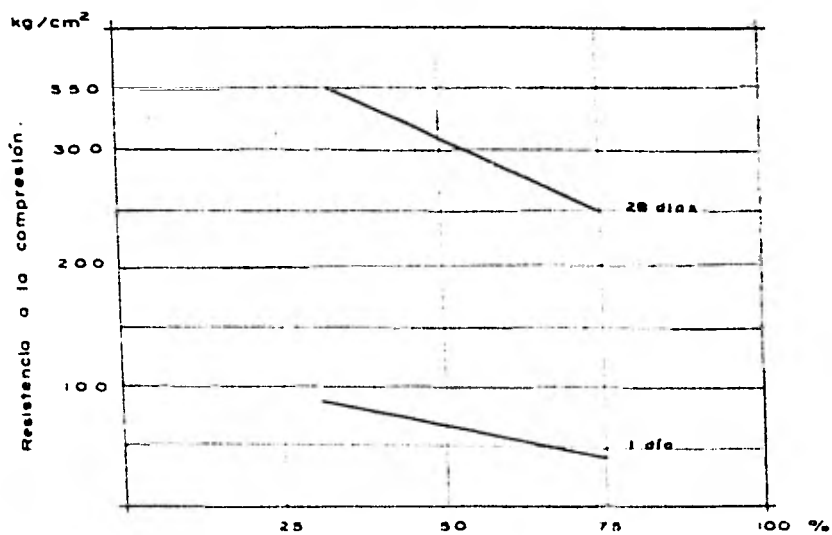


Figura N^o III-5. Efecto de la prehidratación en la resistencia a la compresión

- a. La prehidratación
- b. La temperatura
- c. El tipo de cemento
- d. La dosificación

La prehidratación es un problema que surge cuando los constituyentes del cemento reaccionan con el agua antes de la adición del acelerador o cuando éste reacciona antes de unirse a la mezcla. De esta forma los resultados esperados cambiarán, incluyendo los de la resistencia. La figura III-4 muestra los efectos que produce la prehidratación en el tiempo de mezclado.

En caso de que el agregado se moje antes de ponerlo en contacto con el cemento, será un error el mezclarlos, ya que se suscitará el problema de la prehidratación. Cualquier cemento al reaccionar antes con el agua no será afectado por los aceleradores. Podemos decir que es imposible esperar una reacción acelerada cuando ésta ya se está efectuando o ha concluido antes de la adición del aditivo correspondiente. En la figura III-5 se muestran los efectos de la prehidratación de la mezcla a los 28 días para la resistencia a compresión. Nótese que cuando solamente un 75% del cemento se ha prehidratado, la resistencia se verá afectada a edad temprana y a largo plazo.

En el proceso húmedo la prehidratación tiene lugar todo el tiempo, por lo que la resistencia y el fraguado se-

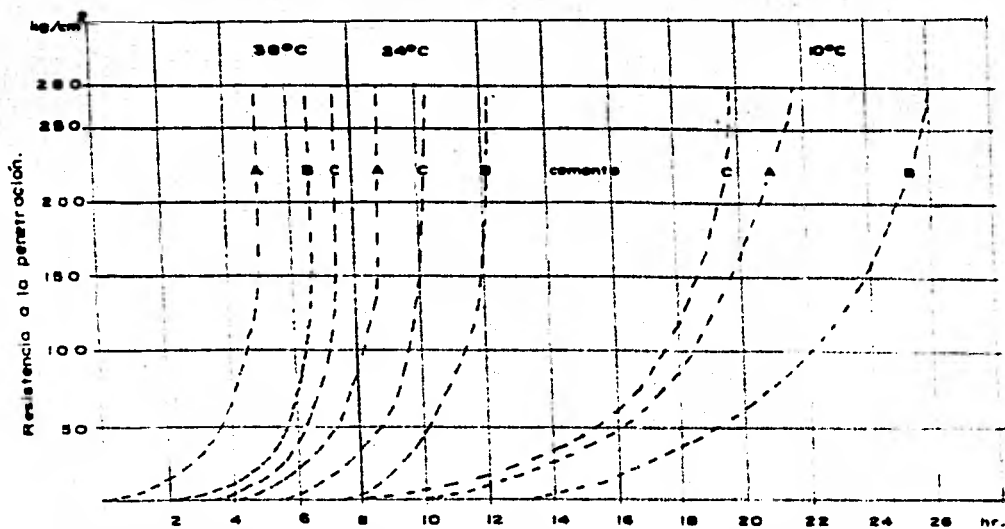


Figura N° III-6. Efecto de la temperatura en tres marcas de cemento diferentes.

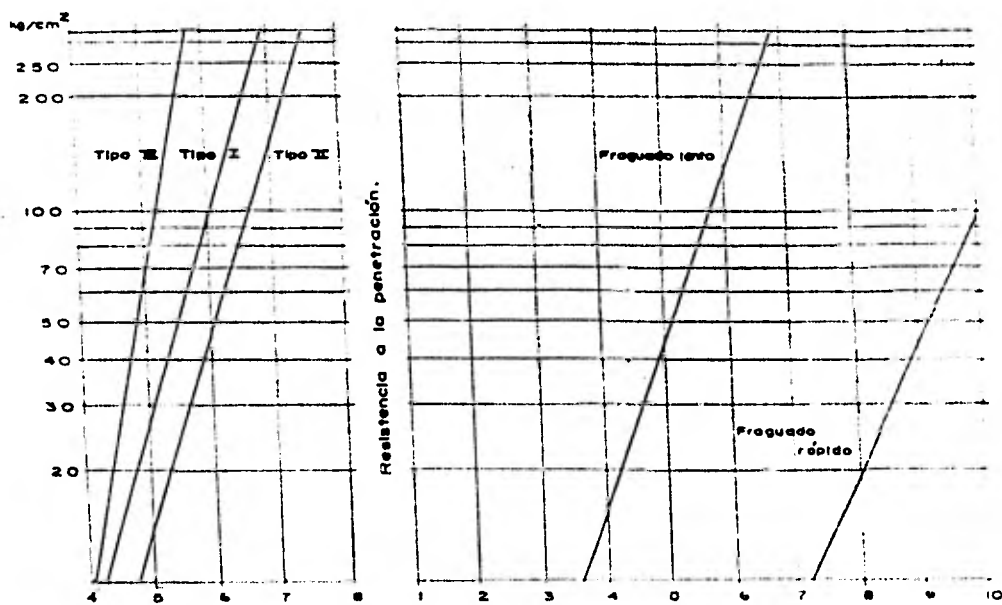


Figura N° III-7. Tiempos de fraguado del concreto lanzado para diferente tipos de cementos.

rán afectados simultáneamente.

Cuando la temperatura externa aumenta, la mezcla se verá afectada directamente, mejorando tanto el tiempo de fraguado como la resistencia del concreto lanzado; esto ocurrirá siempre aunque el tipo de cemento sea diferente. La figura III-5, muestra los efectos de la temperatura sobre el tiempo de fraguado en una mezcla de concreto lanzado; se observa que este período de tiempo es proporcional a la resistencia de penetración, siendo notoria la diferencia entre los 100°F y los 50°F (37.78°C y 10°C), tiene un factor de 5. En caso de que estas mezclas fueran aceleradas con la misma cantidad de aditivo, este factor disminuirá notablemente. Como definitivamente la temperatura controla el tiempo de fraguado, en ocasiones (temperaturas altas) dará la impresión de que el acelerador no trabaja.

Existen diferentes tipos de cementos o del mismo, pero de distinta procedencia, lo que se traduce en diferentes tipos de fraguado (ver figura III-7); ahora bien, si se agrega un acelerante a una mezcla, la colocación de ésta se hace más rápidamente, aproximadamente en un 50% más de lo normal; pero si se cambia el tipo de cemento, digamos por uno de fraguado lento, puede balancearse la reacción acelerada. Por otro lado, a una proporción dada, los cementos pueden variar su resistencia; en la figura III-8 se muestra el proceso que tuvieron cinco diferentes cementos en el lapso de dos sema-

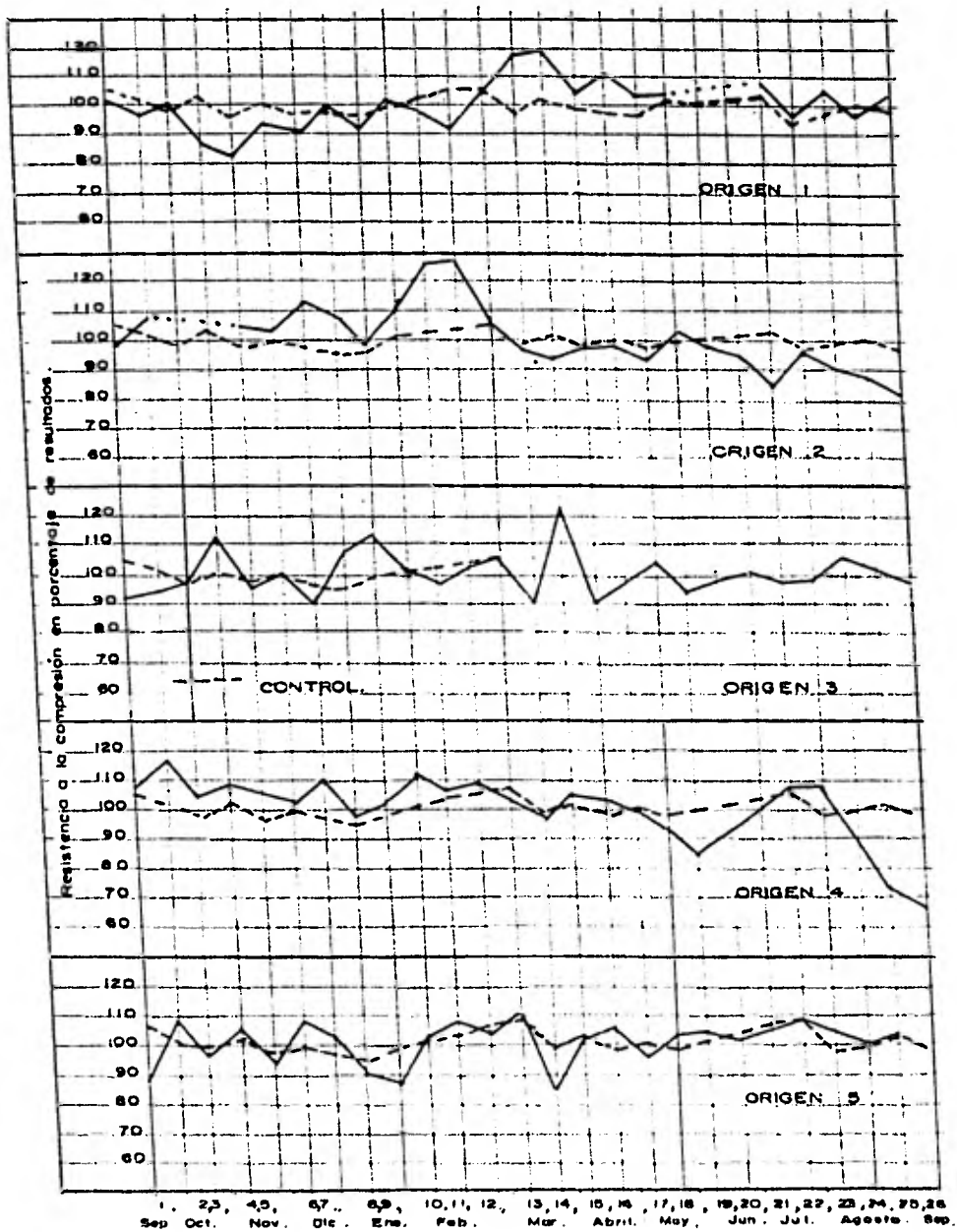


Figura N^o III-8. Variación de la resistencia a la compresión en el concreto lanzada, para diferentes tipos de cementos.

nas. La variación en la resistencia se presentará se haya usado o no un acelerante.

Los aceleradores y los rebotes

Con el uso de aceleradores en las mezclas del concreto lanzado, se disminuye notablemente la cantidad de rebote, además de facilitar su colocación.

El cloruro de calcio

Además de los aceleradores antes mencionados, podemos citar a otros como el cloruro de calcio, el cual tiene restricciones sobre su uso, por ejemplo, se recomienda no utilizarlo cuando el concreto lanzado tenga acero de refuerzo o esté expuesto al agua de mar o al agua que contenga sulfatos y en aquel caso en el que tenga que recubrir a metales de distinta composición, por ejemplo, aluminio y acero.

Aditivos retardadores y reductores de agua

Cuando el concreto lanzado se emplea en climas cáli-dos y el acabado del elemento es importante, se recomienda el uso de un aditivo retardador, con esto se contrarrestará el efecto que la temperatura tiene sobre el fraguado, impidiendo que aparezcan las posibles grietas o juntas frías, asimismo, se obtienen cualidades impermeables para el elemento.

Los retardantes son materiales de tipo orgánico, solubles al agua, o bien, combinaciones de materiales orgánicos e inorgánicos, que van a reducir la cantidad de agua en el concreto, para poder dar una determinada consistencia, modificar la velocidad de fraguado, del endurecimiento o ambas.

Existen dos tipos de aditivos reductores de agua, los acelerantes y los retardantes. Los materiales que se utilizan como reductores de agua y control de fraguado son:

- a) Sales de ácidos lignosulfónicos
- b) Derivados de estos ácidos
- c) Sales de los ácidos carboxílicos hidroxilados
- d) Variaciones de los ácidos anteriores
- e) Carbohidratos, sales de zinc, boratos, fosfatos, cloruros, polisacáridos, ésteres de celulosa, derivados de melamina y algunos silicónes.

En general, los aditivos reductores de agua, ya sean acelerantes o retardantes, reducirán hasta en un 10% el consumo de agua en el concreto lanzado. La velocidad de fraguado variará dependiendo de las cantidades usadas y de la temperatura ambiente.

La reducción del agua hace que la mezcla de concreto sea más económica, ya que se utiliza menor cantidad de cemento para una resistencia determinada, además, disminuyen los problemas originados por los agregados, como los debidos a

una mala composición granulométrica, la cual origina un mayor contenido de agua. Por otro lado, la temperatura disminuirá como consecuencia del menor contenido de cemento, también mejora la calidad del concreto al haber mayor trabajabilidad y en secciones con mucho refuerzo esto es una gran ventaja.

El retardo en el fraguado es muy importante, sobre todo cuando la temperatura ambiente es alta, en caso contrario, una aceleración es la indicada.

En grandes cantidades de concreto, el retardo facilitará su colocación, además de poder eliminar los problemas de juntas frías o grietas en el elemento.

Un factor interno del cemento puede afectar el buen funcionamiento del aditivo, estando esto muy ligado con el contenido de aluminato tricálcico (C_3A) y de los álcalis (Na_2O y K_2O). Una baja cantidad de anhídrido sulfúrico también producirá un mayor retardo.

La cantidad de aditivo retardante aumentará en proporción directa del incremento en la temperatura ambiente.

Aditivos de menor uso en el concreto lanzado

Existe otro tipo de aditivos que también se utilizan en el concreto lanzado, estando restringido su empleo sólo para condiciones muy especiales, siendo los más importantes:

- a) Las puzolanas
- b) Los colorantes
- c) Los agentes inclusores de aire

Las puzolanas

Son generalmente materiales silicosos o aluminosos que poseen valores cementantes, pero que cuando están mezclados químicamente con el hidróxido de calcio, a temperatura ordinaria forman compuestos con propiedades cementantes; ejemplos de estos materiales son las cenizas volantes, el vidrio volcánico, la tierra diatomécea y algunos esquistos o arcillas.

Estos materiales son usados cuando los agregados están deficientes en partículas de tamaño menor del material que pase la malla No. 200. Al incluirse el aditivo aumentará la resistencia del concreto lanzado, reduciendo la segregación y el sangrado en el concreto.

Cuando se agrega este tipo de aditivos, será necesario reducir la cantidad de cemento ya que puede aumentar el tiempo de secado y la contracción del concreto. Además, se pueden utilizar para substituir parte del cemento, para absorber agua, como plastificante, para variar la permeabilidad y para incrementar la resistencia de ruptura, pero nunca se deben usar en más del 15% en peso de la cantidad de cemento que tenga la mezcla.

Aditivos colorantes

Este tipo de aditivos solamente se emplean en recubrimientos rápidos, que puedan terminarse en una sola aplicación, para poder evitar variaciones en el color y el efecto de líneas más oscuras al reanudar los trabajos en cada jornada.

Los materiales utilizados para colorear el concreto son pigmentos especiales, que pueden ser de tipo natural o sintético, su formulación no afecta las propiedades físicas de la mezcla, siempre y cuando se respeten las dosificaciones del fabricante.

A continuación se listan los pigmentos que se pueden utilizar para obtener una gran variedad de colores:

<u>Color</u>	<u>Pigmento</u>
Blanco	Dióxido de titanio
Negro y gris	Oxido negro de hierro
	Mineral negro
	Negro de humo
Verde	Oxido de cromo
	Verde de ftalocianina
Azul	Azul ultramarino
	Azul de ftalocianina
Rojo oscuro	Oxido rojo de hierro
Café	Oxido café de hierro
Marfil, crema	Oxido amarillo de hierro

La dosificación de cualquier pigmento en las mezclas de concreto, no debe exceder del 10% del peso del cemento. Los materiales naturales producen colores menos intensos.

Dosificaciones por debajo de un 6% del peso del cemento no alteran las propiedades del concreto; cantidades mayores incrementan el contenido de agua en la mezcla, pudiendo modificarse las propiedades físicas.

Para poder utilizar calor en el concreto lanzado, hay que contar con un buen aplicador, ya que se requiere de mucha habilidad para poder obtener un buen acabado.

Aditivos inclusores de aire

Este adicionante origina burbujas de aire dentro del concreto o del mortero, usualmente en pequeñas cantidades (burbujas de aproximadamente 1 mm de diámetro) durante el mezclado, con el propósito de aumentar la trabajabilidad y la resistencia al congelamiento. Esto es, se trata de darle al concreto una mayor resistencia contra la acción destructiva del congelamiento y el deshielo; sin embargo, también se le utiliza para mejorar las propiedades de la mezcla fresca, volviéndola más plástica, más trabajable y para reducir el contenido de agua. En estado seco, se mejora la resistencia a la acción de los sulfatos y al paso del agua; sin embargo, reduce el peso unitario del concreto, así como su resistencia final; esta reducción puede ser hasta de un 15% en

el caso de la compresión y de un 10% en el de la flexión. Estas cifras son para contenidos iguales de cemento con cantidades reducidas de arena y agua, que permitan la inclusión del aire por el aumento de trabajabilidad en este tipo de mezcla.

Su utilización está recomendada en aquellos lugares donde el concreto lanzado esté expuesto a los efectos del congelamiento y del deshielo; también es útil para incrementar la impermeabilidad del concreto y para mejorar su trabajabilidad en mezclas pobres o para el caso de tener que aligerar el peso de algunos elementos.

Los materiales más útiles para incluir en la mezcla son:

- a) Sales de resinas de maderas
- b) Algunos detergentes sintéticos
- c) Sales de lignina sulfonada
- d) Sales de ácidos del petróleo
- e) Sales de materiales protéicos
- f) Acidos grasos y resinosos
- g) Sales orgánicas de hidrocarburos sulfonados
- h) Peróxido de hidrógeno
- i) Aluminio metálico pulverizado

El mezclado de los aditivos

Los aditivos que sean solubles deberán disolverse en el agua antes de añadirse a la mezcla en caso de no contar con una bomba de tipo especial. Los aditivos insolubles se mezclarán con el cemento y los agregados antes de lanzarlos.

Otras consideraciones sobre el uso de los aditivos

Existe una fuerte tendencia por el uso de los aceleradores de tipo líquido, en lugar de los productos en polvo. Este cambio se debe primordialmente a las mejoras en las cualidades del concreto lanzado que se obtienen al utilizarlos, sin la disminución o sacrificio de los efectos del fraguado rápido.

Al emplear los aceleradores líquidos en el proceso seco, se obtiene un acabado más liso y uniforme, además, se evita el polvo que se produce al manejar y rociar los productos secos. El mantenimiento del equipo del concreto lanzado se reduce notablemente, ya que el aditivo líquido sólo pasa a través de la boquilla mezcladora; por otra parte, se evita el problema del fraguado que ocurre al momento de la adición del acelerador en polvo y el paso de la mezcla a través del equipo, con esto se mejora el secado y sus propiedades se hacen más evidentes.

La única desventaja importante de los aditivos líqui

dos la constituye la necesidad de premezclarlos con el agua en las proporciones debidas, esto obliga a transportar ambos en un voluminoso premezclador hasta el frente de trabajo. Para esto, se recomienda el uso de una bomba de doble acción, la cual hace llegar el aditivo concentrado y el agua hasta el lugar de trabajo; en donde se podrán variar según las necesidades de la superficie. Este tipo de aditamento incrementa el uso y las cualidades del concreto lanzado.

CAPITULO IV

EQUIPO PARA EL CONCRETO LANZADO

Descripción General

El procedimiento del concreto lanzado basa su funcionamiento en la fuerza neumática, utilizada como vehículo para transportar y colocar los materiales. Esto ha originado el desarrollo de un equipo especial, constituido por diversos elementos, teniendo cada uno de ellos un trabajo específico dentro del sistema.

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 la 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 denomina "planta". Las dimensiones de ésta variarán, dependiendo de las necesidades de la obra, pudiendo colocarla a unos metros del frente de trabajo o en casos más sofisticados, a una distancia mayor.

El trabajo de una planta de concreto lanzado, consiste

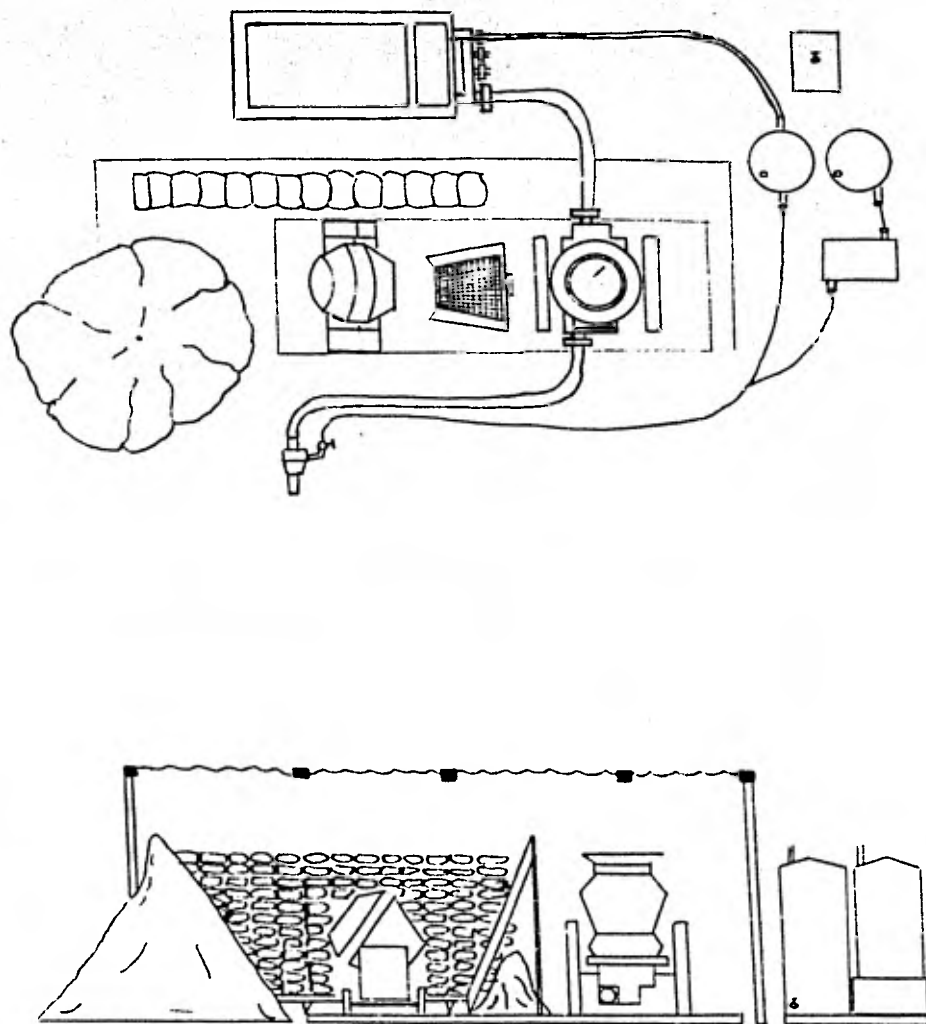


Figura N^o IV-1 . Distribución de una planta para concreto lanzado .

te en suministrar, dosificar y transportar a los materiales y a la mezcla en el momento oportuno, para que el operador de la boquilla pueda colocar el concreto, teniendo además un rendimiento adecuado.

Una distribución clásica de una planta de concreto lanzado, se muestra en la figura IV-1. Este tipo de plantas se pueden montar sobre un camión. Equipos mayores tienen que ser atendidos por camiones mezcladores y la alimentación se hace por medio de bandas transportadoras.

En general, las partes importantes de una planta de concreto lanzado las forman los compresores, la mezcladora, la lanzadora, el equipo del suministro de agua, las mangueras y la boquilla mezcladora. A continuación se tratará lo relacionado a estos equipos de acuerdo a su participación en el procedimiento.

El compresor

Como todo el proceso depende del suministro adecuado del aire comprimido, será necesario tratar lo concerniente al funcionamiento y a la selección de compresores, con el propósito de obtener un máximo rendimiento en el proceso y abatir los costos de producción.

Cuando el aire se comprime, éste recibe energía, que es suministrada por una máquina llamada compresor; esta ener

gía es transmitida por medio de una tubería o de 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 será menor del 100%.

Como el aire es una mezcla de gases, está sujeto, dentro de ciertos límites, a leyes que rigen a estos, siendo las de mayor importancia, en nuestro caso, aquellas que se relacionan con la presión, el volumen, la temperatura y las pérdidas de energía por conducción.

Para poder hacer un uso correcto del aire comprimido, es necesario definir algunos términos generales para todos los gases.

Presión. Está definida como la componente normal de fuerza por unidad de superficie. Las unidades de presión están dadas por la relación Kg/m^2 , Kg/cm^2 , lb/ft^2 , lb/in^2 .

Presión atmosférica. Es la debida al peso del aire que gravita sobre una superficie horizontal determinada, dependiendo de la altura sobre la superficie terrestre. Cuando esto sea menor, será el peso del aire situado encima y por lo mismo, también la presión lo es.

Una atmósfera se define como la presión producida por una columna de mercurio de 760 mm exactamente, siendo la densidad del mercurio de 13.5951 g/cm^3 y la aceleración de

la gravedad normal, por lo que:

$$1 \text{ atm.} = 1.033 \text{ KgF/cm}^2 - 14.6959 \text{ lbf/in}^2$$

Presión manométrica. Es la ejercida por un gas en exceso a la presión atmosférica. Se mide por medio de un manómetro de presión o por uno de mercurio.

Presión de vacío. Es aquella medida de presión inferior a la presión atmosférica.

Temperatura. Es la medida de la cantidad de calor contenida por una cantidad unitaria de gas. Se mide por medio de un termómetro o algún otro dispositivo.

Escala centígrada. Es una medida de la temperatura, basada en los puntos de congelación y ebullición del agua, cero y cien grados respectivamente en esta escala.

Escala Fahrenheit. Es una medida de la temperatura con respecto a los puntos de ebullición y congelamiento del agua, 212 y 32 grados respectivamente en esta escala.

Proceso isotérmico. Cuando un gas experimenta un cambio en el volumen sin alterar su temperatura, se dice que sufrió una compresión o expansión isotérmica.

Proceso adiabático. Cuando un gas experimenta un cambio en su volumen sin ganar o perder calor, se dice que sufrió una compresión o expansión adiabática.

Ley de Boyle. Cuando un gas se sujeta a un cambio de volumen debido a un cambio de presión, a una temperatura constante, el producto de la presión por el volumen permanecerá constante.

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

Siendo:

P_1 = la presión inicial

P_2 = la presión final

V_1 = el volumen inicial

V_2 = el volumen final

Ley de Charles. A presión constante, el cambio de volumen que experimenta un gas, es directamente proporcional a la variación en la temperatura.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Siendo:

V_1 = el volumen inicial

V_2 = el volumen final

T_1 = la temperatura inicial

T_2 = la temperatura final

Ambas ecuaciones se pueden combinar, para obtener:

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

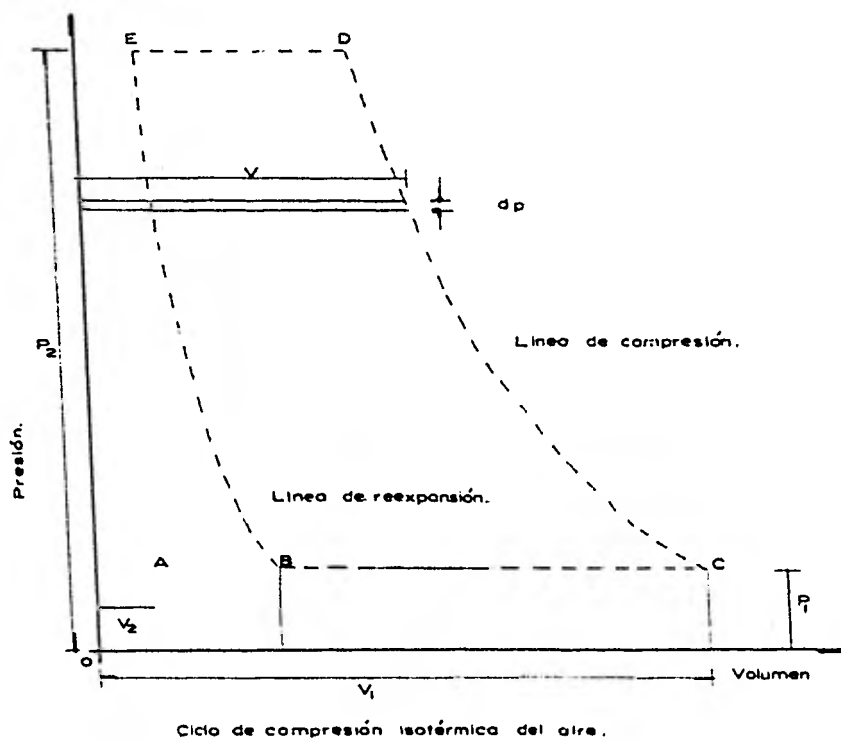


Figura N^o IV-2. Funcionamiento de un compresor de un ciclo.

en donde:

P_1 = la presión inicial

P_2 = la presión final

Energía necesaria para comprimir aire

Cuando se aumenta la presión a un volumen de aire de terminado, utilizando un compresor, se necesita proporcionar energía, como se ilustra en la figura IV-2. En la gráfica se muestra el funcionamiento de un compresor de un solo ciclo: el aire es impulsado hacia el cilindro a una presión inicial P_1 y es descargado a una presión P_2 . El volumen inicial es V_1 . Cuando el pistón comprime al aire, la presión-volumen seguirá la curva CD, en D la presión es P_2 y se abrirá la válvula de descarga, la presión permanecerá constante mientras el volumen disminuye a V_2 , como se indica en la línea DE. El punto E, presenta el final de la carrera del pistón, aquí se cerrará la válvula de descarga para que el pistón reanude su carrera de regreso, la presión decrecerá a lo largo de la línea EB, hasta el valor P_1 , en donde la válvula de admisión se abrirá para permitir la entrada de aire al cilindro, línea BC.

El trabajo desarrollado a lo largo de la línea CD, se puede obtener por la ecuación:

$$dW = V dp \quad (1)$$

Por otro lado se tiene

$$P_1 V_1^n = P_2 V_2^n \quad (2)$$

en un proceso isotérmico $n = 1$.

Si despejamos V , se tiene

$$V = \frac{P_2 V_2^n}{P_1}^{1/n}$$

$$P_2 V_2^n = k \quad (\text{constante})$$

$$V = \left(\frac{k}{P_1}\right)^{1/n} \quad (3)$$

Substituyendo en (1)

$$dW = \left(\frac{k}{P}\right)^{1/n} dP$$

que integrando

$$W = -k L_n \frac{P_2}{P_1} + c$$

Cuando $P_2 = P_1$ no se hace trabajo y $c = 0$; quedando finalmente para la compresión isotérmica:

$$W = k L_n \frac{P_2}{P_1}$$

Compresor de aire

Un compresor de aire es una máquina que se utiliza para suministrar presión al aire, reduciendo el volumen del

mismo. Existen diversos tipos de compresores, dependiendo de su funcionamiento; así tenemos:

Compresor reciprocante. Es el que trabaja por medio de un pistón reciprocante de un cilindro para comprimir el aire.

Compresor de simple acción. Es aquella máquina que solamente comprime el aire por el extremo de un cilindro.

Compresor de doble acción. 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 de 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 múltiples. 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.

Compresor centrífugo. Es una máquina en la cual la compresión se efectúa por medio de una hélice giratoria o im

pulsor, que le imparte velocidad al flujo de aire para proporcionarle la presión deseada.

Enfriador interno. Es un cambiador de calor que se coloca entre dos etapas de compresión para quitar del aire el calor producto de la compresión.

Postenfriador. Es un cambiador de calor que enfría el aire una vez que ha sido descargado del compresor.

Presión de entrada. Es la presión absoluta del aire al entrar al compresor.

Relación de compresión. Es la relación de la presión absoluta de descarga, a la presión absoluta de entrada.

Aire libre. Es el aire que existe en condiciones atmosféricas normales.

Capacidad. La capacidad es el volumen de aire entregado por un compresor, expresado en cm^3/min de aire libre.

Potencia teórica. Es la potencia requerida para comprimir adiabáticamente el aire entregado por un compresor a través del promedio de presiones especificados sin pérdida de energía.

Potencia de frenaje. Es la potencia real que requiere un compresor para poder comprimir el aire.

Eficiencia de un compresor. Es la relación de la po

tencia teórica a la potencia de frenaje.

Eficiencia volumétrica. Es la relación de la capacidad de un compresor al desplazamiento del pistón del compresor.

Densidad del aire. Es el peso de un volumen unitario de aire, comunmente expresado en Kg/m^3 .

Factor de carga. Es la relación de la carga promedio durante un período de tiempo determinado, a la carga máxima tabulada en un compresor.

Factor de diversidad. Es la relación de la cantidad real de aire requerido para todos los usos, o la suma de las cantidades requeridas para cada uso.

Compresor estacionario. Generalmente se utilizan en instalaciones en donde se necesita aire comprimido por un largo período de tiempo; pueden ser del tipo recíprocante o rotatorio, de una etapa o de múltiples. La fuerza motriz para estos compresores se puede obtener por medio de motores de combustión interna, por motores eléctricos o por medio de vapor.

Compresor portátil. Se utiliza cuando es necesario mover el equipo para cumplir con las frecuentes demandas de la obra. Pueden estar montados sobre llantas de hule, ruedas de acero, o sobre plataformas. El impulso se puede conseguir con motores de gasolina o diesel. Pueden ser del

tipo recíprocante o rotatorio, de una o dos etapas.

Compresor recíprocante. Este compresor depende de un pistón, que se mueve hacia atrás y hacia adelante en un cilindro, para efectuar la compresión del aire, pudiendo hacer esto en una o dos direcciones (de simple o de doble acción), pudiendo tener uno o varios cilindros.

Compresor rotatorio. Estas máquinas ofrecen varias ventajas en comparación con los recíprocantes, tales como un pequeño volumen, peso ligero, flujo uniforme, producción variable, fácil operación y larga vida.

Capacidad de un compresor

La capacidad de un compresor neumático se determina por el desplazamiento del pistón en cm^3/min o en cfm ; sin embargo, la capacidad real de un compresor será menor al desplazamiento del pistón debido a las fugas en las válvulas del pistón y al aire que se queda en los cilindros.

La capacidad de un compresor es el volumen real de aire libre que entra a un compresor en un minuto y se expresa en cm^3/min o en pies cúbicos/minuto. Para un compresor recíprocante en buenas condiciones mecánicas, la capacidad real debe estar entre los 80 y los 90% del desplazamiento del pistón; por ejemplo: un compresor portátil de dos etapas y 315 cf/min y las siguientes características:

Dos cilindros de alta presión

Cuatro cilindros de baja presión

Diámetro de los cilindros de baja presión 7 in

Diámetro de los cilindros de alta presión 5 3/4 in

Carrera 5 in

RPM 870

Capacidad de los pistones de baja presión

$$\text{Area } \frac{3.1416 \times 7^2}{4 \times 144} = 0.267 \text{ ft}^2$$

Volumen por carrera

$$0.267 \text{ ft}^2 \times 5/12 \text{ ft} = 0.11 \text{ ft}^3$$

Desplazamiento por minuto

$$4 \times 0.111 \times 870 = 386 \text{ ft}^3/\text{min}$$

Capacidad específica

$$315 \text{ ft}^3/\text{min}$$

Eficiencia volumétrica

$$\frac{315 \text{ ft}^3/\text{min}}{386 \text{ ft}^3/\text{min}} = 81.6\%$$

Enfriadores interiores

Este tipo de aditamento se instala entre las etapas de un compresor con el propósito de reducir la temperatura y quitarle humedad al aire. Al reducir la temperatura, en el proceso de compresión, se reduce la potencia requerida hasta en un 15%.

Los enfriadores requieren del abastecimiento de agua fría circulante, para poder quitarle el calor al aire.

Postenfriadores

Estos aditamentos se instalan a la salida del compresor, para poder enfriar el aire a la temperatura deseada y quitarle, asimismo, la humedad. Esto último es muy importante en el concreto lanzado, ya que la presencia de humedad en las mangueras ocasiona la prehumectación de la mezcla, ocasionando taponamientos en ellas; además, también se tendrán problemas de lubricación y congelamientos en las herramientas neumáticas.

Receptor de aire

Se instala a la salida del compresor, para igualar las pulsaciones de presión y para servir de cámara de condensación, para eliminar los vapores de agua y de aceite. Debe contar con un recipiente en donde se recogerá el condensado. Su capacidad puede ser una décima parte de la del compresor; una válvula de escape es recomendable para limitar la presión máxima.

Pérdidas de presión neumática

La presión que proporciona un compresor se ve afectada por las pérdidas ocasionadas por la fricción y las fugas

en las conexiones, siendo importante su valoración, para poder obtener del concreto lanzado el máximo rendimiento.

Pérdida de presión neumática debida a la fricción

Las pérdidas de presión ocasionadas por la fricción del aire al fluir éste por un tubo o por una manguera, son tan importantes que van a determinar el tamaño de estos; ya que la selección de ellos, constituye un problema económico, puesto que los equipos operados neumáticamente, bajan su eficiencia rápidamente cuando se reduce la presión del aire; por esta razón, la presión de trabajo debe ser mayor que la presión mínima especificada por el fabricante.

Para poder evaluar las pérdidas de presión en un tubo, debido al efecto de la fricción, se pueden obtener con la aplicación de la siguiente fórmula:

$$hf = \frac{c L}{r_c} \frac{Q^2}{d^5}$$

En donde:

hf = pérdida de presión (Kg/cm^2)

L = longitud de tubo o manguera (m).

Q = gasto de aire libre (m^3/seg).

r_c = relación de compresión (presiones absolutas)

d = diámetro interior (cm).

c = coeficiente de fricción (experimental).

DIAMETRO NOMINAL DE LA TUBERÍA (Pulg)	VALVULA DE COMPUERTA	VALVULA DE GLOBO	VALVULA ANGULAR	CODOS CON RADIO MUY AMPLIO (*) r=2d	CODOS CON RADIO ES- TANDARD (*) r=d	TEE DESCAR- GANDO POR SU RAMA LA- TERAL
1/2	0.40	17.3	8.8	0.60	1.60	3.10
3/4	0.50	22.9	11.4	0.80	2.10	4.10
1	0.60	29.1	14.6	1.10	2.60	5.20
1 1/4	0.80	38.3	19.1	1.40	3.50	6.90
1 1/2	0.90	44.7	22.4	1.60	4.00	8.00
2	1.20	57.4	28.7	2.10	5.20	10.30
2 1/2	1.40	68.5	34.3	2.50	6.20	12.30
3	1.80	85.2	42.6	3.10	6.20	15.30
4	2.40	112.0	58.0	4.00	7.70	20.20
5	2.90	140.0	70.0	5.00	10.10	25.20
6	3.50	168.0	84.1	6.10	15.20	30.40
8	4.70	222.0	111.0	9.00	20.00	40.00
10	5.90	273.0	139.0	10.00	25.00	50.00
12	7.00	332.0	168.0	11.00	29.80	59.60

*) Tee estándar, cuando el aire circula longitudinalmente.

Tabla IV-1 Longitud equivalente de tubo para poder calcular la pérdida de presión en las conexiones.

Pérdida de presión neumática en las conexiones

Al fluir el aire a través de las conexiones, se pierde presión. Para poder evaluar esta diferencia, se acostumbra convertir a las conexiones en una longitud equivalente de tubo, que tendrá el mismo diámetro interno. Esta nueva dimensión deberá sumarse a la longitud real de tubo, para poder determinar las pérdidas totales de presión.

La tabla IV-1, muestra la longitud equivalente de tubo, para poder calcular la pérdida de presión en las conexiones.

Pérdida de presión en las mangueras

Como en las tuberías, existe una pérdida de presión en las mangueras debido a la fricción del aire contra las paredes de ésta; asimismo, también en las conexiones hay fugas de presión. A continuación se muestra una tabla (IV-2), en donde se puede determinar esta pérdida para diferentes valores de diámetros y longitudes de manguera.

Elección del tamaño de tubo y manguera para la transmisión de aire comprimido

Al transmitir aire de un compresor a un equipo neumático, se debe determinar la caída de presión a lo largo de la línea de conducción; de no tomarse esto en consideración, se verá afectada la producción de todo el sistema.

DIAMETRO DE LA MANGUERA	PRESION MANOMETRICA DEL AIRE EN Psi.	CAUDAL DEL AIRE CIRCULANTE EN PIES CUBICOS POR MINUTO													
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
1/2"	50	1.8	5.0	10.1	18.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1/2"	60	1.3	4.0	8.4	14.8	23.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1/2"	70	1.0	3.4	7.0	12.4	20.0	28.4	—	—	—	—	—	—	—	—
1/2"	80	.9	2.8	6.0	10.8	17.4	25.2	34.6	—	—	—	—	—	—	—
1/2"	90	.8	2.4	5.4	9.5	14.8	22.0	30.5	41.0	—	—	—	—	—	—
1/2"	100	.7	2.3	4.8	8.4	13.2	19.3	27.2	36.6	—	—	—	—	—	—
1/2"	110	.6	2.0	4.3	7.6	12.0	17.6	24.8	33.3	44.5	—	—	—	—	—
3/4"	50	.4	.8	1.5	2.4	3.5	4.4	6.5	8.5	11.4	14.2	—	—	—	—
3/4"	60	.3	.6	1.2	1.9	2.8	3.8	5.2	6.8	8.6	11.2	—	—	—	—
3/4"	70	.2	.5	.9	1.5	2.3	3.2	4.2	5.5	7.0	9.0	11.0	—	—	—
3/4"	80	.2	.5	.8	1.3	1.9	2.8	3.6	4.5	5.8	7.2	8.8	10.6	—	—
3/4"	90	.2	.4	.7	1.1	1.6	2.3	3.1	4.0	5.0	6.2	7.5	9.0	—	—
3/4"	100	.2	.4	.6	1.0	1.4	2.0	2.7	3.5	4.4	5.4	6.6	7.9	9.4	11.1
3/4"	110	.1	.3	.5	.9	1.3	1.8	2.4	3.1	3.9	4.9	5.9	7.1	8.4	9.9
1"	50	.1	.2	.3	.5	.8	1.1	1.5	2.0	2.6	3.3	4.8	7.0	—	—
1"	60	.1	.2	.3	.4	.6	.8	1.2	1.5	2.0	2.6	3.3	4.2	5.9	7.2
1"	70	—	.1	.2	.4	.5	.7	1.0	1.3	1.8	2.0	2.5	3.1	3.8	4.7
1"	80	—	.1	.2	.3	.5	.7	.8	1.1	1.4	1.7	2.0	2.4	2.7	3.3
1"	90	—	.1	.2	.3	.4	.6	.7	.9	1.2	1.4	1.7	2.0	2.4	2.8
1"	100	—	.1	.2	.2	.4	.5	.6	.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4
1"	110	—	.1	.2	.2	.3	.4	.6	.7	.9	1.1	1.3	1.5	1.8	2.1
1 1/4"	50	—	—	.1	.2	.2	.3	.4	.5	.7	1.1	—	—	—	—
1 1/4"	60	—	—	—	.1	.2	.3	.5	.6	.8	1.0	1.2	1.5	—	—
1 1/4"	70	—	—	—	—	.1	.2	.3	.4	.5	.7	.9	1.0	1.3	—
1 1/4"	80	—	—	—	—	—	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	1.0
1 1/4"	90	—	—	—	—	—	.1	.2	.3	.3	.4	.5	.6	.7	.8
1 1/4"	100	—	—	—	—	—	.1	.2	.2	.3	.4	.4	.5	.6	.7
1 1/4"	110	—	—	—	—	—	.1	.2	.2	.3	.3	.4	.5	.5	.6
1 1/2"	50	—	—	—	—	—	.3	.2	.2	.2	.3	.3	.4	.5	.6
1 1/2"	60	—	—	—	—	—	—	.2	.2	.2	.2	.3	.3	.4	.5
1 1/2"	70	—	—	—	—	—	—	—	.1	.1	.2	.2	.3	.3	.4
1 1/2"	80	—	—	—	—	—	—	—	—	.1	.2	.2	.3	.3	.4
1 1/2"	90	—	—	—	—	—	—	—	—	—	.1	.2	.2	.2	.3
1 1/2"	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	.1	.2	.2	.2
1 1/2"	110	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	.1	.2	.2	.2

Tabla IV-2. Pérdidas de presión para diferentes diámetros de manguera de 15.25 m., de longitud, por efecto de la fricción.

(Pérdidas en pie para una longitud de 1000 pies de tubería a una presión inicial de 100 psi)

CARGA DE AIRE LIBRE EN PCM	CARGA DE AIRE LIBRE EN PSIG	DIAMETRO NOMINAL DE LA TUBERÍA EN PULGADAS															
		½	¾	1	1¼	1½	2	2½	3	3½	4	4½	5	6	8	10	12
10	1.70	0.50	0.30	0.20	0.15	0.10	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
20	7.90	2.20	1.30	0.80	0.60	0.40	0.28	0.20	0.15	0.10	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.01
30	13.8	3.8	2.3	1.5	1.1	0.7	0.5	0.35	0.25	0.18	0.13	0.09	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02
40	20.0	5.5	3.3	2.1	1.5	1.0	0.7	0.5	0.35	0.25	0.18	0.13	0.09	0.06	0.05	0.04	0.03
50	26.5	7.2	4.4	2.8	2.0	1.3	0.9	0.6	0.45	0.32	0.23	0.17	0.12	0.08	0.06	0.05	0.04
60	33.0	9.0	5.5	3.5	2.5	1.6	1.1	0.7	0.5	0.35	0.25	0.18	0.13	0.09	0.06	0.05	0.04
70	39.5	10.8	6.6	4.2	3.0	1.9	1.3	0.8	0.6	0.45	0.32	0.23	0.17	0.12	0.08	0.06	0.05
80	46.0	12.6	7.7	4.9	3.5	2.2	1.5	1.0	0.7	0.5	0.35	0.25	0.18	0.13	0.09	0.06	0.05
90	52.5	14.4	8.8	5.6	4.0	2.5	1.7	1.1	0.8	0.55	0.40	0.28	0.20	0.14	0.10	0.07	0.06
100	59.0	16.2	9.9	6.3	4.5	2.8	1.9	1.3	0.9	0.6	0.45	0.32	0.23	0.17	0.12	0.08	0.06
110	65.5	18.0	11.0	7.0	5.0	3.1	2.1	1.4	1.0	0.65	0.48	0.34	0.25	0.18	0.13	0.09	0.07
120	72.0	19.8	12.1	7.7	5.5	3.4	2.3	1.5	1.1	0.7	0.5	0.35	0.25	0.18	0.13	0.09	0.07
130	78.5	21.6	13.2	8.4	6.0	3.7	2.5	1.6	1.2	0.75	0.55	0.38	0.28	0.20	0.14	0.10	0.08
140	85.0	23.4	14.3	9.1	6.5	4.0	2.7	1.7	1.3	0.8	0.6	0.45	0.32	0.23	0.17	0.12	0.09
150	91.5	25.2	15.4	9.8	7.0	4.3	2.9	1.8	1.4	0.85	0.65	0.48	0.34	0.25	0.18	0.13	0.10
160	98.0	27.0	16.5	10.5	7.5	4.6	3.1	1.9	1.5	0.9	0.7	0.5	0.35	0.25	0.18	0.13	0.10
170	104.5	28.8	17.6	11.2	8.0	4.9	3.3	2.0	1.6	0.95	0.75	0.55	0.38	0.28	0.20	0.14	0.11
180	111.0	30.6	18.7	11.9	8.5	5.2	3.5	2.1	1.7	1.0	0.8	0.6	0.45	0.32	0.23	0.17	0.12
190	117.5	32.4	19.8	12.6	9.0	5.5	3.7	2.2	1.8	1.05	0.85	0.65	0.48	0.34	0.25	0.18	0.13
200	124.0	34.2	20.9	13.3	9.5	5.8	3.9	2.3	1.9	1.1	0.9	0.7	0.55	0.38	0.28	0.20	0.14
210	130.5	36.0	22.0	14.0	10.0	6.1	4.1	2.4	2.0	1.15	0.95	0.75	0.55	0.38	0.28	0.20	0.14
220	137.0	37.8	23.1	14.7	10.5	6.4	4.3	2.5	2.1	1.2	1.0	0.8	0.6	0.45	0.32	0.23	0.17
230	143.5	39.6	24.2	15.4	11.0	6.7	4.5	2.6	2.2	1.25	1.05	0.85	0.65	0.48	0.34	0.25	0.18
240	150.0	41.4	25.3	16.1	11.5	7.0	4.7	2.7	2.3	1.3	1.1	0.9	0.7	0.55	0.38	0.28	0.20
250	156.5	43.2	26.4	16.8	12.0	7.3	4.9	2.8	2.4	1.35	1.15	0.95	0.75	0.55	0.38	0.28	0.20
260	163.0	45.0	27.5	17.5	12.5	7.6	5.1	2.9	2.5	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.45	0.32	0.23
270	169.5	46.8	28.6	18.2	13.0	7.9	5.3	3.0	2.6	1.45	1.25	1.05	0.85	0.65	0.48	0.34	0.25
280	176.0	48.6	29.7	18.9	13.5	8.2	5.5	3.1	2.7	1.5	1.3	1.1	0.9	0.7	0.55	0.38	0.28
290	182.5	50.4	30.8	19.6	14.0	8.5	5.7	3.2	2.8	1.55	1.35	1.15	0.95	0.75	0.55	0.38	0.28
300	189.0	52.2	31.9	20.3	14.5	8.8	5.9	3.3	2.9	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.45	0.32
310	195.5	54.0	33.0	21.0	15.0	9.1	6.1	3.4	3.0	1.65	1.45	1.25	1.05	0.85	0.65	0.48	0.32
320	202.0	55.8	34.1	21.7	15.5	9.4	6.3	3.5	3.1	1.7	1.5	1.3	1.1	0.9	0.7	0.55	0.38
330	208.5	57.6	35.2	22.4	16.0	9.7	6.5	3.6	3.2	1.75	1.55	1.35	1.15	0.95	0.75	0.55	0.38
340	215.0	59.4	36.3	23.1	16.5	10.0	6.7	3.7	3.3	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6	0.45
350	221.5	61.2	37.4	23.8	17.0	10.3	6.9	3.8	3.4	1.85	1.65	1.45	1.25	1.05	0.85	0.65	0.45
360	228.0	63.0	38.5	24.5	17.5	10.6	7.1	3.9	3.5	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1	0.9	0.7	0.55
370	234.5	64.8	39.6	25.2	18.0	10.9	7.3	4.0	3.6	1.95	1.75	1.55	1.35	1.15	0.95	0.75	0.55
380	241.0	66.6	40.7	25.9	18.5	11.2	7.5	4.1	3.7	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8	0.6
390	247.5	68.4	41.8	26.6	19.0	11.5	7.7	4.2	3.8	2.05	1.85	1.65	1.45	1.25	1.05	0.85	0.65
400	254.0	70.2	42.9	27.3	19.5	11.8	7.9	4.3	3.9	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1	0.9	0.7
410	260.5	72.0	44.0	28.0	20.0	12.1	8.1	4.4	4.0	2.15	1.95	1.75	1.55	1.35	1.15	0.95	0.75
420	267.0	73.8	45.1	28.7	20.5	12.4	8.3	4.5	4.1	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0	0.8
430	273.5	75.6	46.2	29.4	21.0	12.7	8.5	4.6	4.2	2.25	2.05	1.85	1.65	1.45	1.25	1.05	0.85
440	280.0	77.4	47.3	30.1	21.5	13.0	8.7	4.7	4.3	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1	0.9
450	286.5	79.2	48.4	30.8	22.0	13.3	8.9	4.8	4.4	2.35	2.15	1.95	1.75	1.55	1.35	1.15	0.95
460	293.0	81.0	49.5	31.5	22.5	13.6	9.1	4.9	4.5	2.4	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
470	299.5	82.8	50.6	32.2	23.0	13.9	9.3	5.0	4.6	2.45	2.25	2.05	1.85	1.65	1.45	1.25	1.05
480	306.0	84.6	51.7	32.9	23.5	14.2	9.5	5.1	4.7	2.5	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1
490	312.5	86.4	52.8	33.6	24.0	14.5	9.7	5.2	4.8	2.55	2.35	2.15	1.95	1.75	1.55	1.35	1.15
500	319.0	88.2	53.9	34.3	24.5	14.8	9.9	5.3	4.9	2.6	2.4	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2
510	325.5	90.0	55.0	35.0	25.0	15.1	10.1	5.4	5.0	2.65	2.45	2.25	2.05	1.85	1.65	1.45	1.25
520	332.0	91.8	56.1	35.7	25.5	15.4	10.3	5.5	5.1	2.7	2.5	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5	1.3
530	338.5	93.6	57.2	36.4	26.0	15.7	10.5	5.6	5.2	2.75	2.55	2.35	2.15	1.95	1.75	1.55	1.35
540	345.0	95.4	58.3	37.1	26.5	16.0	10.7	5.7	5.3	2.8	2.6	2.4	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4
550	351.5	97.2	59.4	37.8	27.0	16.3	10.9	5.8	5.4	2.85	2.65	2.45	2.25	2.05	1.85	1.65	1.45
560	358.0	99.0	60.5	38.5	27.5	16.6	11.1	5.9	5.5	2.9	2.7	2.5	2.3	2.1	1.9	1.7	1.5
570	364.5	100.8	61.6	39.2	28.0	16.9	11.3	6.0	5.6	2.95	2.75	2.55	2.35	2.15	1.95	1.75	1.55
580	371.0	102.6	62.7	39.9	28.5	17.2	11.5	6.1	5.7	3.0	2.8	2.6	2.4	2.2	2.0	1.8	1.6
590	377.5	104.4	63.8	40.6	29.0	17.5	11.7	6.2	5.8	3.05	2.85	2.65	2.45	2.25	2.05	1.85	1.65
600	384.0	106.2	64.9	41.3	29.5	17.8	11.9	6.3	5.9	3.1	2.9	2.7	2.5	2.3	2.1	1.9	1.7
610	390.5	108.0	66.0	42.0	30.0	18.1	12.1	6.4	6.0	3.15	2.95	2.75	2.55	2.35	2.15	1.95	1.75
620	397.0	109.8	67.1	42.7	30.5	18.4	12.3	6.5	6.1	3.2	3.0	2.8	2.6	2.4	2.2	2.0	1.8
630	403.5	111.6	68.2	43.4	31.0	18.7	12.5	6.6	6.2	3.25	3.05	2.85	2.65	2.45	2.25	2.05	1.85
640	410.0	113.4	69.3	44.1	31.5	19.0	12.7	6.7	6.3	3.3	3.1	2.9	2.7	2.5	2.3	2.1	1.9
650	416.5	115.2	70.4	44.8	32.0	19.3	12.9	6.8	6.4	3.35	3.15	2.95	2.75	2.55	2.35	2.15	1.95
660	423.0	117.0	71.5	45.5	32.5	19.6	13.1	6.9	6.5	3.4	3.2	3.0	2.8	2.6	2.4	2.2	2.0
670	429.5	118.8	72.6	46.2	33.0	19.9	13.3	7.0	6.6	3.45	3.25	3.05</					

Existen dos factores fundamentales para poder elegir el diámetro mínimo de tubo, siendo éstos: presión de aire necesario y bajo costo de producción; en el último caso, el costo de la tubería y el del equipo pueden tomarse por separado, siendo necesario el hacer un estudio para cada caso.

La tabla siguiente muestra los tamaños de tubos más recomendables para transmitir aire comprimido a diferentes longitudes, siendo útiles para comenzar los cálculos. (Ver tabla IV-3)

En cuanto a la longitud de la manguera, es necesario que ésta sea lo más corta posible, puesto que las pérdidas de presión en ella son altas. En la tabla IV-4 se muestran los tamaños recomendables de manguera para diferentes equipos y necesidades de presión.

Otras consideraciones

La capacidad de los compresores, como ya se vio, no sólo dependerá de las pérdidas de presión en las líneas de conducción, sino que fundamentalmente dependerá del tipo de lanzadora; generalmente requieren rendimientos mayores de los 7000 lts/min; los fabricantes de equipos de concreto lanzado proporcionan los volúmenes libres mínimos del funcionamiento del compresor para con sus máquinas.

La presión normal de funcionamiento a la salida de la lanzadora es generalmente de 240 a 280 KN/mm^2 , mientras

Volumen de aire. pcm Min Max	Tipos de herramientas neumáticas.	Longitud de manguera ft.		
		0-25	25-50	50-200
0-15	Pistolas atomizadoras Taladros de 1/4 de pulgada. Martillos neumáticos. Apretatuercas de perc. de 3/8 de pulgada.	5/16	3/8	1/2
15-30	Taladros de 5/16 - 1/2 de pulgada. Apretatuercas de perc. de 5/8 de pulgada. Martillos neumáticos. Taladros para roca de 15 lb.	3/8	1/2	1/2
30-60	Taladros de 5/8 - 1 pulgada. Apretatuercas de perc. de 3/4 de pulg. Trituradores ligeros. Pistolas para remachar. Excavadoras de arcilla. Aplsonadoras de terrapién. Vibradores para concreto, pequeños. Herramienta para demolición ligeros y med. Taladros de roca de 25 lb.	1/2	3/4	3/4
60-100	Taladros de 1-2 pulg Apretatuercas de perc. de 1 1/4 - 1 3/4 - pulg Trituradores pesados Vibradores de concreto, grandes Bombas para lodos Taladros para roca de 35 a 55 lb. Herramientas para demolición, pesadas.	3/4	3/4	4/4
100-200	Malacates y gruas. Arrastradores Taladros de vagoneta Taladro para roca, de 75 lb.	1	1	1 1/4

Tabla IV-4. Tamaños de manguera necesarios para diferentes equipos y necesidades de presión.

la presión en la entrada es de 550 a 700 KN/mm^2 .

La presión de funcionamiento está relacionada con la longitud de la manguera y con la altura de la boquilla arriba de la lanzadora. Estas deben incrementarse en aproximadamente 2.2 KN/mm^2 por metro de longitud y en 4.5 KN/mm^2 por metro de altura arriba de la lanzadora; siendo la máxima altura segura para operación 100 m arriba de la lanzadora.

Los promedios de las capacidades de compresores para varios tamaños de boquilla, requerimientos de manguera y presión de aire se muestran en la tabla IV-5.

La mezcladora

En el concreto lanzado, el mezclado de los materiales puede hacerse en forma manual o en forma mecánica, dependiendo principalmente de las necesidades de producción.

Las mezcladoras o revolvedoras, se pueden clasificar según su tamaño en revolvedoras de un saco, dos sacos, etc., o más apropiadamente, según su capacidad expresada en metros cúbicos o pies cúbicos.

Generalmente catalogan a las revolvedoras de un solo tambor como estándar (standard) en: 3 1/2 S, 6 S, 11 S, 16 S, 28 S, 56 S, 84 S, y 112 S. El número indica el volumen nominal de concreto mezclado en pies cúbicos, mientras que la letra S determina una revolvedora estándar de construcción.

Cuando están a nivel, pueden mezclar aproximadamente 10% más de su capacidad nominal.

Capacidad nominal		
ft ³		m ³
3.1/2 S		0.100
6 S		0.170
11 S		0.311
16 S		0.453
28 S		0.792
56 S		1.585
84 S		2.378
112 S		3.171

Producción de una mezcladora

La producción de una revolvedora se expresa generalmente en m³/hr. Esta producción variará dependiendo del tamaño de la revolvedora y de las condiciones bajo las cuales esté operando. Es decir que la producción será el producto del volumen de la revoltura por el número de revolturas por hora.

El volumen real de mezcla no será igual al tamaño especificado de la revolvedora, ya que es aconsejable evitar el uso de fracciones de saco de cemento, por lo que el volumen de la revoltura, será menor o un poco mayor de lo especificado.

El número de revolturas producidas por hora, depende

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

Tabla N°IV-5. Requerimientos de aire y tamaños de manguera para diferentes diámetros de boquillas.

Tamaño de la revolvedora.		Tiempo del ciclo mínimo		Revoluciones por hora.		Producción		Producción.	
Capacidad nominal.		Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.
ft ³	m ³								
3 1/2 S	0.10	1.5	2.25	40	27	5.2	3.5	3.97	2.67
6 S	0.17	1.5	2.25	40	27	8.9	6.0	6.80	4.58
11 S	0.31	1.5	2.50	40	24	16.3	9.8	12.46	7.49
16 S	0.45	1.5	2.50	40	24	20.1	14.2	15.36	10.85
28 S	0.79	1.75	2.75	34	22	35.3	22.6	26.98	17.27
56 S	1.58	2.00	2.75	30	22	62.30	45.6	47.62	34.86
84 S	2.37	2.25	3.00	27	20	84.0	62.2	64.21	47.55
112 S	3.17	2.50	3.25	24	18	99.5	74.5	76.06	56.95

Horas de 60 minutos.

Tabla N°IV-6. Producción de varios mezcladores.

rá del tiempo promedio del ciclo, que además variará con el tiempo de la revoltura y el método que se utilice en la descarga de la mezcla. La American Society for Testing Materials (ASTM) especifica que la revoltura de concreto se mezclará durante un minuto, para tamaños de mezcladoras hasta de 1 yd^3 (0.7646 m^3) y se agregarán 15 seg al tiempo de revoltura, por cada yarda adicional.

La forma de descarga es fundamental para que el tiempo del ciclo de la mezcla sea el mínimo, ya que no es lo mismo descargar una tolva que botes o carretillas. Los tiempos perdidos deben tomarse en cuenta en el tiempo total del ciclo.

Para poder determinar la producción de una mezcladora, se deben incluir todas las pérdidas de tiempo, utilizando horas de 50 a 45 minutos.

En la tabla IV-6 se proporcionan 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 1 a $7\frac{1}{2} \text{ yd}^3$ (0.76 a 5.73 m^3) y bandas transportadoras para asegurar el suministro adecuado.

Con el uso del agregado grueso, es recomendable el uso de las cribas, para evitar taponamientos en las mangueras; si la producción es grande, se pueden utilizar cribas



MODEL R-900 (N-2 Gun)

The Model R-900 makes on-the-job gunning easier, faster and more profitable. It is designed for the high-volume Gunite and Refractory industries. Accepting either the Model N-1 or N-2 guns, it is ruggedly constructed, economical and easy to operate and maintain. Manual labor is decreased since only a three-man crew is required. The R-900 mixes and delivers up to 9 to 10 tons per hour.

Figura IV-3.- Equipo móvil de concreto lanzado, incluye criba, bando transportadora y tolva receptora de agregados.

vibratorias, aumentando de esta manera la producción.

Existe equipo especial para concreto lanzado en donde ya se incluye la criba, el transportador y la tolva, todo movable y ajustable. (Ver figura IV-3)

La lanzadora

De todos los elementos que constituyen el equipo del concreto lanzado, solamente a la boquilla de salida y a la lanzadora se les puede considerar que han sido diseñadas para el uso exclusivo de esta técnica; todos los demás elementos pueden ser utilizados en otros campos.

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 vehículo de transporte al aire comprimido.

Existen muchos tipos de lanzadoras con mecanismos altamente sofisticados, pero básicamente todas funcionan bajo el mismo principio; consistiendo éste en alimentar una cámara con mezcla de concreto, aumentar la presión de la misma con aire comprimido, todo esto hasta alcanzar una presión determinada que permita impulsar a la mezcla por medio de una manguera hasta la boquilla de salida.

De acuerdo al sistema, hay lanzadoras para el método húmedo y para el seco, siendo este último el más eficiente.

Por su funcionamiento las lanzadoras de mezcla seca, se han dividido en cuatro tipos:

- 1o. De rueda alimentadora
- 2o. De alimentación directa o por gravedad
- 3o. De tambor rotatorio
- 4o. Combinaciones con rueda alimentadora

Existe además un quinto grupo, el cual considera lanzadoras que están en etapa experimental, basadas en el hecho de que la alimentación se efectúa por medio de aspas o tornillos.

Lanzadora con rueda alimentadora

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 están situadas una sobre la otra. Las dos operan por medio de válvulas de campana, logrando con esto que mientras la primera recibe el material a presión atmosférica, la otra expulsa el material a mayor presión. La rueda de alimentación se encuentra situada en la parte interior de la segunda cámara; su forma es cónica, con dientes alrededor de los mismos, los cuales obligan al material a introducirse entre ellos. La parte final de la

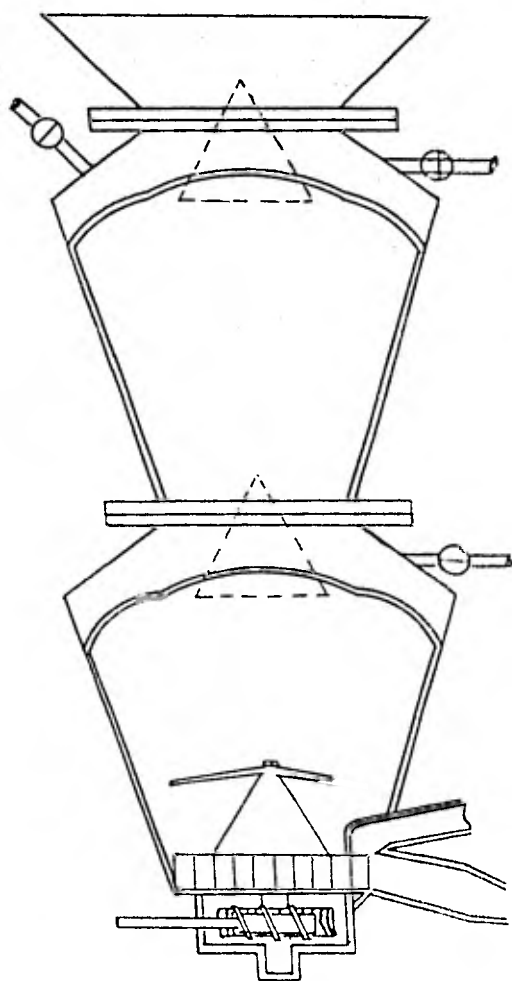


Figura N^o IV-4. Lanzadora de doble cámara con rueda alimentadora.

cámara interior cuenta con un doble cañón, en donde, por uno entra aire comprimido y por el otro sale material; además, existe un juego de válvulas que controlan la entrada y la salida de aire comprimido a las cámaras. (Ver figura IV-4)

Una vez mencionadas las partes que integran a la lanzadora, se procederá a explicar el funcionamiento de la misma.

Existen dos pasos para la admisión del material y otro continuo para la expulsión del mismo, de tal forma que no existe variación en el flujo de éste. A continuación se detallan estos pasos.

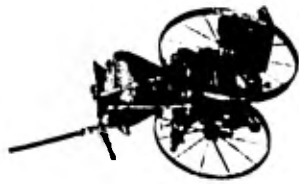
1er. Paso. Admisión del material a la cámara superior.

- a) Cierre del paso del material entre cámaras, por medio de una válvula de campana.
- b) Cese del suministro del aire comprimido a la cámara superior, hasta igualar a la presión atmosférica.
- c) Apertura de la válvula de campana de la cámara superior; entrada del material a ésta.

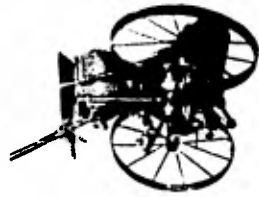
Cámara inferior, expulsión

- a) Al cierre por medio de la válvula de campana, aumento en la presión de la cámara provocado

MODEL N-0 Steel Wheels



MODEL N-1 Steel Wheels



MODEL N-2 Steel Wheels

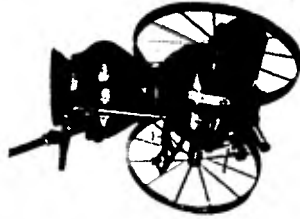


Figura N° 4.2 - Diferentes modelos de lanzadoras de doble cámara.

por la entrada de aire comprimido.

- b) Rueda alimentadora girando con el material en sus cavidades interdentes, pasando cada una de ellas frente al cañón de entrada de aire y al de salida de la mezcla.
- c) Adición de aire comprimido por el cañón superior, obligando a la mezcla a salir por el cañón inferior o de expulsión.

2do. Paso. Admisión de aire a la cámara inferior.

Cámara superior

- a) Cierre de la boca de la cámara superior con el exterior, utilizando una válvula de campana.
- b) Aumento de la presión aumentando la entrada de aire comprimido, hasta igualar la presión de la cámara inferior.
- c) Apertura de la válvula de campana, permitiendo la conmutación del material de una a otra campana.

Cámara inferior

- a) Admisión del material a la segunda cámara.
- b) Cese del flujo de aire comprimido, hasta igualar la presión con la cámara superior.
- c) Rueda alimentadora girando con el material en sus cavidades, presentándolo al cañón de

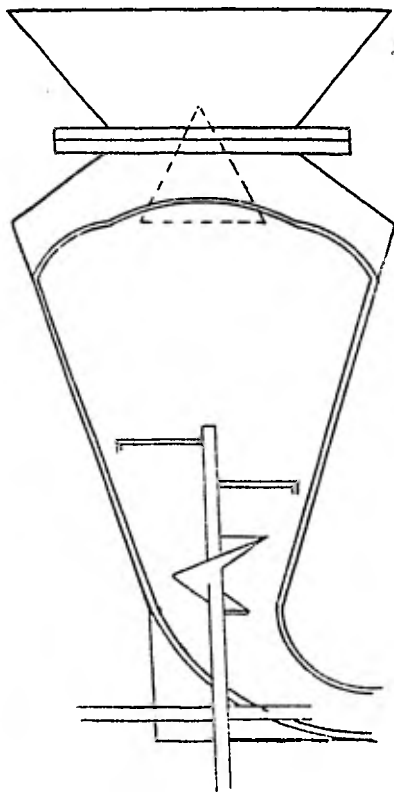


Figura N° IX-5 . Lanzadora de alimentacion directa.

de salida.

- d) Adición de aire comprimido por el cañón superior, obligando de este modo a salir por el cañón expulsor a la mezcla.

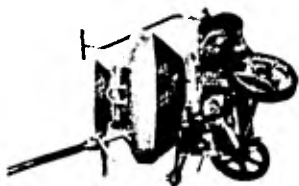
En este tipo de máquinas se le conoce al doble cañón como cuello de ganso.

Lanzadora de alimentación directa o por gravedad

Este tipo de máquinas están diseñadas especialmente para que el material caiga hasta la salida en forma natural. Básicamente este tipo de lanzadora funciona igual que las que cuentan con una rueda alimentadora; tiene una o dos cámaras receptoras de material, las cuales se mantienen a cierta presión, con el propósito de ayudar al material a salir por el lugar adecuado; también se emplean las válvulas tipo campana y además cuenta con un agitador rotatorio, que impulsa y dirige el material a la salida. La inclusión de aire comprimido al final de la lanzadora obliga al material a irse por las mangueras. (Ver figura IV-5)

Estos dos tipos de lanzadoras tienen controles similares de operación; aunque la primera es más eficiente que la otra. El buen funcionamiento de éstas dependerá básicamente de la limpieza que tengan sus válvulas tipo campana y de la habilidad del personal que las maneje y suministre los materiales.

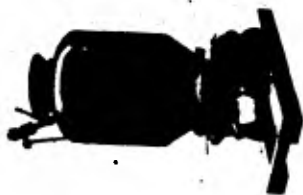
MODEL S-1 Mobile Frame



MODEL S-2 (10) Mobile Frame



MODEL S-2 (20) Forklift Frame



Figuro Na IV - 5.2. - Diferentes modelos de lanzadores de alimentación directa.

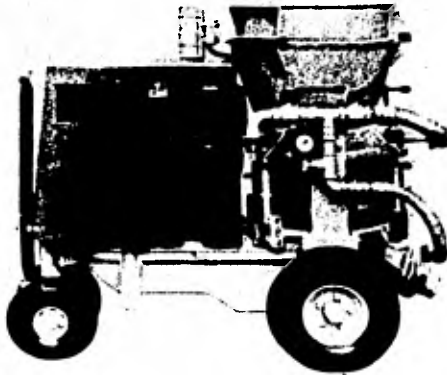
MODEL	CAPACITY	STANDARD MOUNTING	STANDARD HOSE	H	DIMENSIONS		WT.
					W	L	
Double Chamber							
N-0	¼-1½ cu. yd./hr.	2 steel wheels	1"	46"	33"	37"	680#
N-1	3-4 cu. yd./hr.	2 steel wheels	1¼"	49"	44"	45"	1160#
N-2	6-10 cu. yd./hr.	2 steel wheels	1½"	54"	46"	46"	1220#
Single Chamber							
S-1	600-lb. batch	3 hard rubber wheels	1¼"	47"	46"	70"	1260#
S-2 (10)	1000-lb. batch	3 hard rubber wheels	1¾"	52"	44"	78"	1335#
S-2 (20)	2000-lb. batch	forklift frame	1½"	73"	36"	54"	1600#

Figura N° IV-5.3.- Características de lanzadoras de doble cámara y de alimentación directa.

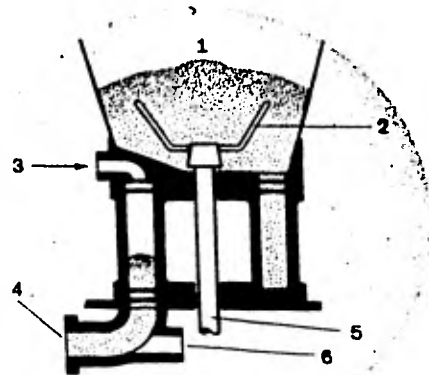
El correcto funcionamiento en ambas máquinas depende básicamente del engrasado de las válvulas para evitar el prematuro desgaste; además, hay que revisar los niveles de grasa y aceite del motor, así como la limpieza diaria tanto en válvulas de campana, como en la rueda distribuidora y a las salidas del material.

Lanzadora alimentada por medio de un tambor rotatorio

Este tipo de máquinas son las que más ventajas ofrecen, aunque su costo de operación sea más elevado, ya que tienen un gran número de piezas que sufren desgaste rápido. Su funcionamiento es similar al de una pistola tipo revólver, 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. Al girar las cámaras con carga, pasan por zonas selladas, impidiendo que el material se desperdicie; la salida de material (descarga) 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 el material a las mangueras. La cámara se limpia en una salida de escape para repetir el ciclo.



Aliva-260 equipped with gunite/shotcrete rotor (ready for commissioning)



1. Material feeding/inlet
2. Agitator
3. Compressed air

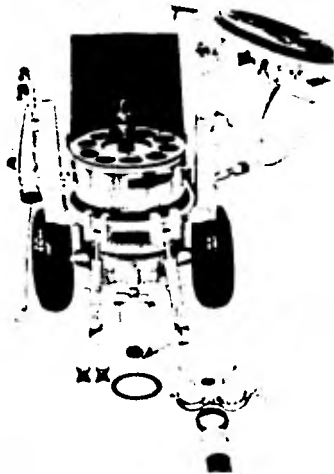
4. Material exit
5. Drive shaft
6. Compressed air

Figura N° IV-6.1 - Lanzadora alimentada por medio de un tambor rotatorio.

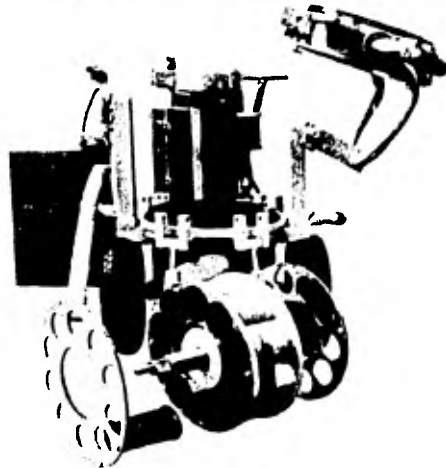
Gunite (sprayed mortar)

Sprayed Concrete

	Gunite (sprayed mortar)	Sprayed Concrete	Sprayed Concrete with high-capacity rotor
Rotor	10 l	10 l	16 l
Nozzle	same	same	same
Conveyor hose	50/70 mm	50/70 mm	60/80 mm
Conveyor pipe	50/60 mm	50/60 mm	60/70 mm
Air consumption at 4—6 bar:			
Electric drive	8—10 m ³ /min	8—10 m ³ /min	12—14 m ³ /min
Pneumatic motor	14—16 m ³ /min	14—16 m ³ /min	18—20 m ³ /min
Aggregate size: generally	8 mm	16 mm	16 mm
maximal	10 mm	25 mm	25 mm
Output (dry mix)	4—6 m ³ /h	5—6 m ³ /h	7—9 m ³ /h
Conveying distance: horizontally	300 m	300 m	200 m
vertically	80 m	100 m	50 m



Aliva-260 with equipment for gunite and shotcrete: without vibrating sieve, dismantled hose and opened (tilted) feeding device in readiness for servicing.



Aliva-260 with equipment for gunite and shotcrete: with tilted feeding device, with removed motor cover, dismantled rotor and rotor disks. Observe the one removed rotor hose insert.

Figura N^o 6.2 -Especificaciones y partes de una lanzadora de tambor rotatorio.

El tamaño de las máquinas es grande, pero en cambio es más portátil ya que cuenta con aditamentos especiales para ello, de esta forma se obtiene un mayor rendimiento que en las otras. No se recomienda usarla con materiales muy finos o en concretos lanzados de alta velocidad.

El sello entre el tambor y las placas superior e inferior, constituye el mayor problema en esta lanzadora, puesto 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 están trabajando, ya que se puede regular su alimentación dejándolas trabajar solas.

El material grueso puede emplearse sin correr el riesgo de atascamientos entre el tambor y las placas.

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 de las paredes de los cilindros. (Ver figura IV-6)

Lanzadora alimentada con rueda giratoria
y con modificaciones a ésta

Ha sufrido muchas modificaciones este tipo de lanzadoras; por ejemplo, la tipo "Boulder" tiene modificaciones

Figura N^o IX-7. Lanzadora con rueda alimentadora y control de aire, tipo Boulder.

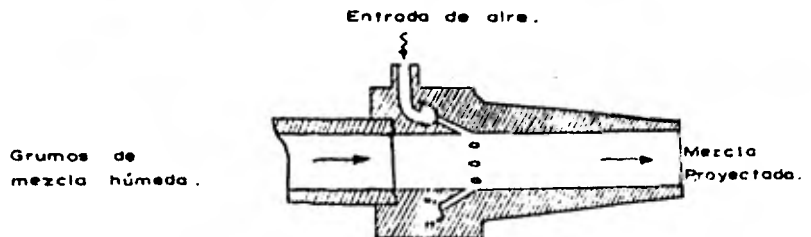
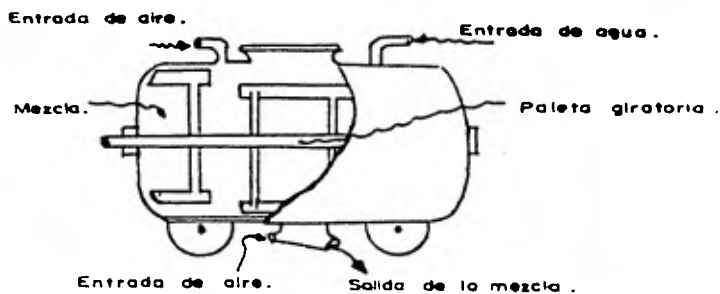
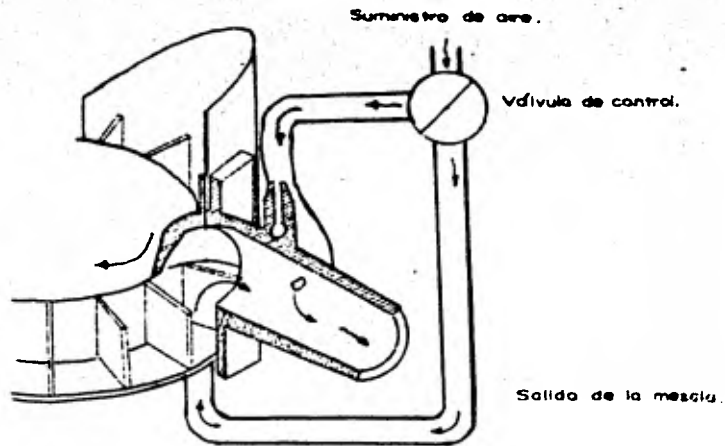


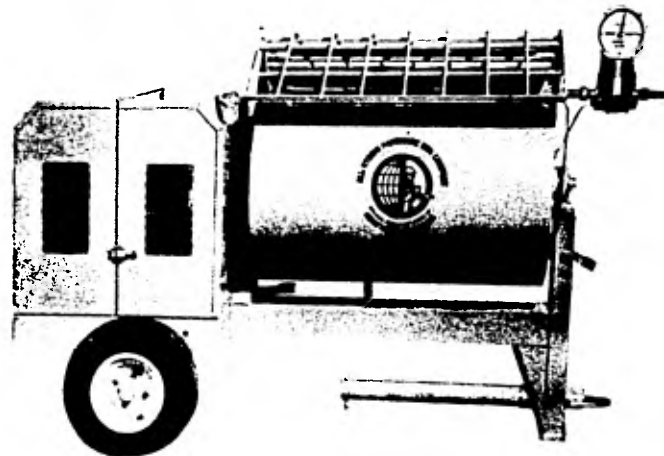
Figura N^o IX-8. Lanzadora y boquilla para mezcla húmeda.

que consisten en que en lugar de salir el material por debajo del 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 tiene mucha aceptación ya que es posible controlar eficientemente el flujo del material a la boquilla. (Ver figura IV-7)

Lanzadoras para mezcla húmeda

El sistema de mezcla húmeda es menos eficiente que el de mezcla seca, el concreto que se obtiene presenta generalmente algún revenimiento (de 20 a 50 mm), en cambio, el seco tiene un revenimiento igual a cero; por esta causa su uso y popularidad son limitados.

En general este tipo de lanzadoras constan de una cámara de volumen grande, la cual permite almacenar un volumen considerable de mezcla. Trabaja a base de aire comprimido y con ayuda de la fuerza de la gravedad, empujan al material a irse 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 a introducirse a las mangueras y poder



Mortar Mixers

Heavy-duty steel frame, patented guard lites, full safety guard with bag splitter, completely covers paddles for safety. Automatic drum latch. Thick abrasion-resistant steel, foot-operated throw-out clutch. Over-the-highway wheels. Capacities from 4 cu. ft. to 15 cu. ft. Power options—gasoline or electric motors.

Figura N° IV - 8 2. Lanzadora para mezcla húmeda.

ser proyectada. Cuenta además con un agitador de aspas, para mover la mezcla constantemente; la inclusión de agua permite que la mezcla fluya hasta la salida.

Este sistema es recomendable en trabajos en donde se tenga que utilizar gran cantidad de agregado grueso, fracasando en paredes verticales y en plafones. (Ver figura IV-8)

La boquilla de salida

Este elemento constituye la parte final del equipo de concreto lanzado; en este lugar se efectúan los cambios químicos y físicos de la mezcla, además de darle el impulso final para que pueda ser colocada en el lugar por recubrir.

La mayor calidad que se puede dar al concreto lanzado con un rendimiento alto, dependerá básicamente de la habilidad del operador de la boquilla; por esto se necesita que esta pieza dé al obrero las máximas facilidades para que pueda trabajar satisfactoriamente. Por esta razón, la boquilla de salida ha estado y seguirá estando en etapa de investigación, para encontrar el diseño más conveniente.

Para entender más la importancia de esta pieza, se procederá a explicar el funcionamiento de la misma.

Existen dos tipos básicos de boquillas, dependiendo principalmente del sistema de concreto lanzado que se utilice; de aquí que existan boquillas para el método seco y para

el húmedo, por lo que se tratará en especial ese tipo de boquilla.

La función principal de la boquilla en el método seco es la de convertir de un flujo de mezcla seca a un mortero húmedo, que pueda transitar con la suficiente velocidad para poder ser proyectado con precisión a un punto determinado colocado a cierta distancia, en donde se producirá un impacto contra la superficie a tratar y quedará adherido a ella. Todo esto ocurrirá en fracciones de segundo. Al mezclado íntimo del material y el agua en la boquilla, se le denomina "hidratación".

Todas las máquinas lanzadoras cuentan con su boquilla especial, no siendo aconsejable intercambiarlas de una a otra máquina.

La boquilla se divide en dos partes, el cuerpo y la punta. El primero está diseñado para suministrar un flujo de agua variable, la cual fluye rápidamente hacia el centro de la boquilla. El dispositivo por donde fluye el agua es un anillo con perforaciones o una roldana de expansión; los materiales con que están fabricados varían desde el bronce, acero, hule, etc. Por medio de este distribuidor, el agua envuelve a la mezcla de tal forma que el operador puede regular el flujo de agua. Existe una conexión entre el anillo distribuidor y la línea de agua, la cual puede ser removible o fija.



2" Venturi Nozzle Body Assembly

For high-volume Guniting and Shotcreting. Aluminum body with heavy-duty brass swivel nut, brass ell, globe valve, nut and tailpiece, and brass water ring. Universal venturi tip and liner can be cut to 1½" or 2" orifice size. Complete with male hose coupling.

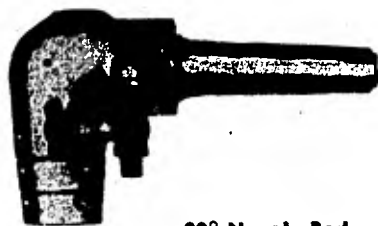
Figura IV-9.-Boquilla tipo Venturi.

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 desgastaría más si fuera de otro material, por ejemplo, de acero.

Uno de los principales problemas del concreto lanzado lo constituye el "rebote" o desperdicio del material cuando éste se coloca, llegando en algunas ocasiones a ser tan importante, que se desperdician cantidades mayores al 20% del volumen colocado. Este problema se origina por el impacto entre las partículas de concreto y la superficie a tratar o por la deficiente hidratación del material en la boquilla.

Este último problema aunado al severo desgaste en la punta de la boquilla, ha originado que los fabricantes se pongan a investigar para encontrar una boquilla más eficiente. Por otro lado, se ha encontrado que la inducción de turbulencias, vórtices o expansiones dentro de la boquilla, reduce considerablemente nuestro problema, basándose este diseño en la forma del tubo tipo "Venturi". (Ver figura IV-9)

Otra modificación que ha tenido también buenos resultados, es la boquilla de tipo impulsor, la cual basa su diseño y funcionamiento en un suministro adicional de aire comprimido, esto origina turbulencias en la punta de la boquilla, produciendo un mezclado más íntimo. (Ver figura IV-10)



90° Nozzle Body

For light quarters. High-strength aluminum alloy nozzle body complete with $\frac{3}{8}$ " globe valve, nut and tailpiece, all brass water ring. Nozzle body can be cut to accommodate 1", $1\frac{1}{4}$ ", $1\frac{1}{2}$ " hoses. Aluminum tapered tip with $\frac{3}{4}$ " rubber liner.



Black Double Bubble Nozzle

Complete with adapter for use with APG $1\frac{1}{4}$ ", $1\frac{3}{4}$ ", $1\frac{1}{2}$ " nozzle body. Black rubber nozzle can be formed into 45° angle for close-in shooting. This design provides for better hydration, holds material in a close pattern and reduces rebound.



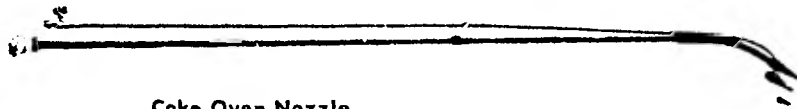
Spirolet® Nozzle

Custom-made for the APG thread. Two sizes . . . #2 has $1\frac{1}{4}$ " opening, #3 has $1\frac{3}{4}$ " opening.



Republic Hot Gunning Nozzle

10' long. All steel tube construction with steel water ring 18" from tip. Nozzlemán controls water hydration with $\frac{3}{8}$ " globe valve. Lightweight. Specially designed for hot patching.



Coke Oven Nozzle

In lengths from 10' to 20'. 3-sizes of nozzle tips . . . $\frac{1}{4}$ ", $\frac{3}{8}$ ", $\frac{1}{2}$ ".

Figura IV-10.-Diversos tipos de boquillas.

Este tipo de boquillas reduce el porcentaje de rebotes, pero incrementan el costo en el suministro de aire.

Cuando se utiliza concreto lanzado de alta velocidad, el diseño de la boquilla carece de importancia.

En el caso de la mezcla húmeda, el diseño de la boquilla 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 cometido se consigue inyectando aire comprimido adicional en la boquilla, la cual al pasar por la boquilla la proyecta hacia el exterior. La dirección del material se consigue con una punta de boquilla simple (generalmente de forma recta) y fabricada o recubierta de material ahulado (generalmente con neopreno). (Ver figura IV-11)

El suministro de agua

En el método seco el agua necesaria para el mezclado se suministra en la boquilla de salida, en donde se lleva a efecto la hidratación. Se requiere que esta agua tenga la presión suficiente para que el mezclado de los materiales se realice en forma apropiada.

Por lo anteriormente expuesto, 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 pueda 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.

En caso de contar con una alimentación de agua, que tenga una presión mínima de 40 Kg/cm^2 , se puede omitir la bomba que suministra el flujo. Por otro lado, se puede aumentar la presión de este último por medio de un tanque de almacenamiento de agua, al cual se le puede inyectar aire comprimido para mantener una presión constante de agua en la boquilla de salida.

Equipos adicionales

Bomba para proporcionar líquidos aceleradores

Existe una fuerte tendencia a utilizar los aceleradores de tipo líquido en lugar de los productos en polvo, ya que ofrecen mayores ventajas, como la de dar mejores acabados, disminución del polvo en la zona de trabajo, mayor duración y menor mantenimiento del equipo de concreto lanzado; además, se elimina el fraguado del concreto al momento de la adición del acelerador al paso de la mezcla.

Aliva 402 dosage equipment for liquid accelerators

Air driven compact two-component pump that can be gradually adjusted for the continuous adding of liquid accelerators for guniting and shotcreting.

Technical Data

Drive:	Air motor 6-10 bar with an air requirement of less than 5 m ³ /min
Dosage range:	1:4 up to 1:10
Max. pumping pressure:	up to 15 bar
Max. capacity:	up to 2500 l/h
Contents of water storage tank:	approx. 100 l
Dimensions:	Width 45 cm Length 95 cm Height 110 cm
Weight:	approx. 105 kg

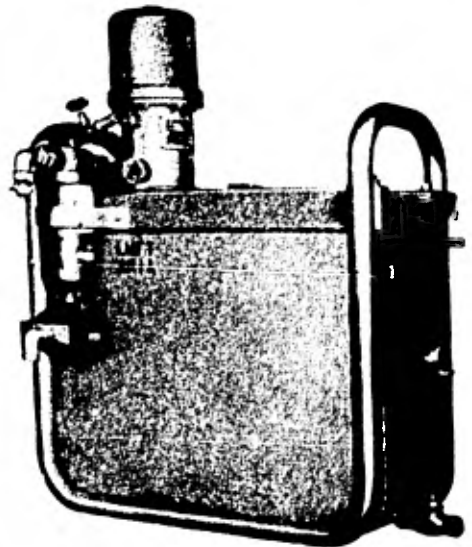


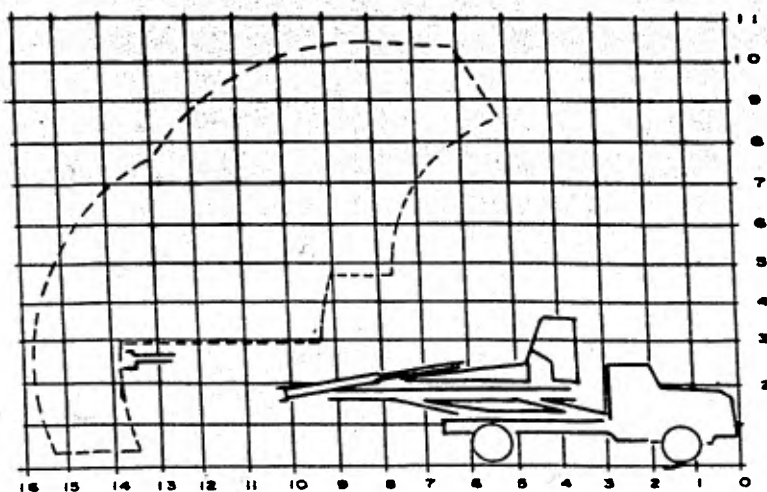
Figura IV-12.- Equipo para dosificar aditivo líquido al concreto lanzado.

Los aceleradores líquidos se pueden proporcionar directamente en la boquilla de salida, mejorando el fraguado y disminuyendo el rebote.

Las desventajas principales estriban en la necesidad de premezclarlos con el agua en la proporción indicada; por esta razón se necesita contar con un tanque de almacenamiento en la fase de trabajo, que permita guardar nuestro acelerador diluido en agua. Por esto se han desarrollado bombas pequeñas de doble acción, que son capaces de llevar acelerador y agua directamente al frente de trabajo; por otro lado, la proporción de agua y la del acelerador se pueden variar manual y rápidamente, dependiendo de las condiciones de humedad que existan en el frente de trabajo. Este tipo de bomba puede parar o caminar automáticamente, dependiendo de si la válvula se encuentre abierta o cerrada. (Ver figura IV-12)

El robot

El desarrollo del concreto lanzado en la construcción de túneles, ha creado métodos más seguros para su aplicación, tal es el caso del robot, máquina de lanzado a control remoto, que ofrece numerosas ventajas sobre el manual, ya que se puede tratar la roca inmediatamente después de cada tronada, porque el brazo del robot puede pasar sobre el montón de rezaga, pudiendo evitar accidentes por desprendimientos de ciertos materiales; el trabajo es continuo, aumen-



Radio de acción de la boquilla del Robot .

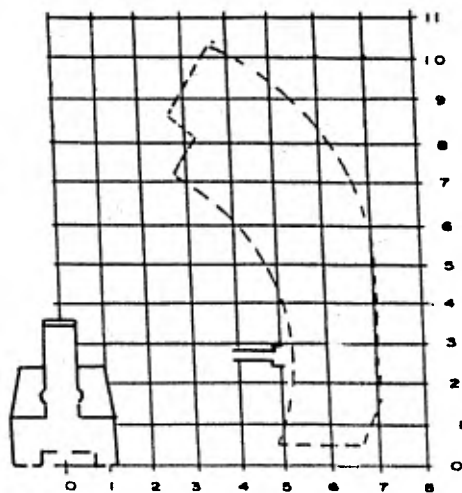


Figura. N° IX-13. El Robot .

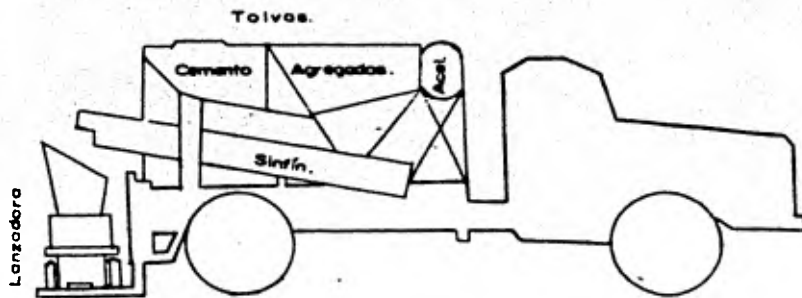
ta la producción y calidad del concreto; el radio de acción del colocador se amplía; todo esto es controlado por un solo operador.

El robot está formado por una lanzadora montada sobre un camión plataforma y un brazo hidráulico cuyo alcance es de aproximadamente 15 metros. (Ver figura IV-13)

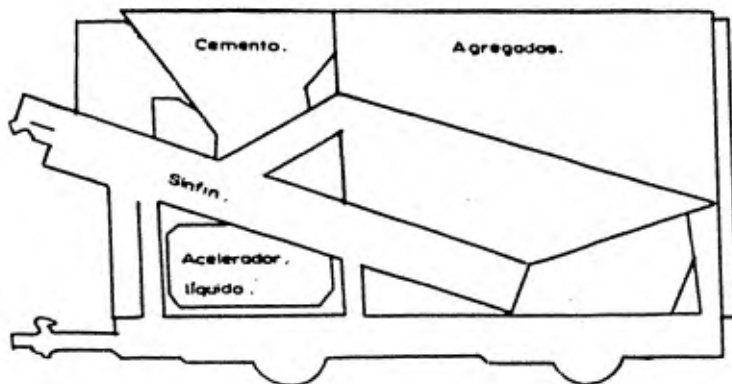
El Trixer

La dosificación y el mezclado de los ingredientes para el concreto lanzado, son operaciones que tienen especificaciones difíciles de cumplir en algunas ocasiones, sobre todo en largos túneles, en donde, debido a la humedad del medio ambiente, al largo transporte de la mezcla, o a contratiempos en la construcción del túnel, originan que la calidad de la mezcla no pueda ser garantizada y tengan que vaciarse los materiales ya mezclados.

Por estas razones, se ideó un transporte-mezcladora denominado Trixer, el cual lleva el cemento y agregados en recipientes separados, haciendo la mezcla y la dosificación en el momento del lanzado, de tal forma que se evita mucho el desperdicio de concreto, se puede garantizar la calidad de la mezcla, pudiendo surtir a varias lanzadoras a la vez. (Ver figura IV-14)



Trixer montado sobre camión .



Trixer montado en plataforma sobre rieles .

Figuro N° IX - 14. El Trixer .

El Robot - Trixer

Es la combinación de las máquinas anteriores en un solo vehículo de transporte, altamente automatizado, en donde un solo hombre puede realizar el proporcionamiento, mezclado, dosificación de aditivos y del lanzado de concreto, de tal suerte, que se reducen notablemente los tiempos de construcción, teniendo además una economía en el producto.

Existen otras variantes de estas máquinas, hasta unas que son totalmente automáticas, en donde el operador se encuentra maniobrando lejos de ella. Los trabajos a los que están destinadas son muy especiales (por ejemplo, en el revestido de tiros verticales), pero que son un reflejo del aprovechamiento racional que se puede lograr de esta técnica. (Ver figura IV-15)

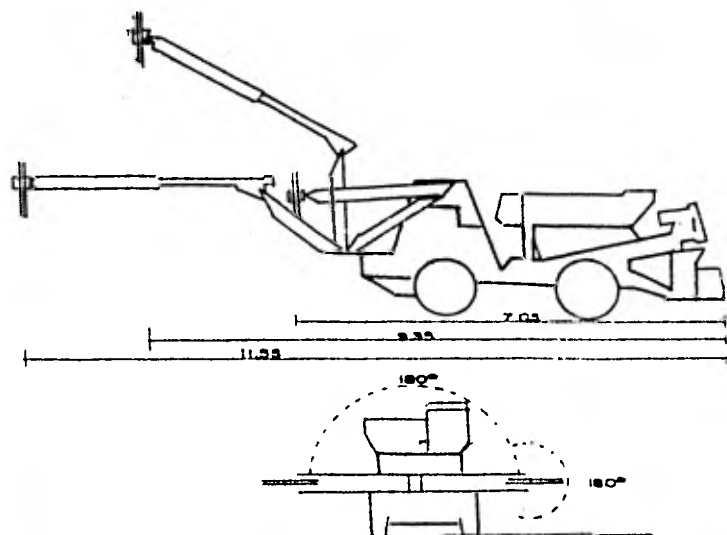
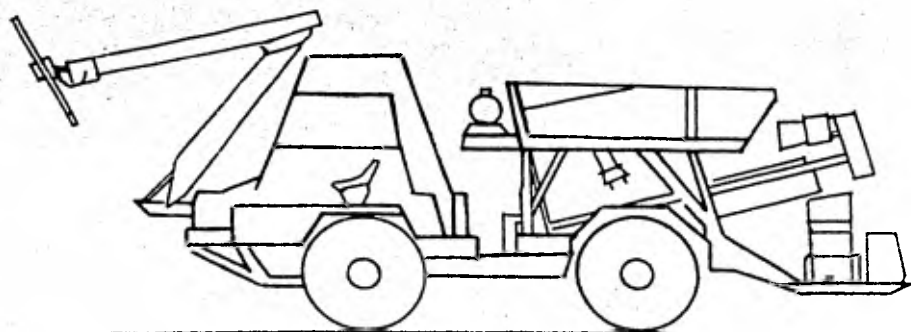


Figura N.º IX-15. El Robot-Triker.

CAPITULO V

USOS Y APLICACIONES DEL CONCRETO LANZADO

Técnicas de aplicación

Como en todo método de fabricación, es necesario cuidar los aspectos fundamentales en la elaboración de un producto. La buena calidad solamente se conseguirá si la materia prima, la maquinaria y la mano de obra especializada, trabajan acordes a las normas establecidas; es decir, cada elemento debe cumplir con su función específica.

En el concreto lanzado, el renglón de mano de obra tiene la mayor importancia, ya que el método mismo gira en torno a él, de tal manera, que el operador de boquilla será el que afine o gradúe al paso los materiales que formarán el concreto.

A continuación se procederá a describir al personal que se utiliza y la técnica para aplicar el concreto lanzado; asimismo, se explicarán las pruebas de control que se realizan para obtener la más alta calidad del producto.

El personal de trabajo

Siendo el concreto lanzado un método diferente de colocación de concreto, será necesario que los operadores sean sometidos a un aprendizaje previo, para poder manejar las máquinas y aplicar la mezcla adecuadamente, ya que la calidad del mismo dependerá fundamentalmente de ellos.

La cuadrilla de trabajo se compone de las siguientes personas:

Un sobrestante o jefe de cuadrilla

Un lanzador, operador de la boquilla de salida

Un operador de lanzadora

Un operador de chiflón, aprendiz de lanzador

Un operador de mezcladora

Dos o más peones, que ayuden al movimiento de material, equipo, herramientas, etc.

La experiencia necesaria para poder ser el jefe de una cuadrilla, será la de tener por lo menos dos años como lanzador y haber trabajado como operador de mezcladora y lanzadora con anterioridad.

Para ser un lanzador, se necesita haber trabajado como operador de lanzadora y mezcladora primeramente, además de tener experiencia mínima de seis meses como operador de chiflón.

A continuación se detallará el trabajo que desempeña cada uno de los elementos que integran a la cuadrilla.

El operador de boquilla

Es el más importante de los obreros, en el cual recae la responsabilidad de dosificar correctamente la mezcla y cuidar la buena aplicación del producto al manejar la boquilla de salida.

Para que su trabajo se realice correctamente, se necesita que observe los siguientes pasos:

- a) Asegurarse de que la boquilla de salida trabaje en perfectas condiciones, que el forro esté bien colocado y sin mucho desgaste, que el chorro de agua no tenga obstrucciones a su paso, evitar que las mangueras tengan adherencias y estén colocados adecuadamente; además, es necesario revisar que no existan fugas en las conexiones de aire y agua.
- b) Revisar que la superficie por trabajar esté libre de polvo, lechada, grasa, aceite, etc. (con excepción de la madera para cimbras).
- c) Antes de comenzar la aplicación del concreto lanzado, es necesario asegurarse que el flujo del material sea continuo y con la presión correcta.

d) Al aplicar el concreto se debe regular el flujo del agua, con el fin de obtener la mayor compactación, el menor rebote y que el revenimiento sea nulo.

e) Al aplicar el concreto lanzado, el chorro se debe dirigir adecuadamente procurando que el rebote sea mínimo, se recubran lo mejor posible las superficies a tratar, con la seguridad de que no han quedado bolsas o recubrimientos falsos; en caso de que se formaran éstas, hay que eliminarlas lo más rápidamente posible. Por último, hay que cuidar los espesores y las superficies de proyecto.

El operador de lanzadora

Es la persona encargada de suministrar la cantidad de mezcla necesaria para que el operador de boquilla pueda realizar su trabajo. Todo esto se conseguirá manejando eficientemente la lanzadora, cuidando la presión y el volumen de mezcla.

Para que el trabajo de operador de lanzadora se realice eficientemente, hay que tener las siguientes precauciones:

a) Comprobar que la lanzadora se encuentra limpia y en perfectas condiciones.

b) Revisar que todas las conexiones estén bien conectadas, para evitar pérdidas de presión en mangueras y lanza-

dora.

c) Regular que el flujo de mezcla no tenga pulsaciones y que responda a las necesidades del operador de boquilla.

d) Pedir al operador de la mezcladora que proporcione la cantidad de material necesario para mantener un flujo constante. Rechazar cualquier mezcla que se haya dejado sin utilizar por más de dos horas, si la arena estaba completamente seca y por más de una hora si estaba húmeda o cualquier otra mezcla que no considere conveniente.

e) En el caso de que se detenga el trabajo por más de una hora, se deben limpiar y sopletar tanto la lanzadora como todas aquellas mangueras que conduzcan material.

El operador de la mezcladora

Es la persona encargada de seleccionar, mezclar y su suministrar los materiales necesarios a la lanzadora; siendo de suma importancia que respete las siguientes indicaciones que se mencionan a continuación:

a) Hay que asegurarse que el cemento y la arena estén en buenas condiciones; esta última debe tener una humedad menor del 10% y estar limpia.

b) Revisar que su equipo esté en perfecto estado y

proporcionar los materiales de acuerdo al proyecto, teniendo que mezclarlos por lo menos durante un minuto.

c) Es también el encargado del almacenaje de la arena y del cemento. La primera se tiene que guardar bajo techo y cubierta con lonas, de tal forma que pueda drenarse con facilidad. El cemento debe estar a la mano cerca de la maquinaria, bajo techo y aproximadamente a unos 15 cm del piso.

d) Se debe efectuar el cribado de la grava, para asegurarse de que no existen tamaños mayores del especificado en el proyecto, así como partes de costal o de cualquier otro material que pueda bloquear la lanzadora o las mangueras.

El operador del "chiflón" de aire

Es el aprendiz del operador de boquilla. Su trabajo consiste en ayudar a la colocación, ya que elimina el material de rebote o aplanar la superficie ya terminada con alguna llana. Debe seguir las indicaciones que se enuncian a continuación:

Por medio de un tubo llamado "chiflón", de aproximadamente 1.20 m de longitud y 2 cm de diámetro, equipado con una válvula para regular el flujo de aire comprimido, debe eliminar, por medio del soplado, todo aquel material de rebote que esté en la superficie de trabajo, bien sea en las es-

quinas o detrás del acero de refuerzo.

b) Tiene que ayudar al lanzador a cambiar mangueras, eliminar bolsas de arena, fugas de aire, dar terminados con llana, movimientos de reglas, etc.

El sobrestante o jefe de cuadrilla

Es el indicado para dirigir el trabajo y el responsable de que se obtenga la calidad especificada. Los cuidados que necesita observar para trabajar adecuadamente se enuncian a continuación:

a) Tiene que contar con el equipo adecuado para realizar su trabajo, efectuar la limpieza diaria de éste, revisar los niveles de grasa y aceite del mismo y contar con las piezas de repuesto que se desgastan fácilmente, procurando que éstas se cambien cuando está parado el trabajo.

b) Seleccionar cuidadosamente a su personal, en especial al operador de la lanzadora y no ponerlo a ejecutar ningún trabajo sin antes haber pasado algunas pruebas que demuestren su habilidad.

c) Comprobar que se tiene el material necesario para que la producción de concreto lanzado sea continua a lo largo de la jornada de trabajo y pedir con oportunidad la cantidad que se necesite para los siguientes turnos.

d) Vigilar que el trabajo se realice bajo las condiciones de proyecto, además de cumplir con las pruebas de control de calidad.

Organización y seguridad en el trabajo

Es responsabilidad del sobrestante la buena organización del trabajo de acuerdo al programa establecido y a los recursos con que cuenta.

Debido al ruido generado por el compresor, la boquilla y las distancias largas, es imposible comunicarse por medio de la voz, por lo que se hace necesario establecer un método de señales manuales, de banderas o de silbatazos, siempre y cuando no se pueda contar con un equipo de radio. Al establecer este tipo de comunicación entre trabajadores y sobrestante, los trabajos se volverán más eficientes y rentables, ya que se podrán evitar muchos tiempos perdidos.

La seguridad. Como en el proceso se generan nubes de polvo de cemento y de material de rebote, cuyas partículas viajan a velocidades mayores a los 150 Km/hr, se necesita proteger sobre todo al operador de boquilla con lentes de plástico y mascarillas antipolvo. Los anteojos deben ser de tipo desechable, ya que en ocasiones resulta más caro limpiarlos que comprar unos nuevos (dos por jornada). Los filtros de las mascarillas se pueden reponer con facilidad, cuando el área de trabajo es cerrada (en túneles y chime-

Figura V-1.- Equipa de protección para el lanzador.

Hoods

Several styles available including BH-2 lightweight blasting hood and BH-5 Safe-T-Site Blasting Hood for extra long life.

Jackets

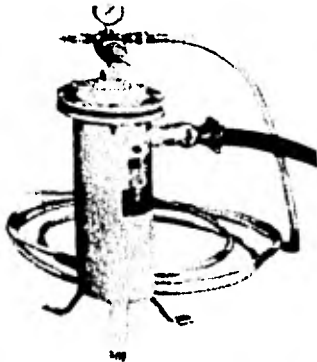
Chrome leather. Snap fasteners close up to neck. Snap adjustment around waist. Sizes: small, medium, large, extra large.

Gloves

Chrome leather reinforced with steel-studded palms and fingers for rough material handling and abrasive blasting.

Pants

Chrome leather with reinforced belt loops and snap fasten fly front. Sizes: small, medium, large, extra large.



Model BH-6 Air-Fed Helmet & AC-4X Air Conditioner

Used for blast cleaning operations or wherever dust conditions exist. Complies with all O.S.H.A. and Bureau of Mines requirements. Constructed with rugged outer nylon cape, peel-off replaceable windows and air control assembly. Model AC-4X lightweight hood air conditioner reduces incoming air temperatures by as much as 57 degrees.

Air Purifier

This unit is required when using air-supplied hood. It provides clean air, free of dust, grit, moisture, oil fumes, rust and of particulate.



neas) y el ambiente se satura de polvo, es más conveniente el uso de cascos con ventilación interior. (Ver figura V-1)

Se recomienda también el uso de botas y guantes de hule flojos, así como de cascos protectores para la cabeza, los cuales deben quedar ajustados. Para trabajos en altura son necesarios los cinturones de seguridad.

Cuando menos el operador de la boquilla, el del chiflón y el de la lanzadora, deben utilizar el equipo mínimo de seguridad.

Almacenamiento de los materiales en la zona de trabajo

En el concreto lanzado hay que tener ciertos cuidados con los materiales que se tengan que emplear, para evitar al máximo los problemas de obstrucción en la lanzadora o en las mangueras, así como poder alcanzar las resistencias de proyecto con facilidad.

Existen dos zonas de almacenamiento de los materiales: una llamada bodega, que estará localizada en un lugar fijo, teniendo capacidad para volúmenes grandes de cemento y arena, y la otra, que será móvil, teniendo una capacidad que dependerá del rendimiento del equipo en la jornada de trabajo.

Los cuidados mínimos que es necesario observar son los siguientes:

Hay que almacenar los sacos de cemento en hileras separadas cuando menos 1 m una de la otra y sobre una tarima colocada a unos 15 cm arriba del nivel de piso, tiene que estar bajo techo y evitar la existencia de humedad, por lo que el lugar tiene que estar muy ventilado; en caso de no poder respetar estas indicaciones en la zona de trabajo, se tendrá que disminuir la capacidad de almacenaje y habrá que suministrar el cemento dos o tres veces por turno.

La utilización del cemento a granel, sólo se podrá justificar en obras muy grandes, en donde la producción de concreto lanzado sea muy alta y que además no se tengan condiciones excesivas de humedad.

El almacenamiento de los agregados es menos severo que el del concreto, ya que se pueden aceptar hasta con un contenido de humedad del 15 al 18%.

Los agregados se deben almacenar formando montículos y colocarse en lugares donde su drenado sea fácil y se tendrá que evitar que el agua freática los inunde. Es recomendable cubrirlos con lonas, para evitar que el agua los humedezca, pero hay que permitir su ventilación.

La arena debe ser abrasiva y contener exceso de limo (polvo). Su humedad óptima se puede determinar oprimiendo un puñado de ella y al liberarla, ésta no debe fluir con facilidad, ni formar un solo terrón, sino que deberá desmoronarse.

narse en dos o tres grupos separados; con esto se podrán evitar bloqueos de mortero en la lanzadora y en las mangueras, siendo muy importante esta humedad, ya que si está demasiado seca, el cemento no se adherirá a ella, ocasionando rebotes en exceso. En caso de tener una arena muy húmeda, se provocarán taponamientos en mangueras y lanzadoras, teniendo que bajar esta humedad revolviéndola con arena seca o con cenizas volantes, no pudiendo agregar más del 15% en peso del cemento; en última instancia, hay que tratar de secarla por algún otro método.

Dosificación y mezclado de los materiales

La dosificación de los materiales, puede hacerse por peso o por volumen, siendo preferible la primera, aunque es más fácil la dosificación por volumen y el error que pueda tener se reduce, si previamente se calibra un dosificador por peso.

En el caso de los agregados ligeros, la dosificación por volumen es la más indicada, ya que la densidad dependerá de la humedad que contengan. Por ejemplo, se puede hacer una caja de madera o metal, cuyas dimensiones dependerán de la proporción de la mezcla. En este caso, para producir una mezcla de proporción 1:3.5 por volumen, se puede hacer una caja de 120 litros, la que se llenará de arena y se mezclará con un bulto de cemento. Las dimensiones están en función

de que un bulto de cemento tipo Portland ordinario, ocupa un volumen de 35 litros. Si se emplea arena húmeda, la proporción equivalente estando seca sería de 1:3. Al ser lanzada esta mezcla, por efecto del rebote de la misma, se reducirá nuestra proporción ya colocada a una de 1:2.5, ya que el desperdicio de material puede variar de un 5 a un 50 por ciento. Es de mucha importancia tomar en cuenta esta variación en la proporción del material, necesitando para ello hacer pruebas para poder calcular el por ciento de rebote que se tenga en la zona de trabajo.

El mezclado de los materiales deberá ser vigoroso, de tal manera, que el cemento recubra por completo a los granos de arena y en tal cantidad, que el suministro a la lanzadora pueda ser constante. El mezclado a mano se puede aceptar, siempre y cuando sea económico y garantice un suministro constante.

El material debe permanecer en la máquina mezclándose por lo menos durante un minuto, y se tendrá que rechazar cualquier material que se haya dejado de mezclar por más de dos horas y por más de una hora en lugares húmedos.

Se recomienda el cribado de los materiales, para impedir la inclusión de piedras, costras de revolvedora, pedazos de papel, etc. Las cribas pueden ser de metal desplegado desde 6 x 22 mm de abertura, hasta cribas vibratorias de 20 mm.

La buena y oportuna colocación de los ingredientes de la mezcla, será fundamental para la buena calidad del concreto lanzado, en especial cuando se utiliza agregado grueso. Por otro lado, recordando que este método está basado en la existencia de una variable, que es la dosificación del agua en la boquilla de salida, cualquier modificación en alguno de los otros elementos que integran la mezcla, afectará definitivamente la calidad del concreto lanzado.

En caso de utilizar aditivos aceleradores, estos deben ser colocados lo más rápido posible en la mezcla, para evitar problemas en el equipo.

Preparación de la superficie

Cuando se requiere recubrir un área con concreto lanzado, se debe limpiar totalmente de material que se encuentre flojo, así como de basura, grasa, aceite, escamas, etc.

En caso de quererse colocar sobre concreto reforzado, se debe ayudar en aquellos lugares en donde trabaje a tensión o a temperatura, colocando para ello malla o varilla de acero, anclada firmemente a la superficie a tratar.

Si se utiliza como recubrimiento de soporte en túneles, se tiene que aplicar lo más pronto posible después de haber realizado la voladura y limpiado la superficie, ya que previene de daños en las juntas de las rocas, da un buen tox

minado afinando a la roca de soporte alrededor de la abertura.

Técnicas de colocación del concreto lanzado

De todas las fases en que se divide el concreto lanzado, lo más importante y de lo cual depende directamente la buena calidad del producto, es la dosificación del agua en la mezcla y la forma de aplicación del concreto. Estas dos actividades están relacionadas íntimamente y dependiendo una de la otra.

La responsabilidad de que se cumpla lo anteriormente expuesto, recae directamente en el operador de boquilla, ya que de acuerdo a su experiencia y a las condiciones de humedad en la superficie, el operador tendrá que graduar la cantidad de agua y la velocidad de aplicación del concreto. Por este aspecto, el concreto lanzado ha sido duramente atacado, puesto que tanto la calidad y lo sofisticado de la técnica, dependerán finalmente de un solo hombre. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que si al operador se le adiestra, en poco tiempo su trabajo será excelente, por lo que es indispensable que el candidato a operador de boquilla, sea instruido en la técnica de colocación del concreto lanzado, para poder asegurar la calidad del producto.

A continuación se detallará la forma general de colocar el concreto y las maniobras que se tienen que realizar

para que el operador de boquilla haga su trabajo eficientemente.

1. El operador de boquilla tiene que seleccionar el tamaño y la forma de la boquilla de salida que requerirá, tomando en cuenta la colocación de las guías maestras, espesor de concreto, refuerzo y terminado de la superficie.

2. Será necesario revisar que las mangueras estén vacías antes de iniciar el trabajo. Esto se lleva a cabo conectando directamente las mangueras al suministro del aire y con ayuda de un manómetro ; si el aparato muestra una lectura mayor de los 0.7 Kg/cm^2 , estarán sucios los conductos; si es mayor que 1.4 Kg/cm^2 , las mangueras tendrán exceso de incrustaciones. Para poder limpiarlas, solamente se deberán doblar, torciendo, golpeando y sopleteando fuertemente. En caso de no utilizar mangueras sino tubos de acero, solamente se limpiarán con desincrustadores especiales.

3. Se deberán conectar las mangueras lo más recto posible, con la menor cantidad de curvas.

4. Examinar que el abanico de agua producido dentro de la boquilla no tenga huecos y, en caso se existir, se limpiará o se repondrá el anillo distribuidor de agua. Esta operación tendrá que realizarse a la máxima presión y con la punta de la boquilla dirigida hacia abajo, con el propósito de no humedecer la manguera de conducción del material y al

mismo tiempo hay que revisar que la válvula que regula el agua que entra a la boquilla, funcione correctamente.

5. Se tendrá que humedecer la superficie a trabajar, sobre todo si se trata de concreto, arcilla, roca, madera, tierra, etc.

6. Conectar la manguera a la lanzadora, para comenzar la aplicación.

7. Mantener la boquilla hacia abajo, con el flujo de agua completamente abierto y esperar que comience a fluir el material, con el propósito de graduar el suministro del agua e ir dirigiendo simultáneamente el chorro de la mezcla hacia la zona de trabajo.

La boquilla debe mantenerse entre los 0.60 a 1.20 m de distancia de la superficie de trabajo.

Se tiene que comenzar a colocar el concreto lanzado, de la parte inferior hacia arriba, moviendo rítmicamente la boquilla en dirección de las manecillas del reloj, en forma elíptica, con un radio mayor de 0.60 y uno menor de 0.25 m, haciendo traslapes hasta de 0.20 m; por último, se debe verificar que la superficie del concreto impactado sea sedosa y brillante. (Ver figura V-2)

El operador de boquilla no debe permitir que se formen concentraciones de material de rebote. En caso de exis-

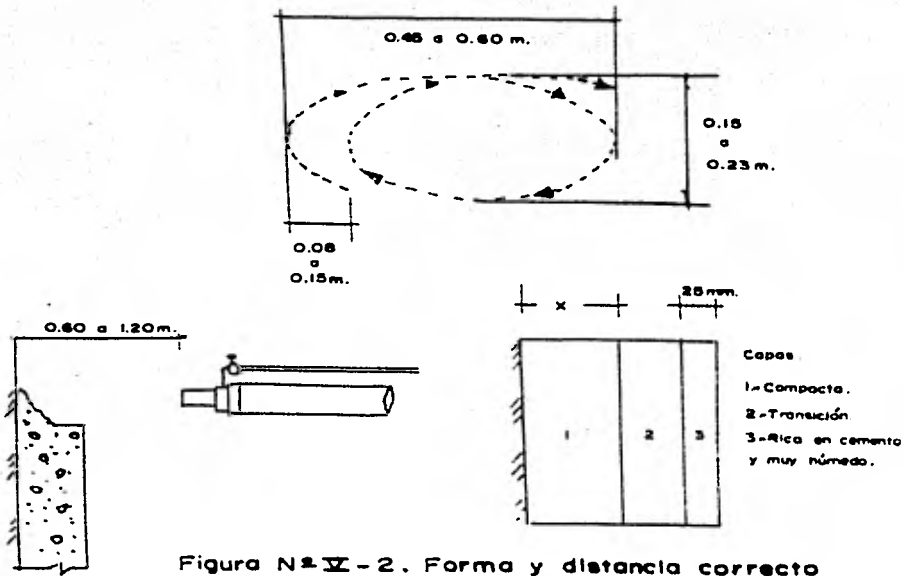


Figura N^o V-2. Forma y distancia correcta de colocar concreto lanzado.

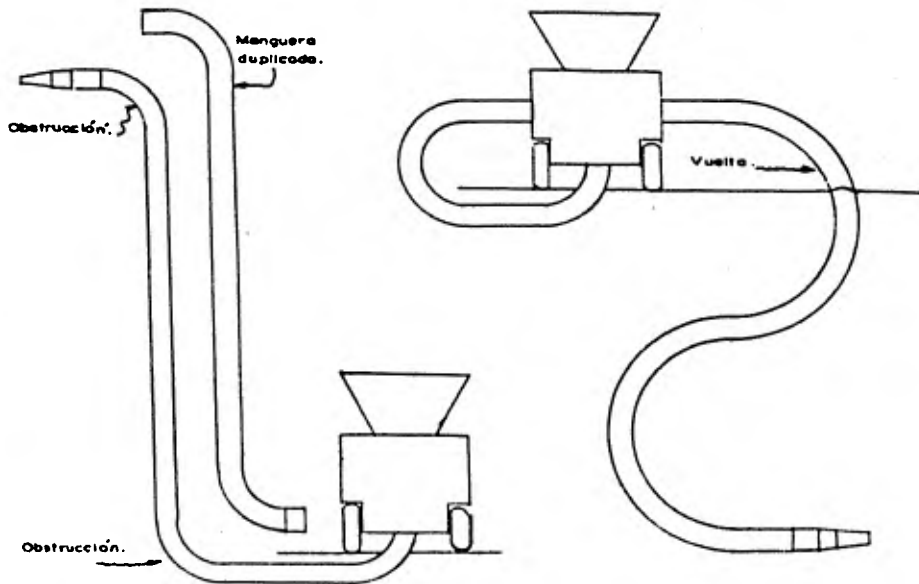


Figura N^o V-3. Colocación superior e inferior del concreto lanzado.

tir acero de refuerzo, se debe tener cuidado en que el concreto lo envuelva por completo.

En caso de presentarse alguna irregularidad en la alimentación del material, adelgazamiento en la corriente, será necesario desviar la boquilla de la superficie de trabajo hasta que todo se normalice; si el problema es mayor, debe detenerse el trabajo y reponer o limpiar la parte defectuosa (punta de la boquilla, anillo vertedor, obstrucciones, etc.).

El operador de boquilla dirigirá al de lanzadora para poder regular el suministro del material (modificando la velocidad del motor), disminuir la presión del aire, hasta obtener un chorro satisfactorio. En caso de no lograr la regulación, se puede cambiar el juego completo de boquilla y manguera o punta de la boquilla, por otros de diferente tamaño, hasta conseguir los resultados esperados.

Cuando se tenga que colocar concreto lanzado a alturas mayores del operador, se debe evitar la obstrucción en las mangueras, sopletéandolas antes de parar el trabajo, ya que cuando se pare éste, la mezcla caerá tapando la parte inferior de las mangueras, siendo imposible destaparlas después con sólo presión de aire. Se recomienda tener a la mano otra manguera, ya que si se llegara a tapar la primera, pueda continuarse el trabajo con la otra y de esta forma de tapar el conducto con tranquilidad. (Ver figura V-3)

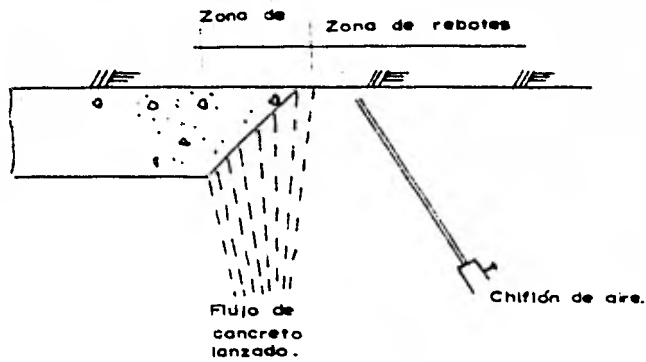


Figura N^o V-4. Trabajo del chiflon eliminando material de rebote.

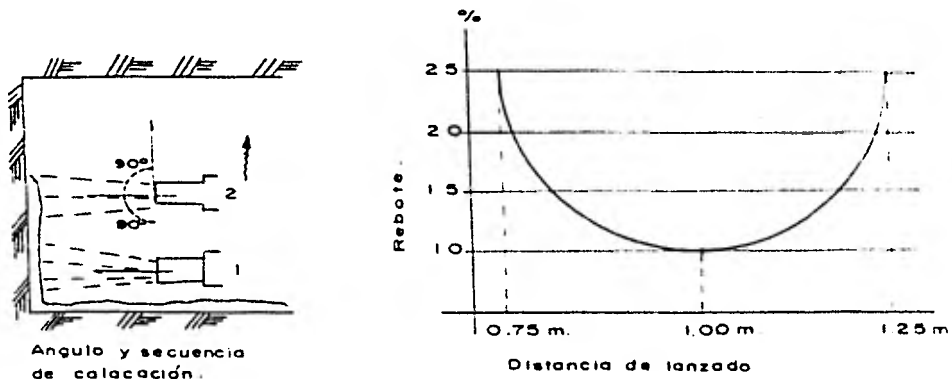


Figura N^o V - 5 . Ángulo y distancias de colocación para disminuir la cantidad de rebote.

En caso de que se trabaje por debajo del nivel de la lanzadora, se presentarán problemas de pulsaciones del material. Para solucionar este problema, se necesita dar vuelta a la manguera al nivel de la lanzadora, lo que permitirá mantener suspendido el material en una corriente de aire comprimido.

Cuando la colocación del concreto lanzado se realice en superficies que tengan acero de refuerzo, se debe procurar que el concreto lo envuelva por completo y cerciorarse que no se han formado bolsas de arena en la parte posterior de las varillas, puesto que la sección se vería debilitada en esa zona y aparecerían fallas o fisuramientos.

El aplicar el concreto lanzado siguiendo las recomendaciones descritas con anterioridad, facilitará el trabajo y la calidad del mismo será alta; por otro lado, si además se cuenta con el operador de chiflón, se podrán eliminar las bolsas de arena, así como los rebotes que formen y vengan a complicar la calidad y resistencia del concreto. (Ver figura V-4)

Para disminuir el porcentaje de rebote, se debe procurar que el choque del concreto con la superficie sea lo más perpendicular posible a ésta. Cualquier inclinación producirá desperdicio de material. (Ver figura V-5)

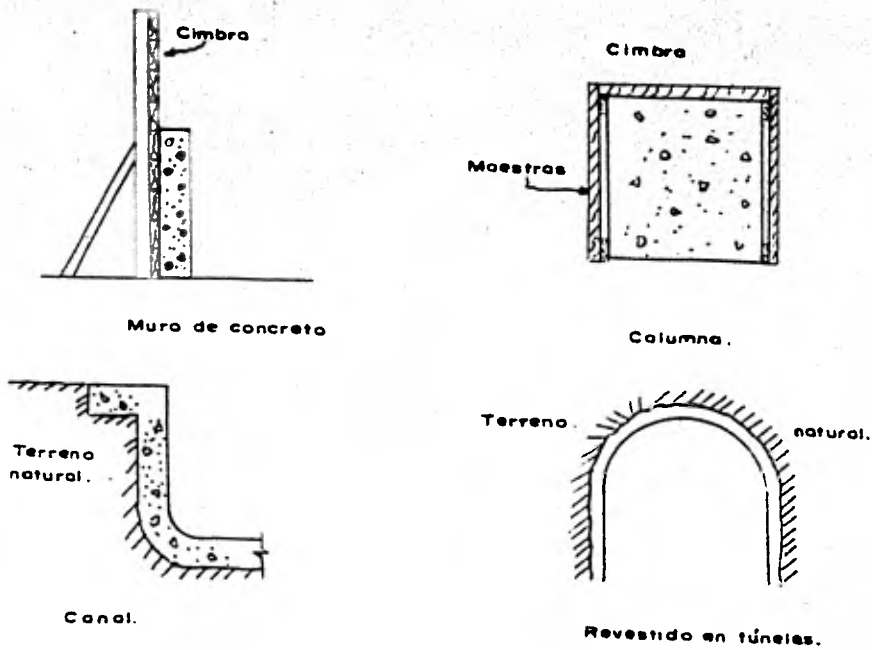


Figura N° V-6. Cimbra en el concreto lanzado .

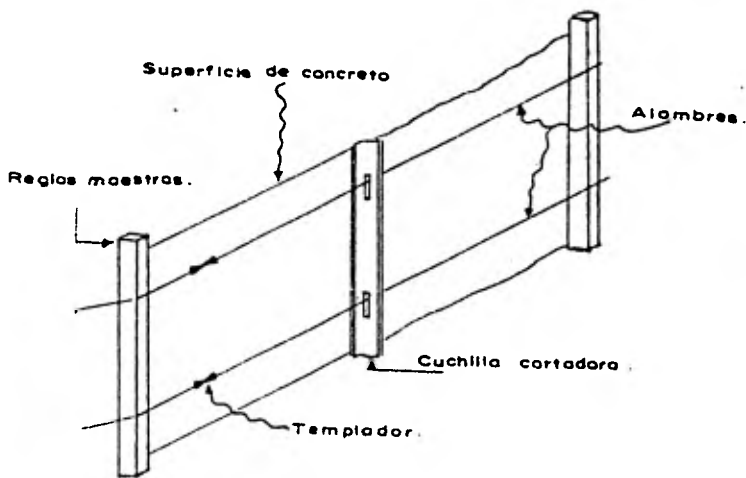


Figura N° V-7. Reglas maestras y cuchilla cortadora .

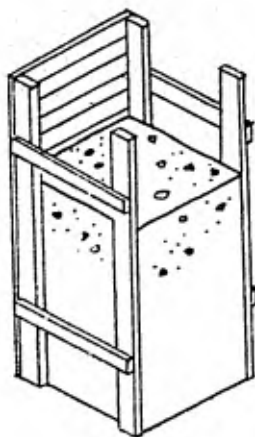


Figura N^o V-8. Cimbra para columnas .

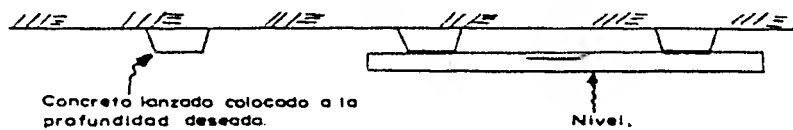


Figura N^o V-9 . Reglas maestras para plafanes, muros y pisos .

En el concreto lanzado, la utilización de la cimbra es mínima o casi nula, gracias a su gran adherencia y a su rápido secado; generalmente sólo se necesita una cara de cimbra, pudiendo retirarla al poco tiempo para ser utilizada en otros trabajos, puesto que el mismo concreto servirá de base para capas posteriores. (Ver figura V-6) En superficies verticales, se pueden colocar tomas delgadas, procurando evitar la vibración en la misma al producirse el impacto. Sólo cuando el concreto lanzado esté sobre la cimbra, ésta requiere ser resistente.

Para obtener una buena calidad en cuando a espesores, acabados planos y a plomo, es necesario el uso de reglas maestras, pudiendo ser de madera, concreto lanzado o de alambre tensado con cuchillas cortadoras. (Ver figura V-7) Con el uso de estas guías, es posible competir contra cualquier calidad dada por otro tipo de cimbra. Por ejemplo, en la figura V-8, se muestra el empleo de reglas de madera en una columna para obtener esquinas bien perfiladas; las reglas se deben poner de tal forma que exista un espacio libre a un lado de ellas, para que la presión del aire pueda escapar; esto mismo se hace extensivo en plataformas, muros y pisos. (Ver figura V-9)

Se experimenta dificultad para quitar la cimbra del concreto lanzado, aún estando bien aceitada, por lo que se recomienda una membrana gruesa de polietileno extendida sobre la cimbra, obteniéndose con ello un excelente medio de

separación.

Etapas en la colocación del concreto lanzado

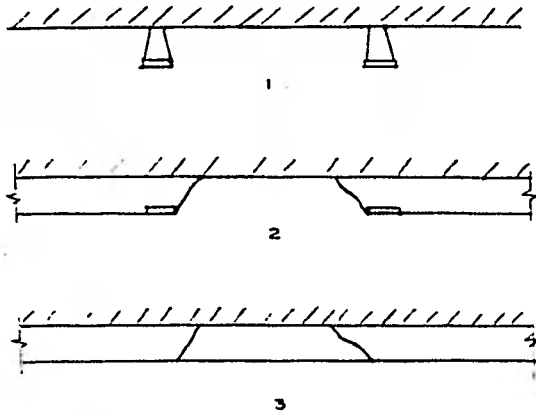
Debido a la forma de aplicar el concreto lanzado (elíptica), y del problema de las bolsas de arena, se ilustran a continuación varias secuencias de colocación en techos, vigas y muros. (Ver figura V-10) Estas se basan en colocar primero los laterales y después el centro.

Independientemente del espesor de la capa de concreto lanzado, será necesario colocarlo por etapas, ya que una capa gruesa, sobre todo en techos, puede desprenderse con facilidad; por otro lado, en terminados aparentes será necesario aplicar una capa de concreto muy húmedo y rico en cemento, para que la superficie casi no presente rugosidades, pudiendo existir una capa de transición al ir graduando la mezcla. La capa final debe colocarse cuando la anterior comienza a perder brillo.

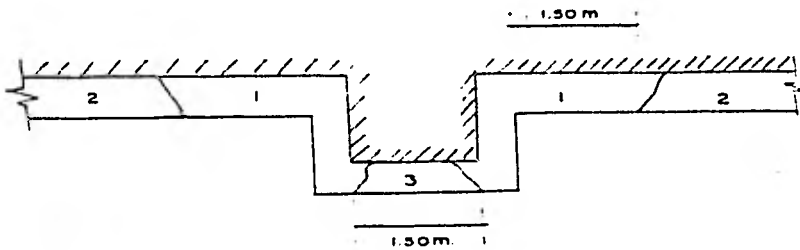
El proceso de aplicación por capas, se debe efectuar en espesores mayores a los 25 cm y, además, el tiempo que se debe esperar para aplicar la siguiente capa, varía de los 30 a los 60 minutos, dependiendo de las condiciones relativas de humedad en la zona de trabajo.

El uso de aceleradores, permite aplicar inmediatamente las capas, en caso contrario, habrá que esperar a que seque la primera, para después cepillar la superficie y poder

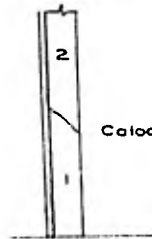
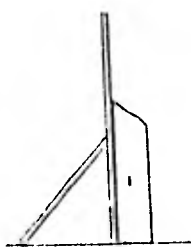
Figura N° V- 10. Secuencia de colocación del concreto lanzado.



Secuencia de colocación en losas y techos.



Colocación alternada en losas y vigas integrales.



Colocación en superficies verticales.

continuar con la aplicación.

El problema del rebote del material al colocar el concreto lanzado, puede disminuir si el lanzador tiene más cuidado al efectuar su trabajo, recordando que el rebote es producido por una deficiencia en la hidratación de las partículas, baja relación agua-cemento, arenas gruesas, distancia de aplicación, ángulo de impacto y espesor de la capa. Pero aunque se mejoren las condiciones del material, tipo de boquillas, maquinaria, etc., será el operador de boquilla el que dé el toque final a todas estas modificaciones. Una reducción en el porciento de rebote, representa un mayor rendimiento y economía. (Ver figura V-11)

Se ha encontrado por ejemplo, que cuando la capa de concreto es delgada, el material que rebota es alto, pero si se trabaja con una capa con exceso de agua, se amortigua el impacto y el rebote disminuye; por esta razón las secciones gruesas tienen menor porcentaje de rebote que las delgadas.

El problema del rebote se acrecenta, porque además de ser un material desperdiciado, se junta formando bolsas que frecuentemente son cubiertas por concreto, constituyendo una zona susceptible a fallar. Estas bolsas se pueden producir por tres causas principales:

Las ocasionadas cuando se utiliza acero de refuerzo mayor de 3/8 de pulgada (10 mm) de diámetro. (Ver figura

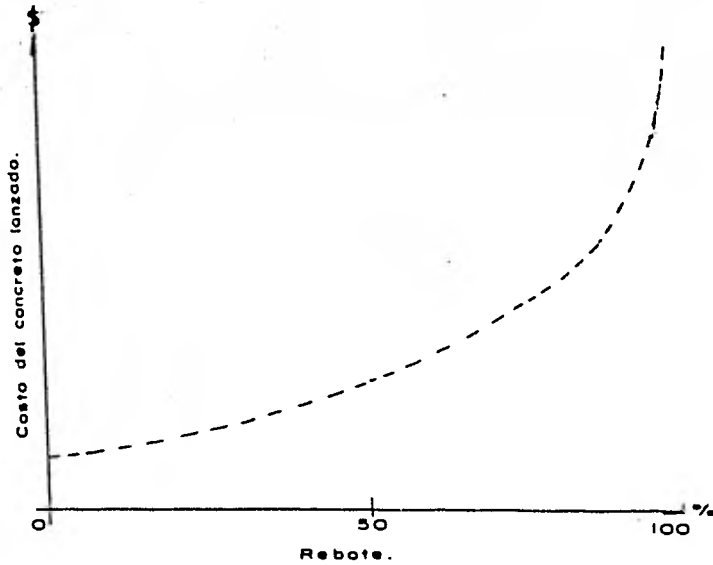


Figura N^o V-II. Incremento en el costo del concreto por efecto del rebote.

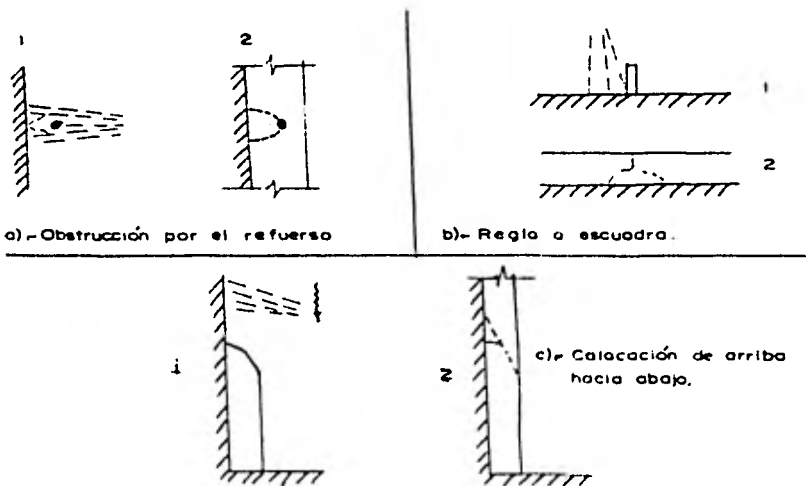


Figura N^o V-12. Formación de bolsas con material de rebote.

V-12a) Esto se evita recubriendo cuidadosamente la varilla, no debiendo trabajarse con varillas mayores de 1 1/2 pulgadas de diámetro.

Cuando se emplean reglas maestras a perfecta escuadra con la superficie (ver figura V-12b), esto se soluciona liberando o apartando la regla de la superficie por recubrir, para que el aire comprimido tenga por donde escapar.

Colocación superior. (Ver figura V-12c) Se soluciona exigiendo al operador de chiflón que elimine los residuos de material.

El acero de refuerzo

Debido a la técnica de aplicación del concreto lanzado y a los problemas de las bolsas de arena, se necesita seguir ciertas indicaciones cuando se utiliza acero de refuerzo.

Como ya se vio, es un serio problema el poder colocar concreto detrás de las varillas de refuerzo. Ahora bien, cuando existen más de dos lechos de varillas, el problema se acrecenta, ya que la formación de bolsas de arena es mayor, por lo que no se recomienda que la segunda varilla esté colocada detrás de la primera (ver figura V-13), pero si se coloca a un lado, el problema disminuye (ver figura V-14); en este caso es preferible recubrir primero el lecho inferior y después el otro. Por esta misma razón, cuando son necesari-

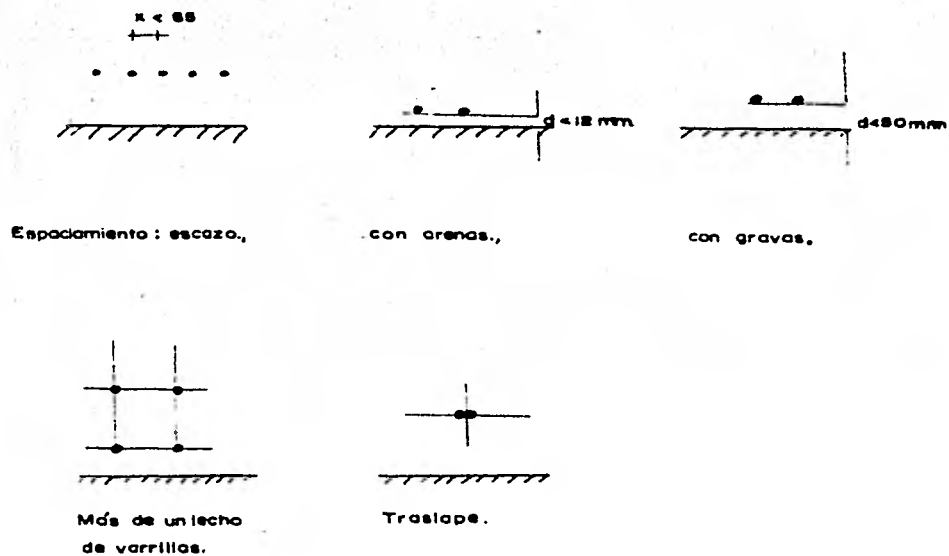


Figura N° V-13. Forma incorrecto de colocar el acero de refuerzo en el concreto lanzado .

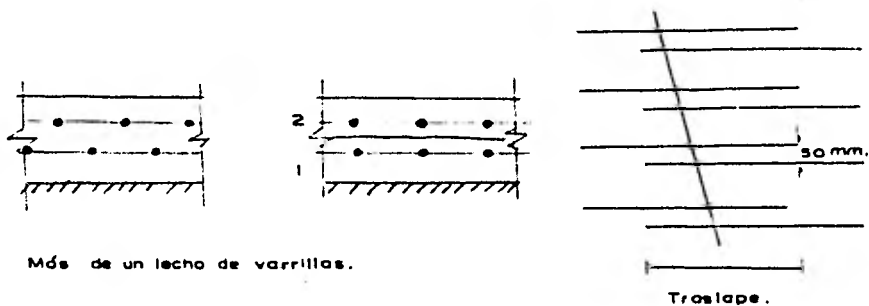


Figura N° V-14. Forma correcta de colocar el acero de refuerzo en el concreto lanzado .

rias las uniones de varillas, éstas deben separarse cuando menos 5 cm y conservar su longitud de traslape.

El recubrimiento mínimo a la varilla, cuando sólo se utilizan arenas en la mezcla, es de 1.5 cm, el cual debe incrementarse cuando menos en 5 mm, si se emplean agregados gruesos.

En caso de emplearse emparrillados de acero, estos deben traslaparse 1 1/2 cuadros en ambos sentidos (ver figura V-15). Este tipo de refuerzo, es muy empleado sobre todo en túneles y será necesario anclarla a la superficie con el propósito de asegurarla (ver figura V-16), empleándose de la misma forma para revestir taludes.

Las juntas en el concreto lanzado

Cuando se está colocando concreto lanzado tanto en obras de protección, como en las de construcción, es necesario efectuar juntas de expansión y contracción, así como juntas diarias. El primer tipo se tiene que hacer por indicaciones del proyecto, con el propósito de evitar el agrietamiento del concreto ocasionado por efecto de la temperatura. Existen diversos tipos de juntas fabricados con distintos materiales que solucionarán el problema. (Ver figura V-17)

Las juntas diarias son las que mayores problemas presentan, ya que no está previsto el lugar donde tienen que

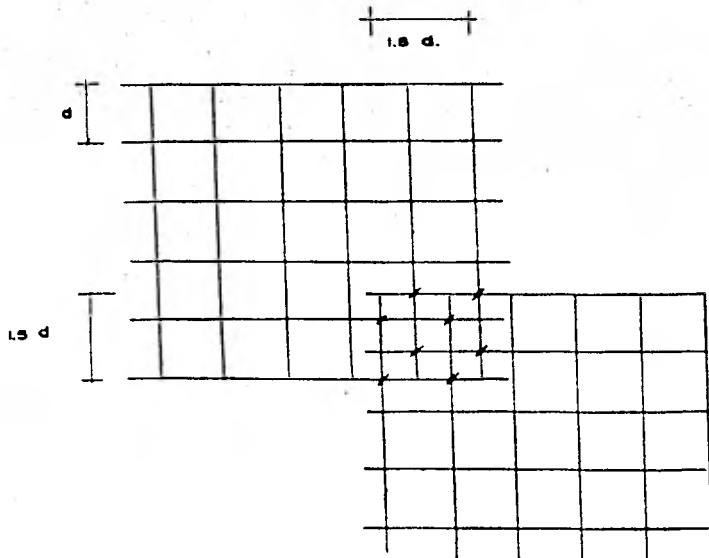


Figura N^o V-15. Forma de traslapar emparrillados de acero, para recubrir con concreto lanzado.

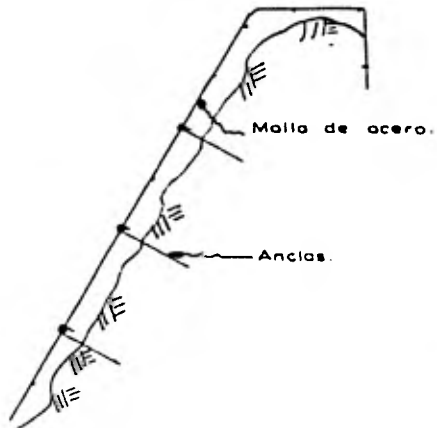


Figura N^o V-16. Forma de anclar emparrilladas para el revestido en túneles y taludes.

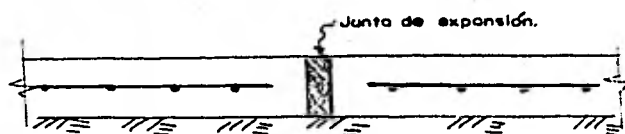


Figura N° V-17. Junta de expansión y contracción.



Figura N° V-18. Junta diaria con problemas de balsas de material de rebate.

efectuarse, como en el caso anterior. La junta diaria se produce por diversas causas, entre ellas se encuentran la terminación de la jornada de trabajo, de la superficie por trabajar, la falta de material, etc. Si la zona donde se paró el trabajo tiene forma caprichosa, al reanudar la colocación del concreto puede presentar problemas de rebote, falsa adherencia y fisuramiento. (Ver figura V-18) Ahora bien, si esta zona se prepara para reanudar posteriormente los trabajos, no constituirá ningún problema y se tendrá un buen terminado.

La preparación más indicada es la formada en la orilla de la superficie de concreto por un chaflán de 30 cm de largo, para anchos hasta de 7.5 cm y para anchos mayores se emplean chaflanes proporcionales. (Ver figura V-19) Esta superficie se cepilla antes de que frague, nunca debe pulirse, porque puede ocurrir una falsa adherencia. Cuando se reanude el trabajo, será necesario humedecer nuevamente la superficie, antes de comenzar a colocar el concreto lanzado. También puede utilizarse algún aditivo que ligue al concreto en la zona de traslape y poder garantizar la adherencia en ella. Estos aditivos pueden ser a base de resinas epóxicas, acetato de polivinilo o algún tipo de látex.

Existe otro tipo de tratamiento para que la adherencia del concreto sea buena, que consiste en utilizar como última mezcla del día, una a base de cemento de fraguado lento

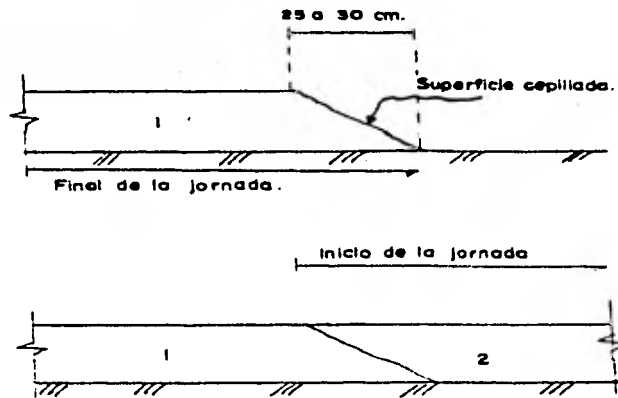


Figura N° V-19. Junta diaria preparada eliminando el material de rebate.

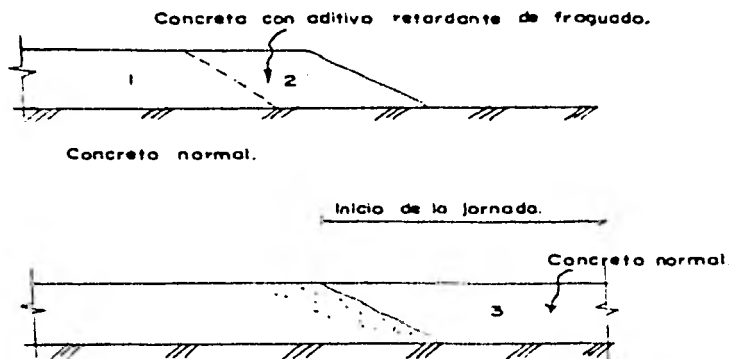


Figura N° V-20. Junta diaria a base de concreto lanzada con un aditivo retardante de fraguado.

y al día siguiente se puede colocar concreto a base de cemento normal sobre el viejo, el cual se encuentra todavía en estado plástico. El resultado es una junta casi homogénea, pero muy sofisticada y puede ser muy costosa si no se tiene la experiencia necesaria para efectuarla. (Ver figura V-20)

Las juntas que se suscitan al término de la jornada de trabajo en alguna regla maestra y no sea posible evitarlas, tendrán que tratarse en forma semejante a las descritas con anterioridad y sólo hay que tener cuidado con el material de rebote, ya que puede quedar atrapado. (Ver figura V-21)

Cuando se trabaja en lugares marítimos, hay necesidad de picar la superficie de traslape, para evitar la contaminación salina al concreto. (Ver figura V-22)

Terminación de la superficie

La última capa de concreto lanzado muestra siempre una superficie ondulada. (Ver figura V-23) Esto se debe a la misma forma de aplicar el concreto; ahora bien, si se desea una superficie más lisa o pulida, será necesario hacer un trabajo de corte, aplanado y pulido del concreto lanzado.

Por otro lado, esta última capa de concreto es muy rica en cemento y además el contenido de agua es mayor que en las anteriores y al secarse, se producirá un agrietamiento

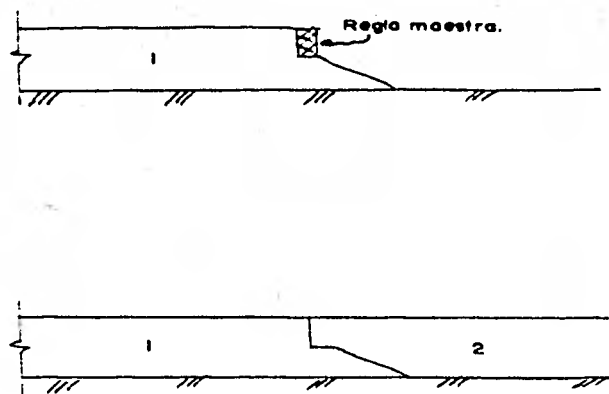


Figura N^o V-21 . Junta que calncide con las reglas maestras .

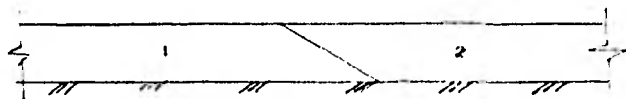
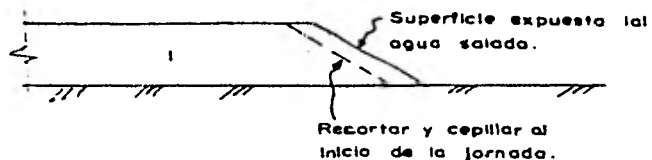


Figura N^o V - 22 . Recorte y cepillado en junta para trabajos marítimos .

por contracción del material; esto se puede evitar si se pasa una brocha suave con agua sobre la superficie, una hora después de aplicado el concreto; con esto, además de evitar el agrietamiento, se elimina de la superficie aquel material de rebote que se encuentre sobre ella. (Ver figura V-24)

Cuando se requiere tener una superficie plana, será necesario trabajarla una o dos horas después de colocado el concreto, ya que en ese momento es fácil cortarlo, quedando una capa sin alteraciones importantes. Se recomienda el uso de las llanas de madera, ya que las metálicas producen una mayor cantidad de grietas; sin embargo, pueden emplearse, si al final se le da al concreto un cepillado suave, se apisona ligeramente o se aplica una capa relámpago de concreto lanzado con arena más delgada (aplicarla después de cuatro horas de haber terminado la última capa). Este recubrimiento relámpago (con un espesor de dos a tres milímetros como máximo), puede servir como curado.

El trabajo de recorte y aplanado, lo puede realizar un ayudante, recomendando no apisonar el concreto con demasiada presión; para poder realizar esto, puede emplear llanas, cortadoras de alambre, brochas cepillos y otros implementos, siendo muy recomendable en acabados aparentes o en donde se requiera de una determinada rugosidad, como por ejemplo en canales y tuberías.

Se le puede dar al concreto lanzado una terminación

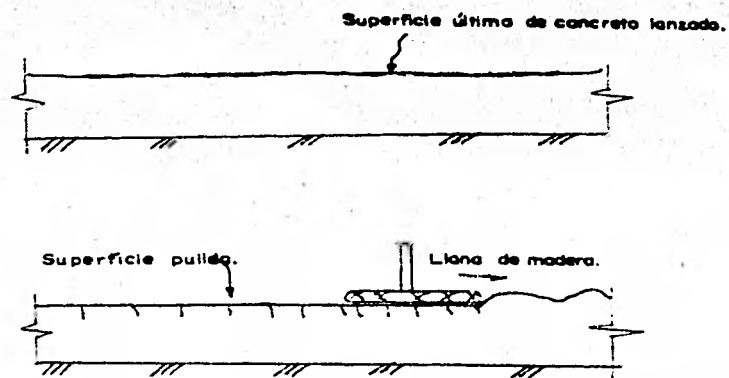


Figura N^o V-23. Última capa de concreto lanzado.

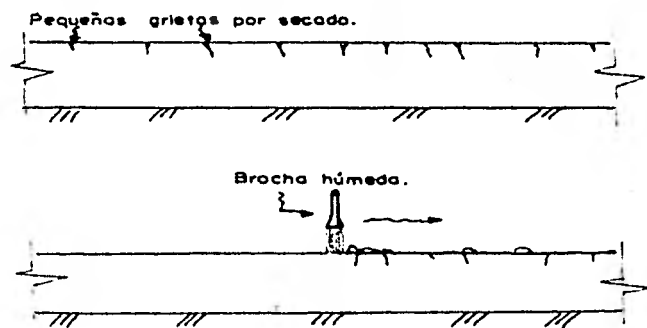


Figura N^o V-24. Cepillado de la superficie.

de color, aplicada por medio de una capa relámpago, quedando un espesor de aproximadamente tres milímetros de color; sin embargo, si el trabajo de aplicación no termina en una sola operación, al reanudarlo aparecerá una junta en donde variará la intensidad del color, siendo ésta inevitable. Para es coger el tono de color deseado, se pueden emplear los materiales tratados con anterioridad. La habilidad del operador de boquilla para realizar este trabajo es fundamental.

El curado del concreto lanzado

Como en cualquier concreto, la resistencia se puede alcanzar más fácilmente si se efectúa un curado apropiado.

Cuando el concreto lanzado se emplea en el revestimiento de alguna superficie, el curado puede ser mínimo; en cambio, si se utiliza para formar estructuras de sostén, será necesario curarlo durante varios días y moderadamente, puesto que 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; ahora bien, si el medio ambiente contiene una humedad aproximada del 85% o se aplica el concreto sobre una roca húmeda, no se necesitará el curado del concreto.

Al colocar concreto lanzado sobre suelo, se deberá curar durante tres días y protegerlo de los rayos solares al mismo tiempo.

Se puede aplicar una membrana de curado, teniendo un rendimiento de $3.5 \text{ m}^2/\text{lt}$. Hay que procurar que al ponerlo no exista material de rebote, sobre todo si se emplean métodos neumáticos para colocar la membrana.

Otra forma de curar el concreto lanzado, sería aplicar una capa de arena húmeda o material de rebote, obteniendo resultados similares a los anteriores.

Otras consideraciones

Cuando se colocó 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 volando 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 intemperie será necesario proteger la superficie de estos elementos. Por otro lado, también se tendrá que proteger de 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.

Al estar colocando el concreto lanzado se origina

gran cantidad de polvo de cemento, por lo que es indispensable proteger la maquinaria que se encuentre cerca de la zona de trabajo y evitar problemas en ellas.

Control de calidad del concreto lanzado

Al igual que en el concreto tradicional, se necesita comprobar que los índices de resistencia especificados en el proyecto se cumplan, con el propósito de que el concreto lanzado sea aceptado.

Una vez endurecido el concreto, puede controlarse: su resistencia a la compresión, a la tensión, su adherencia su absorción, su permeabilidad y su resistencia a los ácidos, mediante pruebas especiales.

Debido a que el concreto lanzado presenta problemas y formas de colocación diferentes al concreto tradicional, es necesario variar los procedimientos de las pruebas, con la finalidad de que éstas sean representativas.

Resistencia a la compresión

Para poder comprobar la resistencia a la compresión en el concreto tradicional, se pueden tomar muestras de concreto fresco, en moldes cilíndricos, con relación de esbeltez igual a dos, los cuales se curan, se dejan endurecer y son probados a la compresión a diferentes edades. (Ver figu-

ra V-25) En caso de querer comprobar esta resistencia en concreto endurecido, se tendrá que cortar corazones y después probarlos a compresión.

En el concreto lanzado, no es posible tomar muestras del concreto fresco en los moldes cilíndricos normales, ya que el sistema de elaboración del concreto es diferente y no sería representativo. Por esta razón sólo queda la posibilidad de cortar cilindros o cubos de concreto lanzado en el elemento de trabajo o de muestras representativas. La primera posibilidad no es aconsejable, ya que una de las cualidades del concreto lanzado es precisamente su continuidad, pudiendo crearse zonas de falla. Lo más recomendable es hacer tableros de prueba, colocados en el área de trabajo y sobre ellos se lanza el concreto, obteniendo fácilmente el elemento de prueba.

Los tableros de prueba se hacen de manera de 2 cm de espesor y de 60 x 60 cm y se protegen con un pedazo de plástico.

Las muestras se obtienen cortando con una sierra de diamante la parte central del tablero, en secciones 8 x 3 x 3 cm, se cabecean con azufre y pueden ser probados a compresión.

Otro procedimiento que da buenos resultados, es el de formar en el tablero de prueba, divisiones de malla lige-

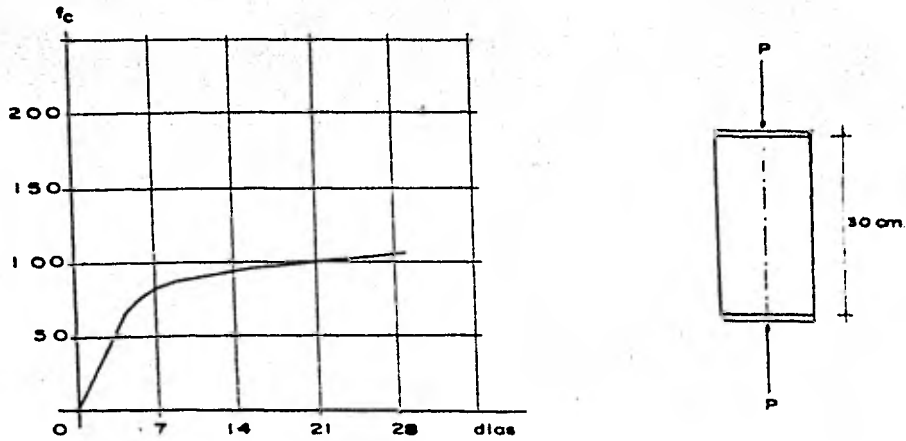


Figura N°V-25 . Prueba de la resistencia a la compresión .

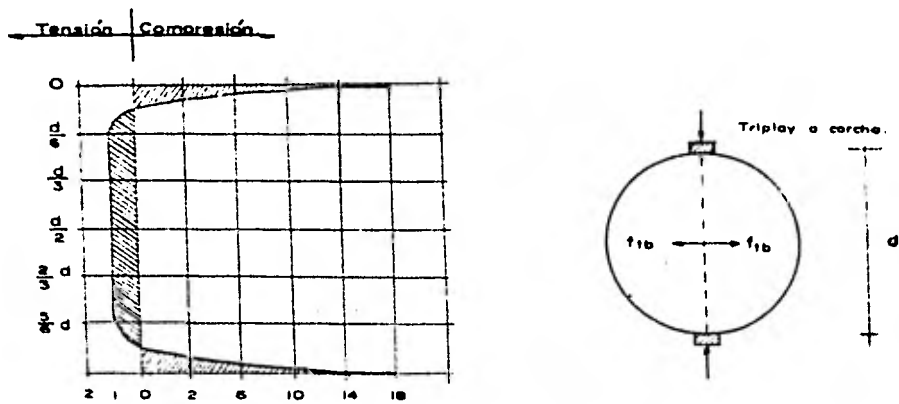


Figura N°V-26 . Prueba de tensión indirecta (Brasileña) .

ra para formar canastillas de base cuadrada, las que deben ser cuando menos de 60 cm de lado (o de 90 x 60 cm), debiendo lanzarse concreto hasta un espesor mínimo de 5 cm. Se procede a cortar corazones cilíndricos de 5 cm de diámetro y 10 cm de altura.

Generalmente se utilizan cubos en vez de cilindros, los primeros tendrán un 15% de mayor resistencia en relación a cilindros del mismo concreto con una relación H/d igual a dos.

La resistencia a la ruptura por compresión de un cilindro de pruebas de concreto lanzado, excede a los 715 Kg/cm². Estos valores son elevados en relación al concreto adicional, pero son producto del alto grado de compactación, al gran contenido de cemento y la baja relación agua-cemento.

Resistencia a la tensión

Al igual que en el concreto tradicional, no existe una manera sencilla y reproducible para determinar la resistencia a la tensión uniaxial; en estas condiciones el concreto se muestra frágil, además, es necesario que la sección transversal varíe gradualmente, con el propósito de evitar fallas prematuras, producto de la concentración de esfuerzos. Esta prueba consiste en hacer que un espécimen, de sección rectangular variable a todo lo largo, sea fijado a la máquina de ensaye, utilizando para ello dos placas pegadas con re

sinas a la probeta y de esta forma atornillarla a la máquina. Acto seguido, se le somete a la acción de fuerzas de tensión, hasta producir la falla. Este procedimiento, además de ser muy laborioso, no es muy representativo ni recomendable.

Existe una prueba indirecta para comprobar la resistencia a la tensión y se llama "Prueba Brasileña", la cual consiste en someter a un cilindro de prueba a la acción de una compresión lineal diametral. (Ver figura V-26) La carga se aplica a través de un material suave, como el triplay o corcho. La resistencia se calcula con la fórmula siguiente:

$$(f_t)_{\text{máx}} = \frac{2 P}{3.1416 dL}$$

en donde:

P = carga máxima.

d = diámetro del espécimen.

L = longitud del espécimen.

El conocimiento de la resistencia a la tensión del concreto es importante, en donde los diseños se rigen por efectos de tensión diagonal o donde predomine ésta.

Los resultados del concreto lanzado a la prueba brasileña varía entre el 8 y el 12% de la resistencia a la compresión simple.

Resistencia a la flexión

El concreto lanzado puede utilizarse en aplicaciones tales como en pavimentos de concreto, en donde es necesario determinar su resistencia a la flexión. Esta prueba consiste en elaborar un prisma de 20 cm de largo, el cual se sujetará a la acción de una o dos cargas concentradas, la falla será brusca y con una grieta única que fracturará al espécimen. El esfuerzo teórico de tensión en la fibra inferior, correspondiente al de ruptura, se calcula mediante la siguiente expresión, basada en la teoría elástica:

$$f_r = \frac{M c}{I}$$

en donde:

f_r = 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 oscilan en un 14% de la resistencia a la compresión simple..

La prueba de la adherencia

Esta prueba es muy peculiar en el concreto lanzado, ya que siendo una de sus principales cualidades, será de su-

ma importancia sobre todo cuando se le utiliza en el revestido de túneles, reparación de muros marítimos o en recubrimientos resistentes a la abrasión, en donde la base es de principal importancia.

Más que una prueba es una demostración, ya que consiste en jalar una sección rectangular de acero, la que se encuentra recubierta por concreto lanzado, de 10 días de colocado, hasta que se desprenda de la pared a la cual está adherida. La falla debe ocurrir entre la placa y el concreto lanzado, y quedar la base sin desprenderse, para poder demostrar la adherencia de la base. La ruptura es registrada por un tensómetro que se encuentra unido al cable de un malacate, con el que se aplica la fuerza de tensión. La lectura del aparato debe ser mayor a los 10 Kg/cm^2 , para que el valor de la adherencia sea aceptable.

Prueba de la absorción

Consiste en determinar el porcentaje de agua que puede absorber un espécimen de concreto lanzado en inmersión simple. Los valores aceptables son de un 6 a un 10%. El tamaño de la probeta es similar al de la compresión.

Prueba de la permeabilidad

Otra de las cualidades importantes del concreto lanzado es su impermeabilidad; sin embargo, será necesario com-

probar esos valores, sobre todo cuando se le utiliza en tanques de almacenamiento de agua u otros líquidos.

La prueba consiste en colocar una muestra de concreto lanzado de 5 cm de espesor, en un recipiente, el cual está lleno de agua por la parte superior, para proceder a aumentar la presión hidrostática con la ayuda de una bomba. Los resultados deben rebasar los 7 Kg/cm^2 , sin presentar filtraciones. Se debe juntar al concreto con algún plastómetro. (Ver figura V-27)

Prueba de resistencia a los ácidos

Esta prueba determina la resistencia del concreto lanzado a la acción de los ácidos.

Se prueban varias muestras de concreto, en recipientes que contienen diversas concentraciones de ácidos, a un plazo determinado. Los resultados que se obtienen son mayores que los del concreto tradicional, esto se debe principalmente al mayor grado de compactación que tiene el concreto lanzado, además de su alto contenido de cemento; por otro lado, si éste es aluminoso o resistente a los sulfatos, su resistencia a la acción de los ácidos se incrementará.

Usos más comunes del concreto lanzado

Las cualidades que presenta el concreto lanzado, lo

hacen útil en los campos de la construcción y de la reparación de estructuras, compitiendo ventajosamente sobre el concreto convencional en muchas ocasiones.

Para obtener óptimos resultados en la utilización de este tipo de concreto, debe tenerse cuidado en aplicarlo en aquellos lugares en donde pueda demostrar su efectividad; es decir, existen trabajos específicos en los cuales esta técnica es la más recomendable.

Las principales propiedades que tiene el concreto lanzado, que lo diferencian del convencional, son su excelente adherencia con diversos materiales, su impermeabilidad (aun en secciones delgadas), rápido fraguado, economía en cimbra y facilidad de colocación, sobre todo en lugares de difícil acceso.

El concreto lanzado se puede utilizar en:

- a) La construcción de estructuras nuevas.
- b) Recubrimientos de superficies diversas.
- c) Reparación de estructuras dañadas.
- d) Revestidos refractarios o resistentes a la abrasión.

Construcción de estructuras nuevas

El concreto lanzado puede utilizarse como material estructural en losas, en trabes, columnas, tanques preforza-

dos, alberca, canales, alcantarillas, túneles, chimeneas, ti
ros, etc.

En la mayor parte de los casos en donde se utiliza, ofrece ventajas como la de tener facilidad y velocidad en su colocación, alcanza rápidamente su resistencia, es impermeable aún en secciones delgadas, bajo costo de cimbrado, excelente adherencia y bajo costo de mano de obra comparado con su rendimiento.

La mayor efectividad se consigue al aplicarlo en lugares en donde el sistema de cimbrado ofrece dificultades, en caso de utilizarse concreto convencional, ya que regularmente se necesita por lo menos dos caras de cimbra para poder colocarlo, asociándose a ello una lentitud en el avance de la obra. Sin embargo, si se utiliza concreto lanzado, se consigue mayor rapidez en la colocación, ya que casi no necesita cimbra y en algunos lugares como en túneles, albercas, canales, etc., bastará con darle la forma requerida en la ex cavación para poder aplicar el concreto. Se recomienda en secciones curvas, ya que en las partes donde se necesitan aristas la rapidez de colocación disminuirá hasta lograr la geometría deseada.

Cuando se utiliza con acero de refuerzo hay que seguir las recomendaciones del capítulo II; también puede ser utilizado en estructuras postensadas, sobre todo en tanques de almacenamiento, en donde se utiliza un forro cilíndrico,

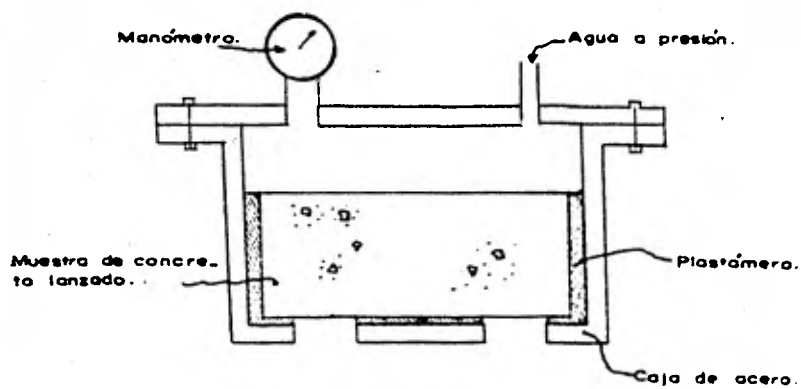


Figura N° 27. Prueba de la permeabilidad .

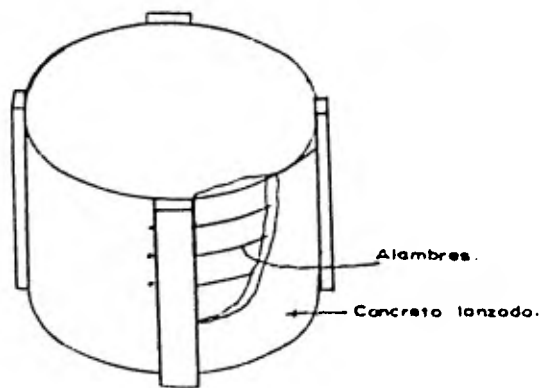


Figura N° V-28 . Construcción de tanques de almacenamiento, utilizando concreto lanzado y postentados .

el cual es colocado entre formas y se presfuerza con alambres enrollados a él, después de recubre por el exterior con una capa de concreto lanzado. (Ver figura V-28) Se tiene que utilizar alambre en lugar de barras o torones, ya que éstas presentan dificultad en la colocación del concreto; de esta manera puede emplearse en chimeneas, voladizos, muros, trabes, etc.

Recubrimientos de superficies diversas

En este campo es donde el concreto lanzado tiene mayor aplicación, esto se debe a su adherencia y a su resistencia a la abrasión y mecánica, además de su facilidad para sellar grietas y moldearse sobre cualquier forma.

El uso del concreto lanzado es ideal en túneles, lumbreras, tiros y alcantarillas, pero depende de una buena colocación para eliminar los rebotes. En el revestido de túneles es donde mayor aplicación tiene, ya que puede quedar como soporte temporal o definitivo, todo esto dependiendo del diseño. Se puede aplicar en túneles de roca dura para impedir el flujo de agua al túnel y para evitar que el aire y el vapor de agua penetren por las fisuras rellenas de arcilla, provocando el hinchamiento de ésta, propiciando el desprendimiento de la roca. Por otro lado, forma un arco de soporte en paredes y techo contra cualquier movimiento. Estas cualidades lo hacen un elemento muy útil, sobre todo cuando se

quiere un incremento y limpieza en la velocidad del trabajo.

Cuando se coloca en túneles de roca suave, se puede montar la maquinaria detrás del escudo o de otra máquina excavadora, revistiendo el túnel conforme se avanza. Permite trabajos más limpios, sobre todo en zonas lodosas. Estructuralmente se produce un efecto de cascarón, además de ligar y anclar el terreno. Su flexibilidad lo hace acomodarse sobre las deformaciones locales del terreno, provocando una redistribución de cargas. Por otro lado, se puede utilizar acero de refuerzo para aumentar su resistencia mecánica, de acuerdo a los requerimientos de estabilidad del suelo.

Las proporciones de las mezclas, generalmente tienen gran cantidad de agregados gruesos 40%, con tamaño máximo de 25 mm. La cantidad de cemento varía de 300 a 350 Kg/cm³ para proporciones de cemento-arena 1:4 en peso.

Todas las ventajas que ofrece el concreto lanzado en su utilización en túneles, pueden incrementarse con la utilización de acelerantes de fraguado.

Otro uso del concreto lanzado, se encuentra en la estabilización del suelo, tanto en terrenos deleznablees como en taludes y terraplenes en peligro de falla. En el primer caso, cuando se efectúa una excavación con un suelo compuesto por grava, arcilla, yeso pizarra, puede sellarse cubriendo la cara expuesta con una capa delgada de concreto lanzado.

Esto impedirá que se desprenda el material y caiga a la excavación, provocando múltiples inconveniente. Se puede reforzar este recubrimiento con metal desplegado o tela de gallinero, dependiendo de las condiciones de cada caso en especial.

Es utilizable en terraplenes y taludes en peligro de falla o de desprendimientos de terreno originados por la acción del agua. Cuando el problema sea superficial, se procede de la manera siguiente: se limpia el terreno hasta llegar al material sano y se aplica una capa delgada de concreto lanzado en las paredes y pisos del terreno, con el propósito de evitar desprendimientos. En caso necesario, colocar un refuerzo de malla de acero anclado al terreno. (Ver figura V-29)

Cuando el problema es una falla interna, se debe inyectar anclas con mortero hasta llegar al cuerpo de la montaña. Se conectan a una malla de acero que recubrirá la superficie, se debe colocar un sistema de drenaje, a diferentes niveles para evitar empujes de agua contra el muro, posteriormente se recubre con concreto lanzado, obteniéndose un terreno impermeable y unido a la montaña.

Finalmente, el concreto lanzado se puede utilizar para dar un terminado distinto a bardas y muros de diferentes materiales.

Reparación de estructuras dañadas

Otra utilización del concreto lanzado, consiste en la reparación de estructuras dañadas por la acción de agentes externos y que de esta forma pueden funcionar satisfactoriamente durante otro largo tiempo. El costo de este tipo de reparaciones es mucho menor que el de cualquier otro procedimiento.

Se pueden reparar estructuras de concreto, acero o de mamposterías, que se encuentran dañadas por diferentes causas, tales como fuego, agua, erosión, sismos, etc. Las reparaciones pueden ir desde un revestido simple hasta el añadir acero para restablecer las condiciones originales del diseño.

Frecuentemente las estructuras de concreto se deterioran como resultado de la oxidación de su acero, por el desprendimiento de la capa de recubrimiento. Esto ocurre generalmente en estructuras antiguas, en donde el espesor del recubrimiento era escaso, lo que permitía la entrada del agua por pequeñas fisuras superficiales, hasta provocar la oxidación de su acero, ocurriendo muy frecuentemente en lugares cercanos al mar o en zonas industriales.

La reparación de ese tipo de daños consiste en quitar todo aquel concreto que muestre fisuramiento; el acero que se descubra se tendrá que revisar con mucho cuidado, pa-

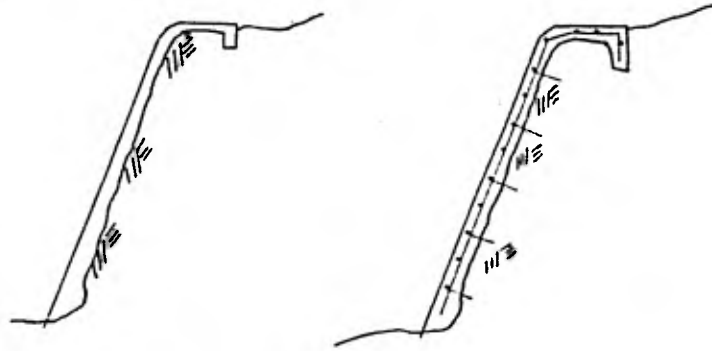


Figura N^o V-29. Utilización del concreto lanzado en el revestido de taludes.

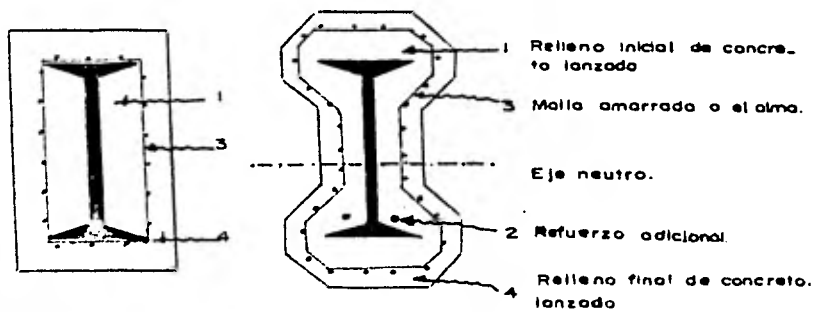


Figura N^o V-30. Reparación en vigas de acero, empleando concreto lanzado.

ra poder evaluar el grado de deterioro que tenga. Si solamente es una corrosión leve, será suficiente colocar una capa de concreto lanzado sobre la zona por reparar; en caso contrario, cuando la corrosión es grave, tendrá que colocarse acero adicional en el lugar dañado, respetando su respectiva longitud de traslape. En caso de poder utilizar el mismo acero de refuerzo, habrá que limpiarlo perfectamente, para eliminar el óxido de la parte posterior y poder garantizar la adherencia del concreto lanzado. Cuando se agregue acero de refuerzo, hay que cuidar de no poner a la sección fuera de equilibrio.

En caso de que una estructura de acero se haya vuelto defectuosa por efecto de la corrosión o el desgaste, se puede reparar con concreto lanzado. Primero hay que determinar la cantidad de acero que se ha dañado, para poder agregar el acero donde sea necesario. En caso de tratarse de una columna de acero, se puede recubrir con una malla o con metal desplegado, para que el concreto lanzado se pueda adherir correctamente, esta reparación puede ser de contorno o rellenando por completo la sección.

La reparación en vigas de acero presenta mayores problemas que las columnas, ya que será necesario tomar medidas diferentes tanto en los patines como en el alma, sobre todo en aquellos lugares en donde se concentran los esfuerzos. El acero que se agregue deberá compensar el acero que se per

dió por efecto de la oxidación y el peso adicional dado por el recubrimiento de concreto lanzado; esto es con el fin de mantener el eje neutro en su posición original. (Ver figura V-30) Es recomendable limpiar el acero de la viga antes de aplicar el concreto lanzado; esto puede conseguirse si se efectúa el trabajo con un chiflón de arena, cepillo de alambre y un martillo. Cuando se coloca el concreto, se deben evitar las uniones en ángulo, para impedir un posible agrietamiento y consecuentemente una vía de agua que seguirá deteriorando nuestra viga de acero.

Otra utilización práctica del concreto lanzado se encuentra en la reparación de estructuras dañadas por el fuego, dando por resultado un trabajo rápido y de excelente calidad.

Para poder aplicarlo, hay que conocer el daño que ha sufrido el elemento estructural; esto puede lograrse si se toma en cuenta que a temperaturas mayores de 300°C el concreto comienza a tener daños superficiales, tales como el agrietamiento y desprendimientos; su coloración es rosada, pero cuando la temperatura es mayor, cambia a un color grisáceo, hasta que el concreto se calcina y pierde su resistencia. El acero comienza a perder su resistencia a temperaturas superiores a 450°C . (Ver figura V-31)

Una vez comprobado que el concreto ha sufrido daño y que no afecta sus posibilidades de seguir trabajando, habrá

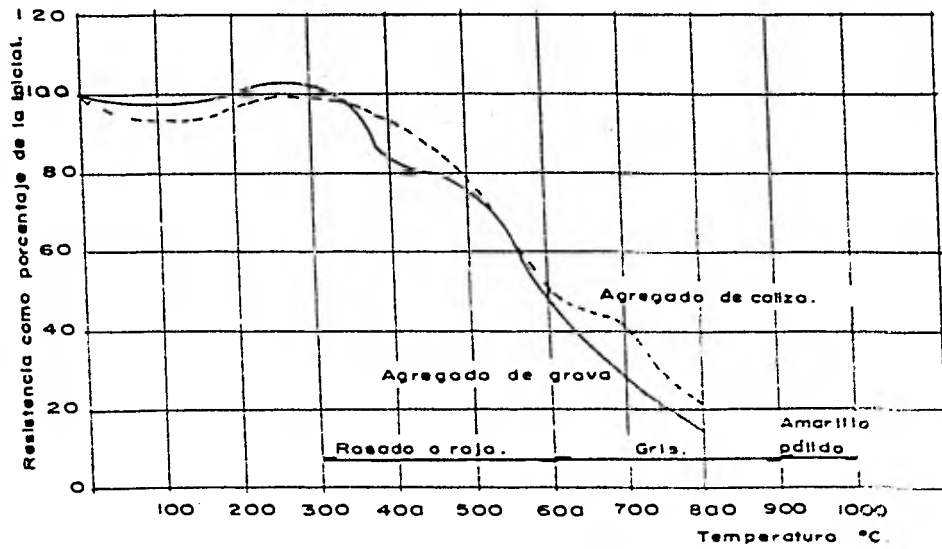


Figura N° 31.- Pérdida de la resistencia del concreto después de calentarse a diferentes temperaturas.

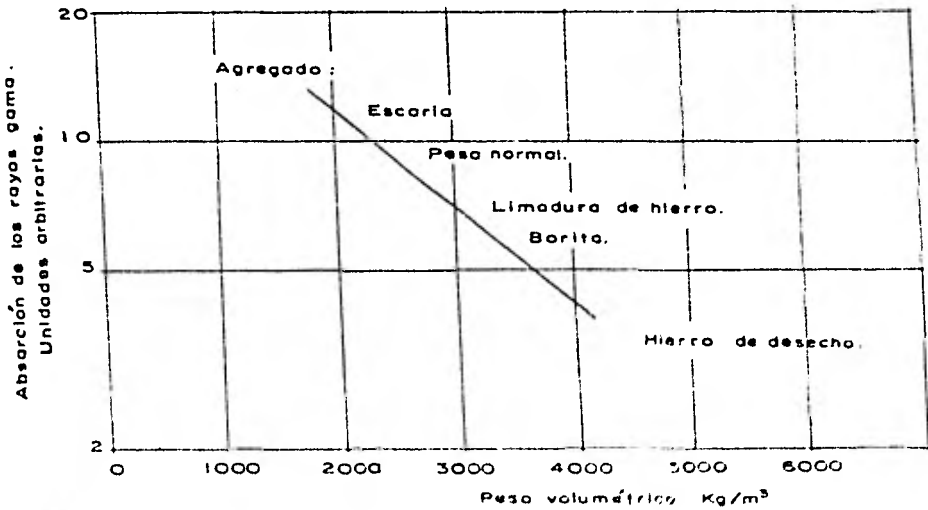


Figura N° 32.- Relación entre la absorción de rayos gama y el peso volumétrico del concreto.

necesidad de quitar las zonas dañadas por el fuego, hasta aproximadamente 12 mm abajo de la capa de coloración rosada, antes de comenzar a colocar el concreto. Es indispensable añadir acero adicional a la región afectada por el fuego, cuando se comprueba que el original ha sufrido algún daño.

En caso de que el elemento tenga un daño tan importante, que sea necesario hacer un corte, será preciso apuntalar apropiadamente la estructura, con el propósito de evitar algún derrumbe. Por otro lado, hay que poner especial atención en lograr que en aquellos lugares donde la concentración de acero es muy grande, el concreto llegue y lo recubra apropiadamente.

Se han logrado trabajos satisfactorios en edificios que han sufrido los efectos de un incendio, al recubrir temporalmente la estructura, estabilizando amplias zonas que se encuentran dañadas. Ahora bien, es imprescindible que el trabajo sea realizado por personal muy experimentado para evitar los recubrimientos falsos.

Concreto lanzado ligero y pesado

En las siguientes líneas, se tratarán los tópicos relacionados con los pesos volumétricos del concreto lanzado y los usos que pueden llegar a tener.

El peso volumétrico normal del concreto lanzado va-

ría de los 2,200 a los 2,600 Kg/m³.

El concreto lanzado ligero tiene mucha popularidad en la construcción de techos o edificios, sobre todo si son de forma irregular, como aislante acústico y como protector contra el ataque del fuego.

Los pesos volumétricos del concreto lanzado varían de 1,500 Kg/m³ a 2,000 Kg/m³, alcanzando resistencias mínimas de 210 Kg/cm² a los veintiocho días, dependiendo principalmente del agregado utilizado.

Los materiales más recomendados son las pizarras, los esquistos y las arcillas expansivas, los cuales tienen un peso volumétrico del orden de 650 a 900 Kg/m³, teniendo una resistencia más alta que la de otro tipo de agregado, por lo que se puede trabajar estructuralmente.

Otros agregados como la dolomita, la piedra pómez, las cenizas volcánicas y las tufas, no se recomiendan como aligerantes por su exceso de angularidad, fragilidad y porosidad.

Existen aligerantes que por tener una baja resistencia a la compresión, no se les puede considerar para fines estructurales, por lo que sólo se les utilizará para fines aislantes, tanto acústico como refractario; siendo los más comunes la perlita (con peso volumétrico de 30 a 240 Kg/m³) y la vermiculita (de 60 a 130 Kg/m³); la primera seca con ra

pidez y la segunda es un mejor aislante del calor.

Los agregados ligeros requieren un manejo más cuidadoso, tanto en la mezcladora como en la lanzadora, debiendo utilizarse velocidades lentas y presiones bajas, para no alterar la granulometría del material al triturarse las partículas por causa del movimiento.

El agregado ligero sólo puede utilizarse en el concreto lanzado tipo mezcla seca, siendo necesario humedecerlo previamente al mezclado con el cemento, con el fin de impedir que absorba demasiada agua al momento de pasar por la boquilla. Algunos materiales aumentan su volumen original hasta en un 30% cuando se saturan de agua, por lo que es más recomendable su dosificación por peso que por volumen.

El concreto lanzado pesado es el que está formado con materiales de alta densidad específica y que es utilizado generalmente en blindajes contra la radiación, por lo que es muy popular en laboratorios de rayos X, donde se trabaja con isótopos, en reactores atómicos y en donde el peso específico rige en los diseños de elementos estructurales tales como en escolleras, diques, muelles, etc.

Uno de los agregados más comunes para ser utilizado en blindajes contra la radiación, tanto por sus propiedades de absorción de rayos gama, como por su alto peso volumétrico, es el sulfato de bario (barita) según se muestra en la

figura V-32. Este material se encuentra abundantemente en la naturaleza, su peso específico es de 4.1 ton/m^3 , no es muy resistente al intemperismo, pero el peso volumétrico que se obtiene es superior a 3.7 ton/m^3 y resistencias mayores a 429 Kg/cm^2 ,

Otros agregados que se pueden emplear para aumentar el peso volumétrico del concreto lanzado son: la limadura de fierro, el ferrofósforo, el plomo, la munición de acero; siendo esta última la que mayor peso volumétrico produce (5.50 ton/m^3), pero su costo es hasta seis veces más alto que los de otros agregados.

Todos los agregados de tipo pesado aumentan el desgaste de la maquinaria, por lo que su empleo continuo no se recomienda, ya que se incrementan demasiado los costos tanto del concreto lanzado, como los de mantenimiento del equipo.

Se realizó una encuesta a nivel de licenciatura en escuelas, secretarías, compañías y particulares, para determinar el nivel de información que se tiene sobre el concreto lanzado.

La muestra que se tomó fue de 60 ingenieros civiles, obteniéndose los siguientes resultados:

· Sabían de su existencia, 53 elementos, represen-

tando el 88.3% del total.

- Que se empleaba aire comprimido para su producción y que se utilizaba en el revestido de túneles, solamente 17 elementos, representando un 28.3% del total.
- Solamente cuatro ingenieros sabían todo lo relacionado con el tema en cuestión, además de emplearlo satisfactoriamente, representando 6.6% del total.

De todo lo anterior se deduce que la primera hipótesis de trabajo es positiva.

CAPITULO VI

COSTO DIRECTO DEL CONCRETO LANZADO

Después de haber explicado cómo funciona cada uno de los elementos que constituyen el procedimiento del concreto lanzado, se puede decir que solamente la lanzadora de concreto es parte exclusiva del sistema y que los elementos restantes se han tomado de otros métodos; pero que, trabajando armónicamente producirán un concreto económico y de buena calidad que puede resolver muchos problemas de la construcción. Ahora bien, el costo directo del concreto elaborado dependerá principalmente de la dificultad en la colocación, así como del volumen mínimo que se requiera, ya que se puede escoger desde un sistema de lanzado tradicional, hasta uno operado a control remoto, en donde variarán notablemente los costos horarios y los rendimientos de cada equipo.

Para poder comprender de una manera más clara lo expuesto a lo largo del texto, se procederá a determinar el costo directo del concreto lanzado en diferentes circunstancias, haciendo además una comparación con otros métodos tradicionales.

El primer ejemplo consiste en la colocación de concreto lanzado a base de arena (gunita) o mortero, en donde se comparará su costo contra el método tradicional a base de mano de obra.

En el segundo ejemplo, se determinará el costo de colocación del concreto lanzado (Shotcrete) comparando su costo directo contra el método a base de concreto hecho en obra.

En los presentes análisis única y exclusivamente se considerarán los costos unitarios por unidad de medida, quedando pendientes los conceptos de costos indirectos y el porcentaje de utilidad, ya que estos dos términos son variables y dependen del volumen de la obra, tamaño y política de cada empresa, siendo necesario un estudio particular para cada caso.

Como en todo análisis de costos, primeramente se determinarán los salarios reales del personal que interviene en cada concepto, así como los costos horarios directos del equipo que es necesario emplear.

TABLA DE FACTOR DE SALARIO REAL

CONCEPTO	FECHAS		
INICIO	1° DE ENERO DE 1980		
TERMINACION	31 DE DICIEMBRE DE 1980		
CONCEPTO	DETALLE	DIAS NO TRABAJADOS	FACTOR SALARIO REAL
Domingos	Enero	4	
	Febrero	4	
	Marzo	5	
	Abril	4	
	Mayo	4	
	Junio	5	
	Julio	4	
	Agosto	5	
	Septiembre	4	
	Octubre	4	
	Noviembre	5	
	Diciembre	4	
	Suma	52	
Cada 6 años	1° diciembre		1/6
Festivos	1° enero		
	5 febrero		
	21 marzo		
	1° mayo		
	16 septiembre		
	20 noviembre		
	25 diciembre		
	Suma 7 días		7
Costumbre	3 mayo		
	3 abril		
	4 abril		
	1° noviembre		
	12 diciembre		
	Suma 5		5
Vacaciones	6 días al año		6
No. 1 tiempo	4 días		4
SUMA			74.16
Factor Salario Real	365		
	<u>365-74.16</u>		1.2549

TABLA DE SALARIO REAL

Categoría	Salario Base	Sobre SDB		Sobre SDB + PV + Aguinaldo					Suma Total	FSR	Salario Integrado
		Prima Vocacional 0.41%	Aguinaldo 4.11%	Suma	IMSS Cuota Patronal	ISRP 1%	IMSS Guarderías 1%	INFONAVIT 5%			
Peón	163.00	0.67	6.70	170.37	33.54	1.70	1.63	8.15	215.39	1.2549	270.29
Of. Albañil	238.00	0.97	9.78	248.75	39.64	2.48	2.38	11.90	305.15	1.2549	382.93
Cabo	197.00	0.80	8.09	205.89	32.81	2.05	1.97	9.85	252.57	1.2549	316.95
Oper. Chiflón	205.00	0.84	8.42	214.26	34.14	2.14	2.05	10.25	262.84	1.2549	329.83
O. Mezcladora	280.00	1.15	11.50	292.65	46.64	2.92	2.80	14.00	359.01	1.2549	450.52
O. Lanzadora	340.00	1.39	13.97	355.36	56.63	3.55	3.40	17.00	435.94	1.2549	547.06
O. Boquilla	400.00	1.64	16.44	418.08	66.63	4.18	4.00	20.00	512.89	1.2549	643.62
Sobrestante	533.00	2.19	21.90	557.09	88.78	5.57	5.33	26.65	683.41	1.2549	857.61
O. Carpintero	246.00	1.00	10.11	257.11	40.97	2.57	2.46	12.30	315.41	1.2549	395.80
Ayde. Carp.	174.00	0.71	7.15	181.86	28.98	1.81	1.74	8.70	223.09	1.2549	279.95
O. Compresor	199.00	0.81	8.17	207.98	33.14	2.07	1.99	9.95	255.13	1.2549	320.16

ANALISIS DEL COSTO DE HORA MAQUINA DIRECTO

Máquina: Revolvedora MIMSA

Modelo 11 S: 2 Sacos

Capacidad: 310 litros

Datos adicionales: Motor
de gasolinaDatos Generales

1. Fecha de adquisición: Mayo de 1980
2. Precio de adquisición: \$ 225,500.00
3. Equipo adicional:
4. Llantas: \$ 2,615.00
5. Valor inicial (V_a): \$ 222,885.00
6. Valor de rescate (V_r): 15% = \$ 33,432.75
7. Vida económica (V_e): 3,200 horas
8. Tasa de interés anual (I): 18%
9. Horas por año (H_a): 1,600 hr/año
10. Prima anual seguros (S): 3%
11. Coeficiente almacenaje (K_a): 1.5%
12. Factor de mantenimiento (Q): 60%
13. Motor gasolina de 30 HP
14. Factor operación: 70%
15. Potencia operación: 21 HP

I. Cargos Fijos

- a) Depreciación: $D = (V_a - V_r)/V_e =$
 $(\$222,885 - 33,432.75) \times 3200 \quad \$ \quad 59.20$
- b) Inversión: $I = (V_a + V_r)I/2 H_a =$
 $(222,885 + 33,432.75) \times 0.18 / 3200 \quad \$ \quad 14.41$
- c) Seguros: $S = (V_a + V_r)S/2 H_a =$
 $(256,317.75) \times 0.03 / 3200 \quad \$ \quad 2.40$
- d) Almacenaje: $A = K_a \times D = 0.015 \times \$ 59.20 \quad \$ \quad 0.88$
- e) Mantenimiento: $T = Q \times D = 0.60 \times \$ 59.20 \quad \$ \quad 35.52$

SUMA DE CARGOS FIJOS POR HORA $\$ \quad 112.41$

ANALISIS DEL COSTO DE HORA MAQUINA DIRECTO

Máquina: Revolvedora MIMSA

Modelo 6 S: 1 saco

Capacidad: 170 litros

Datos adicionales: Motor
de gasolinaDatos Generales

1. Fecha de adquisición: Mayo de 1980
2. Precio de adquisición: \$ 64,600.00
3. Equipo adicional:
4. Llantas: \$ 2,160.00
5. Valor inicial (V_a): \$ 62,440.00
6. Valor rescate (V_r): \$ 9,366.00
7. Vida económica (V_e): 3200 horas
8. Tasa interés anual (I): 18%
9. Horas por año: 1,600 horas
10. Prima anual seguros (S): 3%
11. Coeficiente almacenaje (K_a): 1.5%
12. Factor de mantenimiento (Q): 60%
13. Motor gasolina de 12 HP
14. Factor operación: 70%
15. Potencia operación: 8.4 HP

I. Cargos fijos

a) Depreciación:	$D = (V_a - V_r) / V_e =$ $(62,440 - 9,366) / 3200 =$	\$ 16.58
b) Inversión:	$I = (V_a + V_r) I / 2 Ha =$ $(62,440 + 9,366) 0.18 / 3200 =$	4.04
c) Seguros:	$S = (V_a + V_r) S / 2 Ha =$ $(71,806) 0.03 / 3200 =$	0.67
d) Almacenaje:	$A = K_a \times D = 0.015 \times 16.58$	0.24
e) Mantenimiento:	$T = Q \times D = 0.60 \times 16.58$	9.94

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 31.47

II. Cargos por Consumo

a) Combustible: $E = C \times P_c$

Diesel: $E = 0.1514 \times H.P_{ap} \times \$ \quad /hr$

Gasolina: $E = 0.2271 \times 8.4 H.P_{ap} \times \$ 3.00/hr \quad \$ \quad 5.72$

b) Otras fuentes de energía $E = 0.746 \times 1$

$H.P_{ap} \times \$ \quad /hr$

c) Lubricantes $l = a \times PL$

Capacidad carter $C = 2 \text{ hr}$ Cambios aceite $t = 100$
hr

$a = C/t + 0.0035$
 $0.0030 \times 8.4 H.P_{ap} = 0.0452 \text{ Hs/hr}$

$L = 0.0452 \text{ lt/hr} \times \$ 32.00/\text{lt} \quad \$ \quad 1.44$

d) Llantas $Ll = \frac{V_{ll} \text{ (Valor llantas)}}{H_v \text{ (Vida eco. en hrs)}} = \frac{2160.00}{3200} \quad \$ \quad 0.67$

e) Otros consumos

SUMA CARGOS CONSUMO POR HORA $\$ \quad 7.83$

III. Cargo por operación

Operador $\$ 453.39$
\$
\$

Salario/turno prom. $S_o = 453.39$

Horas/turno prom. $H = 8 \text{ hr} \times 0.80 = 6.4$
hr

Operación $O = S_o/H = \$453.39/6.4 \quad \$ \quad 70.84$

SUMA CARGOS OPERACION POR HORA $\$ \quad 70.84$

COSTO HORA MAQUINA DIRECTO $\$ \quad 110.14$

II. Cargos por Consumo

a) Combustible: $E = C \times P_c$

$$\text{Diesel: } E = 0.1514 \times H.P_{ap} \times \$ \quad /hr$$

$$\text{Gasolina: } E = 0.2271 \times H.P_{ap} \times \$ \quad /hr$$

b) Otras fuentes de energía $0.746 \times$

$$H.P \quad \times \$ \quad /hr$$

c) Lubricantes $L = a \times PL$

$$\text{Capacidad carter } C = 3 \text{ lts Cambios aceite } t = 100 \text{ hr}$$

$$a = C/t + \frac{0.0035}{0.0030} \times H.P_{ap} = 0.03 \text{ lt/hr}$$

$$L = 0.03 \text{ lt/hr} \times \$ 32.00/\text{lt} \quad \$ \quad 0.96$$

$$\text{d) Llantas: } Ll = \frac{V_{ll} (\text{Valor llantas})}{H_v (\text{Vida eco. en hr})} = \frac{4300.00}{4000} = \$ \quad 1.07$$

e) Otros consumos

SUMA CARGOS CONSUMO POR HORA	\$ 2.03
------------------------------	---------

III. Cargo por operación

Operador Lanzador \$ 550.54

\$

\$

Salario/turno prom. $S_o = 550.54$

Horas/turno prom. $H = 8 \text{ hr} \times 0.8 = 6.4 \text{ hr}$

Operación $O = S_o/H = 550.54/6.4 = \$ 86.02$

SUMA CARGOS OPERACION POR HORA	\$ 86.02
--------------------------------	----------

COSTO HORA MAQUINA DIRECTO	\$ 274.25
----------------------------	-----------

II. Cargos por consumo

a) Combustible

Diesel: $E = 0.1514 \text{ HP ap} \times \$ \quad /\text{hr}$

Gasolina: $E = 0.2271 \text{ HP ap} \times \$ \quad /\text{hr}$

b) Otras fuentes de energía:

$E = 0.746 \text{ HP} \times \$ \quad \text{Km/hr}$

c) Lubricantes:

Capacidad carter 2.5 Hs. Cambios aceite $t = 100$
hr

$a = c/t + \frac{0.0035}{0.0030} \times 2.72 \text{ HP ap} = 0.033 \text{ lt/hr}$

$L = 0.033 \text{ lt/hr} \times \$ 32.00 \text{ lt/hr} = \$ 1.06 \quad \$ \quad 1.06$

d) Llantas: $Ll = \frac{V_{11} \text{ (valor llantas)}}{H_v \text{ (vida eco. en hr)}} = \frac{2250.00}{4000} \quad \$ \quad 0.56$

c) Otros consumos

SUMA CARGOS CONSUMO POR HORA \$ 1.62

III. Cargo por operación

Operador: Lanzador \$ 550.54

\$

\$ _____

Salario/turno prom. $S_o = \$ 550.54$

Horas/turno prom. $H = 8 \text{ hr} \times 0.8 = 6.4 \text{ hr efc.}$

Operación $O = S_o/H = \$550.54/6.4 \quad \$ \quad 86.02$

SUMA CARGOS OPERACION POR HORA \$ 86.02

COSTO HORA MAQUINA DIRECTO \$ 201.45

ANALISIS DEL COSTO DE HORA MAQUINA DIRECTO

Máquina: Vibrador/Concreto
MECSA

Modelo M2 - K4: Motor Kohler

Capacidad: 8400 - 9600 VPM

Datos adicionales: Chicote de
1 3/4" x 6 m

Datos Generales

1. Fecha de adquisición: Mayo de 1980
2. Precio de adquisición: \$ 21,360.00
3. Equipo adicional:
4. Llantas:
5. Valor inicial (V_a): \$ 21,360.00
6. Valor rescate (V_r): 15%=3,204.00
7. Vida económica (V_e): 1280 hr
8. Tasa interés anual (I): 18%
9. Horas por año: 1280 hr
10. Prima anual/seguros (S): 3%
11. Coeficiente de almacenaje (K_a): 1.5%
12. Factor de mantenimiento (Q): 85%
13. Motor gasolina de 4 HP
14. Factor de operación: 0.70
15. Potencia de operación: 2.8 HP

I. Cargos Fijos

a) Depreciación:	$D = (V_a - V_r)/V_e =$ $(21,360.00 - 3,204.00)/$ $1280 =$	\$ 14.18
b) Inversión:	$I = (V_a + V_r)I/2 Ha =$ $(21,360 + 3,204) 0.18/2$ $x 1280 =$	\$ 1.72
c) Seguros:	$S = (V_a + V_r)S/2 Ha =$ $(24,564)0.03/2 x 1280 =$	\$ 0.28
d) Almacenaje:	$A = K_a x D = \$14.18 x 0.015$	\$ 0.21
e) Mantenimiento:	$T = Q x D = \$14.18 x 0.85$	\$ 12.05

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 28.44

II. Cargos por Consumo

a) Combustible: $E = C \times Pc$

Diesel: $E = 0.1514 \times \text{HP ap} \times \$ \text{ /hr}$

Gasolina: $E = 0.2271 \times 2.8 \text{ HP ap} \times \$ 3.3/\text{hr} \quad \$ 1.90$

b) Otras fuentes de energía:

$E = 0.746 \times \text{HP ap} \times \$ \text{ /hr}$

c) Lubricantes: $L = a \text{ PL}$

Capacidad carter $C = 1 \text{ lt}$ Cambios aceite: $t = 48 \text{ hr}$

$a = c/t + \frac{0.0035}{0.0030} \times 2.8 \text{ HP ap} = 0.03 \text{ Hs/hr}$

$L = 0.03 \text{ lt/hr} \times \$ 32.00/\text{Hs} \quad \$ 0.96$

d) Llantas: $Ll = \frac{V_{ll} (\text{valor llantas})}{H_v (\text{vida eco. en hr})} =$

e) Otros consumos

SUMA CARGOS CONSUMO POR HORA \$ 2.86

III. Cargo por operación

Operador ayudante \$ 279.95

\$

\$ _____

Salario/turno prom. $S_o = 279.95$

Horas/turno prom. $H = 8 \text{ hr} \times 0.8$ Fact. rendimiento
operación =
6.4 hr

Operación: $O = S_o/H = \$279.95/6.4 \text{ hr} = \quad \$ 43.74$

SUMA CARGOS OPERACION POR HORA \$ 43.74

COSTO HORA MAQUINA DIRECTO \$ 75.98

ANALISIS DEL COSTO DE HORA MAQUINA DIRECTO

Máquina: Compresor Atlas Copro
 Capacidad: 330 PCM

Modelo PTC - OAX - 160:
 Portátil

Datos adicionales: Con
 llantas

Datos Generales

1. Fecha de adquisición: Mayo de 1980
2. Precio de adquisición: \$ 1.045,000.00
3. Equipo adicional:
4. Llantas: \$ 8,611.00
5. Valor inicial (V_a): \$ 1.036,389.00
6. Valor rescate (V_r): 15% = 155,458.35
7. Vida económica (V_e): 6,000 hr
8. Tasa interés anual (I): 18%
9. Horas al año (H_a): 1,200 hr/año
10. Prima anual seguros (S): 3%
11. Coeficiente almacenaje (K_a): 1.5%
12. Factor de mantenimiento (Q): 85%
13. Motor diesel de 140 HP
14. Factor de operación: 75%
15. Potencia operación: 96.93 HP

I. Cargos Fijos

- a) Depreciación: $D = (V_a - V_r) / V_e =$
 $(1'036,389.00 - 155,458.35) /$
 6000 \$ 146.82
- b) Inversión: $I = (V_a + V_r) I / 2 Ha$
 $(1'036,389.00 + 155,458.35)$
 $0.18 / 2400 =$ \$ 89.38
- c) Seguros $S = (V_a + V_r) S / 2 Ha$
 $(1'036,389.00 + 155,458.35)$
 $0.03 / 2400 =$ \$ 14.89
- d) Almacenaje: $A = K_a \times D = 0.015 \times \146.82 2.20
- e) Mantenimiento: $T = Q \times D = 0.85 \times \146.82 \$ 124.79

SUMA CARGOS FIJOS POR HORA \$ 378.08

II. Cargos por consumo

a) Combustible: $E = C \times Pc$

$$\text{Diesel: } E = 0.1514 \times 96.93 \text{ HP} \times \$1.40/\text{hr} \quad \$ 20.54$$

$$\text{Gasolina: } E = 0.2271 \times \text{HP} \times \$ \quad /\text{hr}$$

b) Otras fuentes de energía

c) Lubricantes: $L = a \times PL$

$$\text{Capacidad carter } C = 10 \text{ lts. Cambios aceite } t = 100 \text{ hr}$$

$$a = c/t + \frac{0.0035}{0.0030} \times 96.93 \text{ HP ap} = 0.439 \text{ lt/hr}$$

$$L = 0.439 \text{ lt/hr} = \$ 32.00/\text{lt} \quad \$ 14.05$$

$$\text{d) Llantas } Ll = \frac{V_{11}}{H_V} = \frac{\$ 8,611.00}{3600} \quad \$ 2.39$$

e) Otros consumos

SUMA CARGOS CONSUMO POR HORA \$ 36.98

III. Cargo por operación

$$\text{Operador: Compresoris } \$ 320.16$$

ta

$$\text{Salario/turno prom. } S_o = 320.16$$

$$\text{Horas/turno prom. } H = 8 \text{ hr} \times 0.8 = 6.4 \text{ hr}$$

$$\text{Operación: } O = S_o/H = \$320.16/6.4 = \quad \$ 50.02$$

SUMA CARGOS OPERACION POR HORA \$ 50.02

COSTO HORA MAQUINA DIRECTO \$ 465.08

Gunita - Mortero arena - Cemento - Costo Directo

El presente análisis tratará sobre la obtención del costo directo en la elaboración y colocación de mortero por el método del concreto lanzado (gunita), comparándolo con el método tradicional.

Datos Generales

1. Mortero arena-cemento, con proporción en volumen
1:3
2. Resistencia a la compresión $f'_c =$ Kg/cm²
3. Espesor: 2.0 cm
4. Terminado - Rostreado sobre muro
5. Altura de colocación: 2.50 m
6. Cemento P vol = 1.4 ton/m³ · Pe = 3.1
Arena P vol = 2.65 ton/m³ · Pe = 1.68

a) Método a base de mano de obra (tradicional)

a.1 Materiales

De la tabla VI, se tienen las siguientes cantidades de materiales para preparar un m³ de mortero cemento-arena.

Cemento I	0.450 ton	+	3% de desp.	=	0.463 ton
Arena	0.950 m ³	+	8% de desp.	=	1.0260 m ³
Agua	0.255 m ³	+	30% de desp.	=	0.331 m ³

Costo por m³

Cemento I	0.463 ton	x	\$ 2,500.00/ton	=	\$ 1,157.50/m ³
Arena	1.026 m ³	x	200.00/m ³	=	\$ 205.20/m ³
Agua	0.331 m ³	x	15.00/m ³	=	\$ <u>4.96/m³</u>
			COSTO POR m ³		\$ 1,367.66/m ³

A metro cuadrado

$$1 \text{ ml} \times 1 \text{ ml} \times 0.02 \text{ m} = 0.02 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2}$$

Desperdicio 5%

$$0.02 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \times 1.05 = 0.021 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2}$$

Costo por m²

$$0.021 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \times \$ 1,367.66/\text{m}^3 = \$ 28.72/\text{m}^2$$

a.2 Mano de obra

Mezclado:

1 peón \$ 270.29/turno

Rendimiento 1.5 m³/turno

Costo por m³ de mezclado

$$\$ 270.29/\text{turno} \times 0.666 \text{ turno}/\text{m}^3 = \$ 180.19/\text{m}^3$$

Costo por m² de mezclado

$$0.021 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \times \$ 180.19/\text{m}^3 = \$ 3.78 / \text{m}^2 \qquad \$ 3.78/\text{m}^2$$

Colocación:

1 Oficial albañil \$ 382.93/turno

1 Peón \$ 270.29/turno

\$ 653.22/turno

Rendimiento de la pareja: $14 \text{ m}^2/\text{turno}$

Costo por m^2

$$\$ 653.22/\text{turno} \times 0.0714 \frac{\text{turno}}{\text{m}^2} = \underline{\$ 46.65/\text{m}^2}$$

SUMA $\$ 50.43/\text{m}^2$

Factor maestro: 10% de la mano de obra

Costo por m^2

$$0.10 \times \$ 50.61/\text{m}^2 = \underline{\$ 5.06/\text{m}^2}$$

SUMA $\$ 55.49/\text{m}^2$

a.3 Factor herramienta: 3% de la mano de obra

Costo por m^2

$$0.03 \times \$ 50.43 = \underline{\$ 1.51/\text{m}^2}$$

Resumen

a.1 Materiales	$\$ 28.72/\text{m}^2$
a.2 Mano de Obra	$\$ 55.49/\text{m}^2$
a.3 Herramientas	$\underline{\$ 1.51/\text{m}^2}$
COSTO DIRECTO	$\$ 85.72/\text{m}^2$

b) Método a base de concreto lanzado

b.1 Materiales

Como no existen bases teóricas para diseñar las mezclas, se procederá a determinar las cantidades de materiales en función del proporcionamiento normal y el porcentaje de

rebote previsto.

b.1.2 Proporcionamiento normal

Mortero cemento arena 1:3

Cemento 0.442 ton = 0.321 m³

Arena 0.960 m³

Agua 0.255 m³

b.1.3 Determinación de la cantidad de material que se desperdicia por efecto del rebote

Rebote en superficies verticales 25% del volumen original.

Proporción normal de rebote: 1:10

Determinación por medio de proporciones

Proporción original 1:3 = 4 unidades

Rebote 25% 0.25 x 4 = 1 unidad

Proporción desperdiciada 1:10 = 11 partes de unidad

Lo que podemos plantear:

11 x = 1 Siendo x la cantidad de volumen que se

$x = \frac{1}{11}$ pierde de la mezcla original

x = 0.090

Que aplicado a los materiales de rebote nos queda:

Cemento 1 x 0.09 = 0.090

Arena 10 x 0.09 = 0.909

Cantidades que hay que sumar a la proporción original para que al rebotar nos quede una proporción "in si-

tu" de 1:3

$$\text{Cemento } 1 + 0.090 = 1.090$$

$$\text{Arena } 3 + 0.909 = 3.909$$

Que finalmente es una proporción 1:3.586

Que afectando al proporcionamiento original tenemos

$$\text{Cemento } 0.316 \times 1.09 = 0.344 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena } 0.316 \times 3.909 = 1.235 \text{ m}^3$$

Por otro lado, se puede determinar por medio de los volúmenes absolutos:

Volumen total de la mezcla cemento-arena

$$\text{Cemento } 0.316$$

$$\text{Arena } 0.950$$

$$\text{Agua } \underline{0.255}$$

$$\text{SUMA } 1.521 \text{ m}^3$$

Volumen de rebote 25%

$$0.25 \times 1.521 \text{ m}^3 = 0.380 \text{ m}^3$$

Volumen de una mezcla mortero-arena, 1:10 por m³

$$\text{Cemento } 1 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena } 10 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua } \underline{2.2 \text{ m}^3}$$

$$13.2 \text{ m}^3$$

Que en volumen absoluto

$$\text{Cemento } \frac{400 \times 1}{3.1 \times 1000} = 0.451 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena } \frac{1680 \times 10}{2.65 \times 1000} = 6.339 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua } 2.2 \text{ m}^3 = \frac{2.200 \text{ m}^3}{8.999 \text{ m}^3}$$

De manera que cada m^3 compacto requiere de:

$\frac{13.2}{8.99} = 1.468$ componentes, que se reporten de la manera siguiente:

$$\text{Cemento } \frac{1}{13.2} \times 1.468 = 0.111 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena } \frac{10}{13.2} \times 1.468 = 0.112 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua } \frac{2.2}{13.2} \times 1.468 = \underline{0.244 \text{ m}^3}$$

$$\text{SUMA } \quad \quad \quad 1.467 \text{ m}^3$$

Como el rebote representa un 25% de la mezcla original

$$0.25 \times 1.521 \text{ m}^3 = 0.380 \text{ m}^3$$

Que representa en la proporción 1:10

$$0.380 \text{ m}^3 / 1.467 \text{ m}^3 = 0.259 \quad 25.9\%$$

Quedando finalmente nuestra mezcla:

$$\text{Cemento } 0.111 \text{ m}^3 \times 0.259 = 0.028 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena } 1.112 \text{ m}^3 \times 0.259 = 0.288 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua } 0.244 \text{ m}^3 \times 0.259 = 0.063 \text{ m}^3$$

Sumándolo a la proporción original, tenemos:

$$\text{Cemento } 0.316 \text{ m}^3 + 0.028 \text{ m}^3 = 0.344 \text{ m}^3$$

$$\text{Arena } 0.950 \text{ m}^3 + 0.288 \text{ m}^3 = 1.238 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua } 0.255 \text{ m}^3 + 0.063 \text{ m}^3 = 0.318 \text{ m}^3$$

Que son sustancialmente las mismas cantidades que en el caso anterior.

Afectando por el porcentaje de desperdicio en las maniobras:

$$\text{Cemento } 0.344 \times 1.03 = 0.354 \text{ m}^3 = 0.495 \text{ ton}$$

$$\text{Arena } 1.238 \times 1.08 = 1.337 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua } 0.318 \times 1.30 = 0.413 \text{ m}^3$$

Costo por m^3

$$\text{Cemento } 0.495 \text{ ton} \times \$ 2,500.00 = \$ 1,237.50/\text{m}^3$$

$$\text{Arena } 1.337 \text{ m}^3 \times \$ 200.00 = \$ 267.40/\text{m}^3$$

$$\text{Agua } 0.413 \text{ m}^3 \times \$ 15.00 = \underline{\$ 6.19/\text{m}^3}$$

$$\$ 1,511.09/\text{m}^3$$

Costo por m^2

$$\text{Factor } 0.02 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2}$$

$$0.02 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \times \$ 1,511.09/\text{m}^3 = \underline{\underline{\$ 30.22/\text{m}^2}}$$

COSTO POR MATERIALES: $\$ 30.22/\text{m}^2$

Mano de obra

b.2.1 Dosificación y colocación:

$$1 \text{ Peón cemento } \quad \$ 270.29 = \$ 270.29/\text{turno}$$

$$4 \text{ Peones arena } \quad 270.29 = \$ 1,081.16/\text{turno}$$

$$1 \text{ Op. chiflón } \quad 329.83 = \$ 329.83/\text{turno}$$

$$1 \text{ Op. boquilla } \quad 643.62 = \$ 643.62/\text{turno}$$

$$1 \text{ Sobrestante } \quad 857.61 = \underline{\$ 857.61/\text{turno}}$$

$$\text{SUMA} \quad \$ 3,182.51/\text{turno}$$

Rendimiento promedio con máquina Aliva 240

(Eficiencia: 80%)

$$R_h = 2.00 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0.8 = 1.6 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Rendimiento por turno:

$$R_t = \frac{2.0 \text{ m}^3}{\text{hr}} \times \frac{8 \text{ hr}}{\text{turno}} \times 0.8 = 12.8 \text{ m}^3/\text{turno}$$

Costo por m^3

$$\frac{\$ 3,182.51/\text{turno}}{12.8 \text{ m}^3/\text{turno}} = \$ 248.63/\text{m}^3$$

Costo por m^2

$$0.02 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \times \$ 248.63/\text{m}^3 = \$ 4.97/\text{m}^2$$

Factor rebote 25% (afectó el costo de mano de obra)

$$1.25 \times \$ 4.97/\text{m}^2 = \$ 6.21/\text{m}^2$$

b.2.2 Colocación maestras:

1 Oficial \$ 382.93/turno

1 Peón \$ 270.29/turno

\$ 653.22/turno

Rendimiento 100 pzas/turno

Area de influencia 2.5 $\frac{\text{m}^3}{\text{Pza}}$

Costo por m^2

$$\frac{\$ 653.22/\text{turno}}{100 \text{ pzas/turno} \cdot 2.5 \text{ m}^2/820} = \underline{\underline{\$ 2.61/\text{m}^2}}$$

COSTO POR MANO DE OBRA: \$ 8.82/ m^2

b.3 Herramienta menor

3% de la mano de obra

$$0.03 \times \$ 8.82/m^2 = \$ 0.26/m^2$$

COSTO HERRAMIENTA MENOR: \$ 0.26/m²

b.4 Equipo de Seguridad:

	Anteo- jos	Cas- cos	Mascarillas dobles	Botas H	Guan- tes	Chamarras hule
Sobrestante	1	1	1	1 par	1	1
Op. boquilla	1	1	1	1	1	1
Op. lanzadora	*	1	1	1	1	1
Op. chiflón	*	1	1	1	1	1
Op. Mezcla.	1	1	1	1	1	
Copresorista	1	1		1		
Peones	7	7		7		
TOTAL	11	13	5	13	5	4

*1 pza/día

Anteojos	11 x \$ 130.00 =	\$ 1,430.00
Cascos	13 x \$ 156.00 =	2,028.00
Mascarillas	5 x \$ 310.00 =	1,550.00
Botas hule	13 x \$ 225.50 =	2,931.50
Guantes	5 x \$ 32.00 =	160.00
Chamarras	4 x \$ 430.00 =	<u>1,720.00</u>
		\$ 9,819.50

Duración aproximada: 700 m³

Costo por m³

$$\$ 9,819.50/700 \text{ m}^3 = \$ 14.02$$

Anteojos operador boquilla y chiflón

$$2 \times \$ 130.00 = \$ 260.00/\text{turno}$$

Rendimiento 12.8 m³/turno

Costo por m^3

$$\$ 260.00/12.8 m^3 = \underline{\$ 20.31/m^3}$$

$$\text{SUMA} \quad \$ 34.33/m^3$$

Costo por m^2 , incluyendo rebote 25%

$$0.02 \frac{m^3}{m^2} \times 1.25 \times \$ 34.33/m^3 = \$ 0.85/m^2$$

COSTO EQUIPO DE SEGURIDAD: $\$ 0.85/m^2$

b.5 Maquinaria

Mezcladora MIM 1 Saco	\$ 110.14/hr
Lanzadora Aliva 240	201.45/hr
Compresor A.C. OAX-160	465.08/hr
Bomba para agua, neumática	73.44/hr
Bomba para agua, neumática, reserva	<u>53.49/hr</u>
	\$ 903.60/hr

Rendimiento: $2 m^3/hr$

Costo por m^3

$$\frac{\$ 903.60}{2 m^3 \times 0.8} = \$ 564.75/m^3$$

$$\text{Rebote 25\% } 1.25 \times \$ 564.75 = \underline{141.18/m^3}$$

$$\text{SUMA} \quad \$ 705.93/m^3$$

Costo por m^2

$$0.02 \times \$ 705.93 = \$ 14.11/m^2$$

b.6 Instalaciones

b.6.1 Suministro de agua

Tanque de $5 m^3$ 1 pza x 45,000.00 = \$ 45,000.00

Manguera p/agua alta 3 tra
presión 1/2 x 50' mos x 3,069.33 = 9,208.65

Abrazaderas y conexiones	5%	x 55,208.65 =	<u>2,760.43</u>
		SUMA	\$ 56,969.08

Rendimiento 8,500 m³

Costo por m³

$$\frac{\$ 56,969.08}{8500 \text{ m}^3} = \$ 6.70/\text{m}^3$$

b.6.2 Suministro de aire

Mangueras alta presión de 2 1/2" ø x 50'	2 pzas	x 11,065.25 =	\$ 22,130.50
Manguera alta presión de 1" ø x 50' (chiflón)	2 pzas	x 7,240.20 =	14,480.40
Abrazaderas y conexiones	5%	x 36,610.90 =	<u>1,830.54</u>
		SUMA	\$ 38,441.44

Rendimiento 2000 hr

$$1.6 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \times 2000 \text{ hr} = 3200$$

Costo por m³

$$\frac{\$ 38,441.44}{3200 \text{ m}^3} = \$ 12.01/\text{m}^3$$

b.6.3 Lanzado

1. Manguera alta presión para lanzado de 2 1/2" de ø x 50'	2 pzas	11,915.00 =	\$ 23,830.00
--	--------	-------------	--------------

2. Boquilla p/lan- zado	1 pza	3,497.00 = \$	3,497.00
3. Empaque de neo- preno	2 pzas	4,000.94 =	8,001.88
4. Repartidor de agua o anillo regador	1 pza	1,625.00 =	1,625.00
5. Conexiones y ac cesorios	5%	36,953.88 =	<u>1,847.69</u>
		SUMA	\$ 38,801.57

Rendimiento observado 500 m³

Costo por m³

$$\frac{\$ 38,801.57}{500} = \$ 77.60/\text{m}^3$$

Resumen instalaciones:

1. Suministro agua	\$ 6.70/m ³
2. Suministro aire	\$ 12.01/m ³
3. Lanzado	<u>\$ 77.60/m³</u>
	\$ 96.31/m ³

Costo por m² con 25% de rebote

$$0.02 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2} \times 1.25 \times \$ 96.31/\text{m}^3 = \$ 2.40/\text{m}^2$$

b.7 Resumen General

b.1	Materiales	\$ 30.22/m ²
b.2	Mano de Obra	8.82/m ²
b.3	Herramienta Menor	0.26/m ²
b.4	Equipo de Seguridad	0.85/m ²
b.5	Maquinaria	14.11/m ²
b.6	Instalaciones	<u>2.40/m²</u>
	SUMA	\$ 56.66/m ²

Costo directo de colocación de mortero arena-cemento, proporción 1:3, con un espesor de 0.02 m, por el método del concreto lanzado

Costo directo \$ 56.66/m²

Comparación de ambos métodos

Después de analizar ambos ejemplos se procederá a comparar y criticar los puntos principales de los mismos.

Conceptos	Método A Mano de Obra	Método B C.L. Gunita	Diferencia B - A
Materiales:			
Cemento	0.463 ton	0.495 ton	0.032 ton
Arena	1.026 m ³	1.337 m ³	0.311 m ³
Agua	0.331 m ³	0.413 m ³	0.082 m ²
Costo/m ²	\$ 28.72	\$ 30.22	+ \$ 1.50
Mano de Obra			
Costo/m ²	\$ 55.49	\$ 8.82	- \$ 46.67
Herramienta			
Costo/m ²	\$ 1.51	\$ 0.26	- \$ 1.25
Equipo de Seguridad			
Costo/m ²	-	\$ 0.85	+ \$ 0.85
Maquinaria			
Costo/m ²	-	\$ 14.11	+ \$ 14.11
Instalaciones			
Costo/m ²	-	\$ 2.40	+ \$ 2.40
Costo Directo	\$ 85.72	\$ 56.66	- \$ 29.06

De lo anterior, podemos decir:

1. Costo de Materiales. Su incremento dependerá de la cantidad de rebote y de su proporción, sin embargo, esta última tiene generalmente bajo contenido de cemento; para este caso 1:10. El incremento que pueda sufrir, dentro de ciertos límites, no afectará considerablemente al costo final.
2. Costo de Mano de Obra. Existe una gran disminución en el

segundo método, dado el alto rendimiento del concreto lanzado (Gunita); esta característica nos permite, por ejemplo, agregar un acelerador de fraguado.

3. Costo Herramienta Menor. El costo de la herramienta es considerablemente más bajo que en el método 1, sin embargo, sufre un pequeño incremento con el equipo de seguridad con que es necesario proteger a los operados.
4. Costo Equipo de Seguridad. Considerado en el inciso anterior.
5. El costo de la Maquinaria e Instalaciones es propio del método del concreto lanzado, su costo representa el 32% del Costo Directo, sin embargo, puede incrementarse si no se cuenta con volumen de obra suficiente.
6. Costo Directo. En este ejemplo, el costo del concreto lanzado en su variedad "Gunita", es menor en un 30% que el tradicional, lo que lo posibilita a emplearse en trabajos más difíciles, con la seguridad de que costarán mucho menos que con el otro procedimiento.
7. El volumen mínimo de obra. Uno de los problemas principales del concreto lanzado, para competir en trabajos de edificación, lo constituye su alto costo de inversión, en comparación a los métodos tradicionales, por lo que necesita un volumen mínimo de trabajo, que es-

tará en función del rendimiento máximo de la lanzadora. En nuestro caso:

Volumen diario

$$\frac{2 \text{ m}^3/\text{hr} \times 0.8 \times 8 \text{ hr/turno}}{1.25 \times 0.02 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2}} = 512 \text{ m}^2/\text{turno}$$

Volumen semanal

$$512 \frac{\text{m}^2}{\text{turno}} \times 5.5 \frac{\text{turnos}}{\text{sem}} = 2816 \text{ m}^2/\text{sem}$$

Por esta razón es necesario emplearlo en grandes obras en donde el problema del volumen mínimo no sea determinante, utilizarlo para recubrir, por ejemplo, una sola casa, resultaría absurdo.

Ejemplo 2

Se analizará el costo directo del concreto lanzado empleado para construir un muro de concreto, y será comparado contra el método tradicional. Se incluyen los análisis de la cimbra requerida en cada caso, para poder determinar su influencia en el costo del concreto.

Datos generales

1. Concreto en muros: $f'_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$
2. Agregado máximo: 3/4"
3. Dimensiones: 2.50 m altura, 0.20 m espesor

I. Método tradicional. Concreto hecho en obra

A. Elaboración de concreto

A.1 Materiales

Cemento 0.423 ton + 3% desp. = 0.435 ton

Arena 0.465 m³ + 8% desp. = 0.502 m³

Grava 0.640 m³ + 8% desp. = 0.691 m³

Agua 0.190 m³ + 3% desp. = 0.205 m³

Costo por m³

Cemento 0.435 ton x 1,772.50/ton = \$ 749.28/m³

Arena 0.502 m³ x 200.00/ton = 100.40/m³

Grava 0.691 m³ x 200.00/ton = 138.20/m³

Agua 0.205 m³ x 15.00/ton = 3.07/m³

COSTO MATERIALES

\$ 990.95/m³

A.1 Mano de Obra

1 Peón cemento x 270.29/turno = \$ 270.29

2 Peones arena x 270.29/turno = 540.58

2 Peones grava x 270.29/turno = 540.58

2 Peones artesa x 270.29/turno = 540.58

1 Cabo x 316.95/turno = 316.95

COSTO MANO DE OBRA \$2,208.98/
turno

Rendimiento 18 m³/turno

Eficiencia 74.66%

Costo por m³ $\frac{\$2,208.98/\text{turno}}{18 \text{ m}^3/\text{turno} \times 0.746} = \$ 164.37/\text{m}^3$

COSTO MANO DE OBRA

\$ 164.37/m³

A.3 Herramienta

3% del costo de la mano de obra

$$0.03 \times \$ 164.37/m^3 = \$ 4.93/m^3$$

COSTO POR HERRAMIENTA \$ 4.93/m³**A.4 Equipo**

Revolvedora MIP 6 S \$ 110.14/hr

Jornada de trabajo: 8.0 hr/día

Jornada efectiva: 80%

Tiempo de revoltura: 4 min

Rendimiento por turno: 96 revolturas

Volumen mezclado por revoltura: 0.140 m³Volumen mezclado por turno: 13.44 m³

$$\text{Costo por m}^3: \frac{\$110.14/\text{hr} \times 8}{13.44 \text{ m}^3/\text{turno}} = \$ 65.56/m^3$$

COSTO POR EQUIPO \$ 65.56/m³**B. Colocación****B.1 Materiales**

Desperdicio de concreto 4%

$$0.04 \times \$ 990.95 = \$ 39.63/m^3$$

$$\text{Torre de colado, fig} = \underline{35.11/m^3}$$

$$\text{SUMA } \$ 74.74/m^3$$

COSTO MATERIALES EN COLOCACION \$ 74.74/m³**B.2 Mano de obra**

$$1 \text{ Oficial} \times 382.93/\text{tur} = \$ 382.93/\text{turno}$$

$$4 \text{ Peones} \times 270.29/\text{tur} = \underline{1,081.16/\text{turno}}$$

$$\text{SUMA } \$ 1,464.09/\text{turno}$$

Rendimiento $4 \text{ m}^3/\text{turno}$

$$\text{Costo por m}^3 \frac{1,464.09/\text{turno}}{4 \text{ m}^3/\text{turno}} = \$ 366.02/\text{m}^3$$

COSTO POR MANO DE OBRA COLOCACION \$ 366.02/m³

B.3 Herramienta

3% de la mano de obra

$$0.03 \times \$ 366.02/\text{m}^3 = \$ 10.98$$

COSTO HERRAMIENTA COLOCACION \$ 10.98/m³

B.4 Vibrado

1. Vibrador de concreto

MECSA K-4 \$ 80.98/hr, incluye operador

Rendimiento $14 \text{ m}^3/\text{turno}$

Costo por m³

$$\frac{\$ 80.98/\text{hr} \times 8 \text{ hr} \times 0.8}{14 \text{ m}^3/\text{turno}} = \$ 37.02/\text{m}^3$$

COSTO VIBRADO \$ 37.02/m³

B.5 Curado

Mano de obra:

$$1 \text{ Aydte.} \times \$ 270.29 = \$ 270.29/\text{turno}$$

$$1/10 \text{ Cabo} \times \$ 316.95 = \underline{31.69/\text{turno}}$$

SUMA \$ 301.98/turno

Rendimiento: $300 \text{ m}^2/\text{turno}$

$$\text{Relación } \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3} = \frac{5.20 \text{ m}^2}{0.5 \text{ m}^3} = 10.4 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3}$$

Costo por m³:

$$\frac{\$ 301.98/\text{turno} \times 10.4 \text{ m}^2/\text{m}^3}{300 \text{ m}^2/\text{turno}} = \$ 10.46/\text{m}^3$$

Material

Curacreto B - \$ 9.00/lt

Rendimiento: 4 m²/ltRelación: 10.4 m²/m³Costo por m³

$$\frac{\$ 9.00/\text{lt} \times 10.4 \text{ m}^2/\text{m}^3}{4 \text{ m}^2/\text{lt}} = \$ 23.40/\text{m}^3$$

Equipo

Bomba curacreto \$ 1,490.00/pza

Depreciación: 500/m³Costo por m³

$$\frac{\$ 1,490.00/\text{pza}}{500/\text{m}^3} = \$ 2.98/\text{m}^3 = \underline{\$ 2.98/\text{m}^3}$$

$$\text{SUMA} \quad \$ 36.84/\text{m}^3$$

$$\text{COSTO POR CURADO} \quad \$ 36.84/\text{m}^3$$

RESUMEN

Elaboración y colocación de concreto hecho en obra en muros

A. Elaboración de concreto

A.1 Materiales	\$ 990.95/m ³
A.2 Mano de obra	164.37/m ³
A.3 Herramienta	4.93/m ³
A.4 Equipo	<u>65.56/m³</u>

$$\text{COSTO DE ELABORACION} \quad \$ 1,225.81/\text{m}^3$$

B. Colocación de concreto

B.1 Materiales	\$ 74.74/m ³	
B.2 Mano de obra	366.02/m ³	
B.3 Herramienta	10.98/m ³	
B.4 Vibrado	37.02/m ³	
B.5 Curado	<u>36.84/m³</u>	
COSTO DE COLOCACION		\$ <u>525.60/m³</u>
COSTO DIRECTO		\$ 1,751.41/m ³

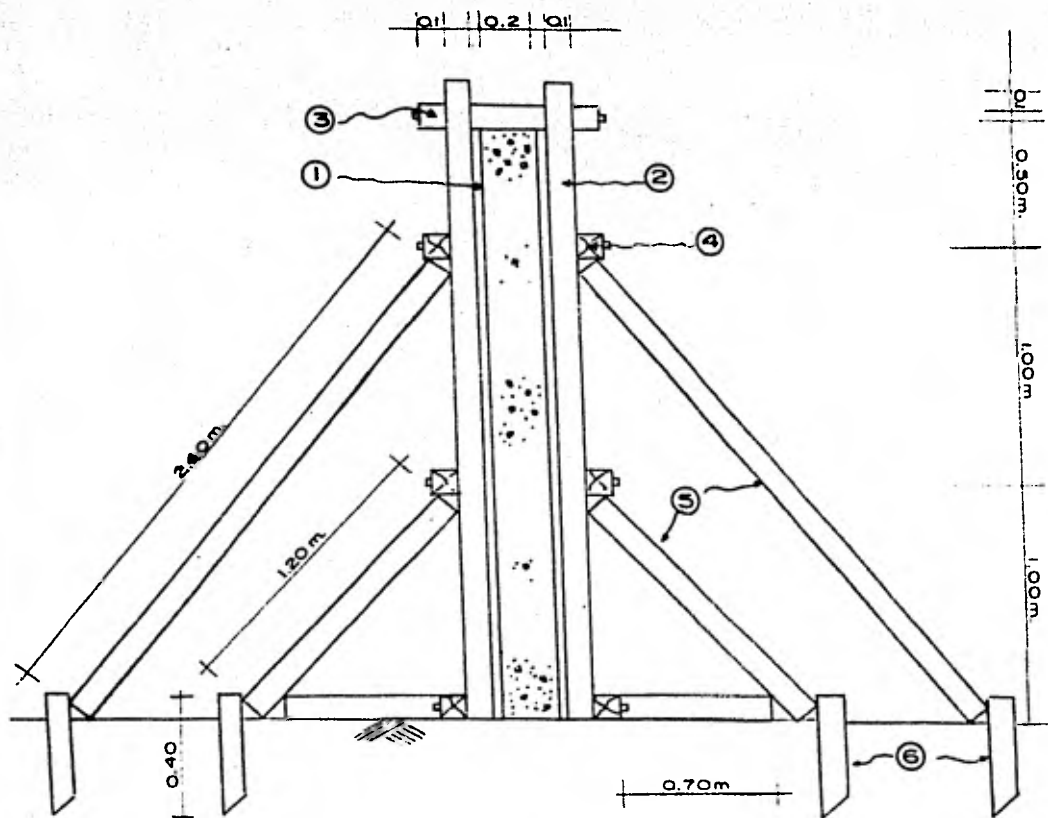


Figura N^o VI-1. Cimbra para muro de concreto.

- 1.- Triplay de pino 5/8" x 48" x 96".
- 2.- Yugos de 2" x 4" G 100 cm.
- 3.- Separadores de 2" x 4"
- 4.- Madrinas de 4" x 4"
- 5.- Pies derechos de 4" x 4"
- 6.- Estacas 2" x 4" G 100 cm.

C. Cimbra

Valuación del costo de la cimbra en muros de concreto
hecho en obra.

C.1 Materiales

Madera. De la figura VI-1

Elemento	Canti- dad PT	Factor Contac- to	Factor Desper- dicio	Factor Usos	Cantidad PT/m ² Uso
1. Triplay de madera de pino de 16 mm x 1.22 x 2.44 m					
$\frac{4 \times 5/8" \times 48" \times 1 \text{ m}}{3.657} +$					
$+ \frac{2 \times 5/8" \times 2 \frac{1}{8}" \times 1 \text{ m}}{3.657}$	33.54	1/5	1.20	1/5	1.608
2. Yugos 2" x 4"					
$\frac{4 \times 2" \times 4" \times 2.7 \text{ m}}{3.657}$	23.62	1/5	1.20	1/5	1.130
3. Separadores 2" x 4"					
$\frac{2 \times 2" \times 4" \times 0.65 \text{ m}}{3.657}$	2.84	1/5	1.20	1/3	0.23
4. Madrinas 4" x 4"					
$\frac{6 \times 4" \times 4" \times 1.0 \text{ m}}{3.657}$	26.25	1/5	1.20	1/10	0.63
5. Pies derechos					
$\frac{2 \times 4" \times 4" \times 4.3}{3.657}$	37.62	1/5	1.20	1/10	0.90
6. Estacas					
$\frac{4 \times 2" \times 4" \times 0.4}{3.657}$	3.50	1/5	1.20	1/3	0.28
TOTAL					4.778

Cantidad de PT: $4.778/m^2$

Precio del PT: \$ 29.00

Costo por m^2 de cimbra:

$$\$ 29.00/PT \times 4.778 PT/m^2 = \quad \quad \quad \$ 138.56/m^2$$

Clavo

$$2 \ 1/2" \ 80 \ pzas \times 0.0038 \ Kg/pza = 0.304 \ Kg$$

$$3 \ 1/2" \ 20 \ pzas \times 0.0064 \ Kg/pza = \underline{0.128 \ Kg}$$

$$SUMA \quad 0.432 \ Kg$$

Rendimiento: 5 usos

Desperdicio: 30%

Reposición: 30%, incluyendo desperdicio

Costo por m^2

$$\frac{0.432 \ Kg/m^2 \times 1.30 \times 1.30 \ \$ 16.50/Kg}{5} = \$ 2.40/m^2$$

Alambre #18, en plomos y torzales

Costo por m^2

$$16 \ m \times 0.012 \ Kg/m \times \$ 14.50/Kg = \quad \quad \quad \$ 2.78/m^2$$

Diesel: $0.60 \ lt/m^2$

Costo por m^2

$$0.60 \ lt/m^2 \times \$ 1.00/lt = \quad \quad \quad \$ 0.60/m^2$$

Chaflanes de 1" x 1"

Costo por m^2

$$\frac{1 \ m \times \$ 12.00}{1 \ m^2 \times 2 \ usos} = \quad \quad \quad \$ 6.00/m^2$$

COSTO POR MATERIALES \$ 150.34/ m^2

C.2 Mano de obra

Fabricación

Personal:

1 Oficial \$ 395.80/turno

1 Ayudante 279.95/turno

SUMA \$ 675.75/turno

Rendimiento: 8 m²/turno

Número de usos: 7

Costo por m²:

$$\frac{\$ 675.75/\text{turno}}{8 \text{ m}^2/\text{turno} \times 7} = \$ 12.06/\text{m}^2$$

Cimbrado y descimbrado

Mismo personal del inciso anterior

\$ 675.75

Rendimiento: 7 m²/turnoCosto por m²:

$$\frac{\$ 675.75/\text{turno}}{7 \text{ m}^2/\text{turno}} = \$ 96.53/\text{m}^2$$

COSTO DE MANO DE OBRA	\$ 108.59/m ²
-----------------------	--------------------------

COSTO DIRECTO POR m ²	\$ 258.93/m ²
----------------------------------	--------------------------

Costo por m³

$$\frac{\text{m}^2}{0.2 \text{ m}^3} \times \$ 258.93/\text{m}^2 = \$ 1,294.65$$

COSTO DIRECTO POR m ³	\$ 1,294.65/m ³
----------------------------------	----------------------------

II. Método a base de concreto lanzado

A. Elaboración de concreto

A.1 Materiales

Datos para determinar la dosificación:

Resistencia a la compresión: $f'_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$

Cemento Portland I: Peso vol. = 1.5 ton/m^3

Peso esp. = 3.1

Arena: Peso vol. = 1.68 ton/m^3

Peso esp. = 2.5

Grava: Peso vol. = 1.70 ton/m^3

Peso esp. = 2.5

Proporción agregado cemento:

De la tabla se tiene 1:3.5 en peso

Relación agua cemento en peso 0.4

Rebote: 25% (superficie vertical)

Proporción analizada en peso 1:8

Dosificación: Se determinarán los volúmenes de los materiales para un m^3 de concreto por el método de los volúmenes absolutos.

Se supone un porcentaje típico para concreto lanzado de 60 - 40% de arena y grava.

Componentes sueltos en volumen:

Cemento:	$\frac{1 \text{ ton}}{1.5 \text{ ton/m}^3}$	= 0.666 m ³
Arena:	$\frac{3.5 \text{ ton} \times 0.6}{1.68 \text{ ton/m}^3}$	= 1.250 m ³
Grava:	$\frac{3.5 \text{ ton} \times 0.4}{1.7 \text{ ton/m}^3}$	= 0.823 m ³
Agua:	1 ton x 0.4	= 0.400 m ³
	SUMA	<u>3.139 m³</u>

Componentes en volumen absoluto

Cemento:	$\frac{0.666 \text{ m}^3 \times 1500 \text{ Kg/m}^3}{3.1 \times 1000 \text{ Kg/m}^3}$	= 0.322 m ³
Arena:	$\frac{1.250 \text{ m}^3 \times 1680 \text{ Kg/m}^3}{2.5 \times 1000 \text{ Kg/m}^3}$	= 0.840 m ³
Grava:	$\frac{0.823 \text{ m}^3 \times 1700 \text{ Kg/m}^3}{2.5 \times 1000 \text{ Kg/m}^3}$	= 0.559 m ³
Agua:	0.400 m ³	= 0.400 m ³
	SUMA	<u>2.121 m³</u>

De manera que para formar 1 m³ de mortero compacto se requieren de $\frac{3.139}{2.121} = 1.479$ partes de componentes, en volúmenes aparentes, que se reparten de la siguiente manera:

Cemento:	$0.666 \text{ m}^3 \times \frac{1.479}{3.139}$	= 0.314 m ³
Arena:	$1.250 \text{ m}^3 \times \frac{1.479}{3.139}$	= 0.589 m ³
Grava:	$0.823 \text{ m}^3 \times \frac{1.479}{3.139}$	= 0.388 m ³

$$\begin{array}{r} \text{Agua:} \quad 0.400 \text{ m}^3 \times \frac{1.479}{3.139} = 0.188 \text{ m}^3 \\ \text{SUMA} \quad 1.479 \text{ m}^3 \end{array}$$

Rebote

Se determinarán las cantidades de materiales que por efecto del rebote incrementarán las cantidades originales.

Proporción analizada "in situ", 1:8 en peso

Componentes sueltos:

$$\begin{array}{r} \text{Cemento:} \quad \frac{1 \text{ ton}}{1.5 \text{ ton/m}^3} = 0.666 \text{ m}^3 \\ \text{Arena:} \quad \frac{8 \text{ ton} \times 0.60}{1.68 \text{ ton/m}^3} = 2.857 \text{ m}^3 \\ \text{Grava:} \quad \frac{8 \text{ ton} \times 0.40}{1.70 \text{ ton/m}^3} = 1.882 \text{ m}^3 \\ \text{Agua:} \quad 0.4 \times 1 \text{ m}^3 = 0.400 \text{ m}^3 \\ \text{SUMA} \quad 5.805 \text{ m}^3 \end{array}$$

Componentes en volumen absoluto:

$$\begin{array}{r} \text{Cemento:} \quad 0.666 \text{ m}^3 \times \frac{1.48}{5.805} = 0.169 \text{ m}^3 \\ \text{Arena:} \quad 2.857 \text{ m}^3 \times \frac{1.48}{5.805} = 0.728 \text{ m}^3 \\ \text{Grava:} \quad 1.882 \text{ m}^3 \times \frac{1.48}{5.805} = 0.480 \text{ m}^3 \\ \text{Agua:} \quad 0.400 \text{ m}^3 \times 1 = 0.102 \text{ m}^3 \\ \text{SUMA} \quad 1.479 \text{ m}^3 \end{array}$$

Como el volumen de rebote representó un 25% de la mezcla inicial, se tiene:

$$0.25 \times 1.479 \text{ m}^3 = 0.369 \text{ m}^3$$

Lo que nos determina los volúmenes de rebote.

Cemento:	$0.25 \times 0.169 \text{ m}^3 = 0.042 \text{ m}^3$
Arena:	$0.25 \times 0.728 \text{ m}^3 = 0.182 \text{ m}^3$
Grava:	$0.25 \times 0.480 \text{ m}^3 = 0.120 \text{ m}^3$
Agua:	$0.25 \times 0.102 \text{ m}^3 = 0.025 \text{ m}^3$
	SUMA 0.369 m^3

Sumando a la proporción original e incluyendo el desperdicio:

Cemento:	$(0.314 \text{ m}^3 + 0.042 \text{ m}^3) + 3\% = 0.366 \text{ m}^3$
Arena:	$(0.589 \text{ m}^3 + 0.182 \text{ m}^3) + 8\% = 0.832 \text{ m}^3$
Grava:	$(0.388 \text{ m}^3 + 0.120 \text{ m}^3) + 8\% = 0.548 \text{ m}^3$
Agua:	$(0.188 \text{ m}^3 + 0.025 \text{ m}^3) + 30\% = 0.276 \text{ m}^3$

Quedando finalmente:

Cemento:	$0.366 \text{ m}^3 \times 1.5 \text{ ton/m}^3 = 0.549 \text{ ton}$
Arena:	0.832 m^3
Grava:	0.548 m^3
Agua:	0.276 m^3

Costo por m^3

$$\text{Cemento: } 0.549 \text{ ton} \times 1,722.50 = \$ 945.65/\text{m}^3$$

Arena:	0.832 m ³	x \$ 200.00 = \$	166.40/m ³
Grava:	0.548 m ³	x \$ 200.00 =	109.60/m ³
Agua:	0.276 m ³	x \$ 15.00 =	<u>4.14/m³</u>

CARGO POR MATERIALES \$ 1,225.79/m³

A.2 Mano de obra (elaboración y colocación)

1 Peón cemento x 270.29 = \$ 270.29/turno

4 Peones arena

y grava x 270.29 = 1,081.16

1 Op. chiflón x 329.83 = 329.83

1 Op. boquilla x 643.62 = 643.62

1 Sobrestante x 857.61 = 857.61

SUMA \$ 3,182.51/turno

Rendimiento promedio con máquina Aliva 240

0.8 x 3.4 m³/hr = 2.72 m³/hr que pasan por
la máquina

Costo por m³

$\frac{\$ 3,182.51/\text{turno}}{2.72 \text{ m}^3/\text{hr} \times 8 \text{ hr/turno}} = \$ 146.25/\text{m}^3$

Afectación por rebote a la mano de obra - 25%

\$ 146.25 x 0.25 = \$ 36.56/m³

Colocación de maestras

1 Oficial \$ 382.92/turno

1 Peón 270.29/turno

\$ 653.22/turno

Rendimiento: 100 pzas/turno

Area de influencia de maestras: $2.5 \text{ m}^2/\text{pza}$

Volumen por pieza

$$0.20 \text{ m} \times 2.5 \text{ m}^2/\text{pza} = 0.5 \text{ m}^3/\text{pza}$$

Costo por m^3

$$\frac{\$ 653.22/\text{turno}}{100 \text{ pzas}/\text{turno} \times 0.5 \text{ m}^3/\text{pza}} = \$ 13.06/\text{m}^3$$

CARGO POR MANO DE OBRA \$ $195.87/\text{m}^3$

A.3 Herramienta y misceláneas

3% de la mano de obra

$$0.03 \times \$ 195.87/\text{m}^3 = \$ 5.87/\text{m}^3$$

CARGO POR HERRAMIENTAS \$ $5.87/\text{m}^3$

B. Equipo de Seguridad

Anteojos	11 x 130.00 =	\$ 1,430.00
Cascos	13 x 156.00 =	2,028.00
Mascarillas	5 x 310.00 =	1,550.00
Botas hule	13 x 225.50 =	2,931.50
Guantes	5 x 32.00 =	160.00
Chamarras	4 x 430.00 =	<u>1,720.00</u>
	SUMA	\$ 9,819.50

Duración aproximada 700 m^3 colocados

Costo por m^3

$$\frac{\$ 9,819.50}{700 \text{ m}^3} = \$ 14.02/\text{m}^3$$

Anteojos operador boquilla

$$2 \times \$ 130.00 = \$ 260.00/\text{turno}$$

Costo por m^3

$$\frac{\$ 260.00/\text{turno}}{21.70 \text{ m}^3/\text{turno}} = \$ 14.97/\text{m}^3$$

Que sumando	\$ 14.02/ m^3
	+ <u>14.97/m^3</u>
	\$ 28.99/ m^3

CARGO POR EQUIPO DE SEGURIDAD \$ 28.99/ m^3

C. Maquinaria

Mezcladora 2 S	\$ 201.24/hr
Lanzadora Aliva 240	201.45/hr
Compresor A.C. Oax 160	465.08/hr
Bomba para agua	73.44/hr
Bomba para agua reserva	<u>53.49/hr</u>
SUMA	\$ 994.70/hr

Rendimiento $2.7 \text{ m}^3/\text{hr}$, de concreto que pasa
por la lanzadora

Costo por m^3

$$\frac{\$ 994.70/\text{hr}}{2.7 \text{ m}^3/\text{hr}} = \$ 368.40/\text{m}^3$$

Rebote 25%

$$0.25 \times \$ 368.40/\text{m}^3 = \frac{92.10/\text{m}^3}{\text{SUMA}} \quad \$ 460.50/\text{m}^3$$

CARGO POR MAQUINARIA \$ 460.50/ m^3

D. Instalaciones

Suministro de agua

Mismo costo del problema 1: \$ 6.70/m³

Suministro de aire

Mismo costo del problema 1: \$ 12.01/m³

Lanzado

Mismo costo del problema 1: \$ 77.60/m³SUMA \$ 96.31/m³CARGO POR INSTALACIONES \$ 96.31/m³

E. Curado

Mano de obra

Mismo costo del ejemplo 1: \$ 10.46/m³

Materiales

Mismo costo del ejemplo 1: 23.40/m³

Equipo

Mismo costo del ejemplo 1: 2.98/m³SUMA \$ 36.84/m³CARGO POR CURADO \$ 36.84/m³

RESUMEN

Elaboración y colocación de concreto lanzado
en muros, $f'_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$

A.1 Materiales \$ 1,225.79/m³A.2 Mano de obra 195.87/m³A.3 Herramientas 5.87/m³

B.	Equipo de Seguridad	\$	28.99/m ³
C.	Maquinaria		460.50/m ³
D.	Instalaciones		96.31/m ³
E.	Curado		36.84/m ³
	SUMA	\$	<u>2,050.17/m³</u>

COSTO DIRECTO CONCRETO LANZADO \$ 2,050.17/m³

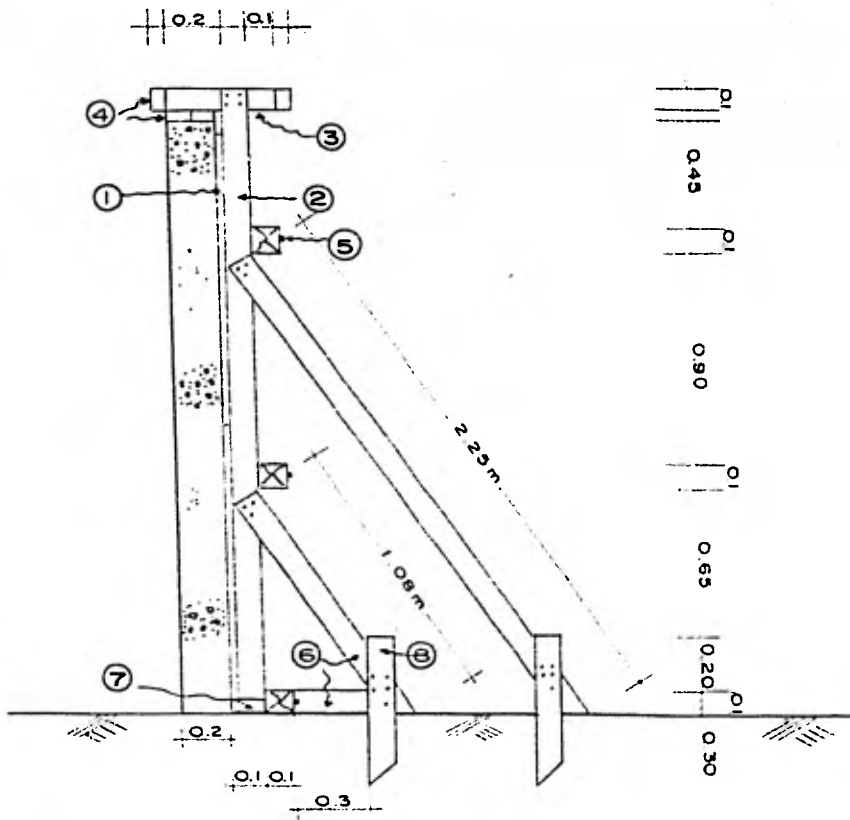


Figura N^oVI-2.- Cimbra en muro de concreto, para el método del concreto lanzado.

- 1.- Triplay de pino 5/8"x48"x96'.
- 2.- Yugas de 2"x4" @ 100 cm.
- 3.- Separadores 2"x4" @ 50 cm.
- 4.- Duelo 2"x4"
- 5.- Modrino 4"x4"
- 6.- Pies derechos 4"x4"
- 7.- Zoquete 2"x4".
- 8.- Estacos 2"x4" @ 100 cm.

F. Cimbra

Valuación del costo de madera en cimbra para muros, para el método de concreto lanzado.

F.1 Materiales

Madera. De la figura VI-2, tenemos:

Elemento	Canti- dad PT	Factor Contac- to	Factor Desper- dicio	Factor Usos	Cantidad PT/m ² / uso
1. Triplay de pino, 16 mm <u>2 x 5/8" x 48" x 1 m</u> + 3.657					
+ <u>5/8" x 2 1/8" x 1 m</u> 3.657	16.77	1/5.2	1.20	1/5	0.77
2. Yugos de 2" x 4" <u>2 x 2" x 4" x 2.65 m</u> 3.657	11.59	1/5.2	1.20	1/5	0.53
3. Separadores 2" x 4" <u>2 x 2" x 4" x 0.40 m</u> 3.657	1.75	1/5.2	1.20	1/3	0.13
4. Duela 2" x 4" <u>2 x 2" x 4" x 1.00 m</u> 3.657	4.37	1/5.2	1.20	1/5	0.20
5. Madrina 4" x 4" <u>3 x 4" x 4" x 1.00 m</u> 3.657	13.12	1/5.2	1.20	1/10	0.30
6. Pies derechos <u>1 x 4" x 4" x 3.62 m</u> 3.657	15.83	1/5.2	1.20	1/10	0.36
7. Zoquete <u>1 x 2" x 4" x 1 m</u> 3.657	2.18	1/5.2	1.20	1/5	0.10
8. Estacas <u>2 x 2" x 4" x 0.6 m</u> 3.657	2.62	1/5.2	1.20	1/3	0.20
TOTAL					2.59

Cantidad de PT: $2.59/m^2$

Precio de PT: \$ 29.00

Costo por m^2 de cimbra:

$$2.59 \text{ PT}/m^2 \times \$ 29.00/\text{PT} = \$ 75.11/m^2$$

Clavo

Hechura

$$2 \frac{1}{2} \text{ 32 pza}/m^2 \times 0.0038 \text{ Kg/pza} = 0.12 \text{ Kg}/m^2$$

$$3 \frac{1}{2} \text{ 24 pza}/m^2 \times 0.0064 \text{ Kg/pza} = 0.15 \text{ Kg}/m^2$$

$$\text{SUMA} \quad 0.27 \text{ Kg}/m^2$$

Rendimiento: 5 usos

Desperdicio: 30%

Reposición: 30%, incluyendo el desperdicio

Costo por m^2

$$\frac{0.27 \text{ Kg}/m^2 \times 1.30 \times 1.30 \text{ } \$ 16.50/\text{Kg}}{5} = \$ 1.50/m^2$$

Alambre #18, en plomos y torzales

Costo por m^2

$$16 \text{ m}/m^2 \times 0.012 \text{ Kg}/m \times \$ 14.50/\text{Kg} = \$ 2.78/m^2$$

Diesel: $0.60 \text{ lt}/m^2$

Costo por m^2

$$0.60 \text{ lt}/m^2 \times \$ 1.00/\text{lt} = \$ 0.60/m^2$$

Chaflanes de 1" x 1"

Costo por m^2

$$\frac{1 \text{ m} \times \$ 12.00}{1 \text{ m}^2 \times 2 \text{ usos}} = \$ 6.00/m^2$$

$$\text{SUMA} \quad \$ 85.99/m^2$$

$$\text{COSTO POR MATERIALES} \quad \$ 85.99/m^2$$

F.2 Mano de obra

Fabricación

1 Oficial	\$ 395.80/turno
1 Ayudante	<u>279.95/turno</u>
	\$ 675.75/turno

Rendimiento: 10 m²/turno

Usos: 7

Costo por m²:

$$\frac{\$ 675.75/\text{turno}}{10 \text{ m}^2/\text{turno} \times 7} = \$ 9.65/\text{m}^2$$

Cimbrado y descimbrado

Mismo personal del inciso anterior

\$ 675.75/turno

Rendimiento: 9 m²/turnoCosto por m²

$$\frac{\$ 675.75/\text{turno}}{9 \text{ m}^2/\text{turno}} = \$ 75.08/\text{m}^2$$

SUMA \$ 84.73/m²CARGO POR MANO DE OBRA \$ 84.73/m²

F.3 Herramienta

30% de la mano de obra

$$0.03 \times \$ 84.73/\text{m}^2 = \$ 2.54/\text{m}^2$$

CARGO POR HERRAMIENTAS \$ 2.54/m²

COSTO DIRECTO DE CIMBRA PARA MUROS POR

EL METODO DEL CONCRETO LANZADO \$ 173.26/m²

Costo por m³

$$\frac{1 \text{ m}^2}{0.2 \text{ m}^3} \times \$ 173.26/\text{m}^2 = \$ 866.30$$

COSTO DIRECTO POR m³ \$ 866.30/m³

Análisis comparativo entre concreto hecho en obra y el concreto lanzado, para la construcción de muros de concreto

Conceptos	1 Concreto hecho en obra	2 Concreto lanzado	3 Diferencia 2 - 1
Cemento	0.435 ton	0.549 ton	0.114 ton
Arena	0.502 m ³	0.832 m ³	0.330 m ³
Grava	0.691 m ³	0.548 m ³	-0.143 m ³
Agua	0.205 m ³	0.276 m ³	0.071 m ³
Costo de materiales incluyendo desperdicio	1,065.69/m ³	1,225.79/m ³	160.10/m ³
Mano de obra. Elaboración y colocación	530.39/m ³	195.87/m ³	334.52/m ³
Herramienta. Elaboración y colocación	15.91/m ³	5.87/m ³	-10.04/m ³
Maquinaria	65.56/m ³	566.53/m ³	500.97/m ³
Vibrado	37.02/m ³	-	-37.02/m ³
Curado	36.84/m ³	36.84/m ³	0
Equipo de Seguridad	-	28.99/m ³	28.99/m ³
Instalaciones	-	96.31/m ³	96.31/m ³
Costo Directo	1,751.41/m ³	2,050.17/m ³	
Cimbra por m ²	258.93/m ²	173.26/m ²	-85.67/m ²
Cimbra por m ³	1,294.65/m ³	866.30/m ³	-428.35/m ³
Costo directo del concreto incluyendo cimbra	3,046.06/m ³	2,916.47/m ³	-129.59/m ³

Del análisis anterior se observa lo siguiente:

1. Como se esperaba, existe un incremento en las cantidades de materiales que se necesitan para formar un m³ de con-

creto, en el segundo método. La dosificación más económica sólo se obtendrá después de varias pruebas, sin embargo, el costo de los materiales en el concreto lanzado será mayor debido principalmente al efecto del rebote.

2. El costo de la mano de obra es sensiblemente menor, debido al alto rendimiento del concreto lanzado en comparación al hecho en obra.
3. Los cargos por maquinaria, equipos de seguridad e instalaciones son propios del concreto lanzado, siendo necesario un volumen diario mínimo, para no incrementar el costo final.
4. El costo directo del concreto lanzado, para este caso, resultó más alto en un 23% al hecho en obra, al considerarlo aisladamente, sin embargo, al incluir el cargo por cimbrado, la diferencia entre ambos métodos cambia radicalmente. Siendo esto un reflejo de las características del concreto lanzado.
5. El volumen mínimo para poder emplear este procedimiento tendrá que ser de 21 m^3 por turno, para no incrementar el costo final.
6. La cantidad de personal que se utiliza en el concreto lanzado, representa aproximadamente una tercera parte de la que se necesita normalmente para elaborar y colocar concreto; esta situación nos posibilita a triplicar

la producción de concreto, con el tipo de máquina analizada, la cual se puede incrementar al emplear lanzadoras con mayor capacidad.

En respuesta a la segunda hipótesis de trabajo, podemos decir que el concreto lanzado es costoso, sólo si se le considera aisladamente, sin incluir la cimbra, en caso contrario, el método resulta menor o similar al tradicional.

El costo del concreto lanzado decrecerá en la medida en que se utilice apropiadamente y con personal capacitado.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

Una vez expuestos los conceptos principales de la técnica del concreto lanzado y de haber realizado algunos análisis comparativos con otros procedimientos, podemos concluir lo siguiente:

El concreto lanzado es una técnica neumática de elaboración y colocación de concreto, que se comporta de manera semejante al tradicional, superándolo en algunas propiedades, como son los casos de la resistencia, adherencia e impermeabilidad.

Con la utilización del concreto lanzado se puede incrementar la rapidez en la construcción, debido principalmente a la gran producción de las máquinas, que aunado a la facilidad para elaborar y colocar concreto, así como del retiro de las formas, ocasionan que los trabajos se puedan terminar antes de lo normal. Por otra parte, plantea la creación de unidades de colocación de concreto, en donde la inversión inicial es mucho menor que la de las grandes premezcladoras, ahorrándose además el costo del equipo de distribución. Estas ventajas enfocadas en obras de interés social, o en aque

llas ubicadas lejos de las plantas de concreto, permitirían coadyuvar a solucionar el problema de la escasez de vivienda en general.

La cantidad de personal necesario para producir el concreto lanzado, es menor que en los métodos tradicionales, disminuyendo en la medida en que aumenta la mecanización y la productividad del sistema. Se plantea por lo tanto un problema de reubicación de la mano de obra, que puede ser enfocada hacia otras áreas de la producción, que, ordenadas y canalizadas debidamente, pueden ayudar a resolver problemas tan diversos como los que se originan en el campo.

La flexibilidad y facilidad para colocar el concreto lanzado, permite modificar el diseño rígido en la arquitectura, para dar paso a la forma libre, en donde este procedimiento tiene su máxima posibilidad de desarrollo. La creación de construcciones diferentes, provoca un atractivo especial para con los diseñadores, que pueden lograr estilos distintos, o combinaciones de estos con los actuales.

A pesar de las ventajas que ofrece el concreto lanzado, no ha podido tener una debida aceptación, como consecuencia directa del desconocimiento general de esta técnica, lo que origina, por ejemplo, que se le catalogue como un concreto muy costoso, debido principalmente a su alto contenido de cemento en la mezcla, así como del desperdicio que se origina en el rebote. Esto sólo es válido en el supuesto de con-

siderarlo como un elemento aislado, pero al tomar en cuenta el ahorro que se obtiene al necesitar una menor cantidad de cimbra que en los métodos tradicionales, provoca que su costo global sea más económico en la medida que esto sucede.

Cuando las cualidades que ofrece el concreto lanzado sean utilizadas adecuadamente, se podrán producir diseños menos conservadores, obteniéndose además un mejor y más racional aprovechamiento de esta técnica en la construcción, siendo necesaria una amplia investigación para lograr estos propósitos.

BIBLIOGRAFIA

CONCRETE MANUAL

U. S. Department of the Interior
Bureau of Reclamation
Eight Edition. Washington, D. C. 1975

SHOTCRETE FOR GROUND SUPPORT

Proceeding of the Engineering Fundation
Conference
Tide water Inn. Easton, Maryland
October 4-8, 1976

Publishing by: American Society of Civil
Engineers and American Concrete Institute
New York, 1977

GUNITE, A HANDBOOK FOR ENGINEERS

Timoty F. Ryan
C Cement and Concrete Associaton, 1973

TECNOLOGIA DEL CONCRETO

Tomos I y II
Adam M. Neville
Pitman Publishing, Ltd. Londres, 1975
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto,
A. C. 1977

TUNELES Y OBRAS SUBTERRANEAS

Varios Autores
Editores Técnicos Asociados, A. A.
Maignon, 26, Barcelona - 12, España, 1977

GUIA PARA EL EMPLEO DE ADITIVOS EN EL CONCRETO

ACI. Comité 212. 1971
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto,
A. C. 1974

SOPORTE CON CONCRETO LANZADO

Apuntes. Construcción de Túneles
Ing. Marteen Kramers. 1979
C.E.C. UNAM - 1979

CONCRETO LANZADO

Apuntes. Construcción de Túneles
Ing. Roberto Sánchez Trejo. 1979
C.E.C. UNAM - 1979

ESTE LIBRO FUE EDITADO EN
"EDITORIAL JUAREZ"
TEL. 547-09-31
AV. INSTITUTO TECNICO INDUSTRIAL No. 9-A
(CIRCUITO INTERIOR) ESQ. R. DE SAN COSME
COL. STA. MA. LA RIBERA, Z. P. 4