



CONCRETO, UNA INVENCION CON FORTALEZA.

HISTORIA, FABRICACION Y USOS DEL CEMENTO PORTLAND.

**GERARDO M. BELTRAN R /
UB2224 | SCI30486**

MEXICO

CONTENIDO

INTRODUCCION	3
HISTORIA DEL CONCRETO	4
CLASES DE CEMENTOS PORTLAND	6
PROCESO DE MANUFACTURA DEL CEMENTO	8
CONCRETO; NUESTROS USOS	12
COMPUESTOS; DESARROLLO DE RESISTENCIA	15
COMPLEMENTOS CEMENTANTES	16
PROBLEMAS EN LA FABRICACION	17
CONCLUSIONES PERSONALES	18
BIBLIOGRAFIA	19

INTRODUCCION

El cemento y el concreto han sido parte integral del desarrollo de la sociedad, nos ha permitido desde tiempos muy tempranos el poder edificar, y con el largo del tiempo el concreto ha tenido desarrollos importantes que han dejado volar la imaginación de los Arquitectos e Ingenieros para hacer edificaciones cada vez mas útiles, de mayor capacidad, alcance e importancia para la sociedad.

Este documento forma parte de una serie de investigaciones y cursos destinados al cemento y concreto en donde se establecerán las capacidades, procesos de fabricación, recomendaciones, características, métodos y usos del mismo.

HISTORIA DEL CONCRETO

La historia del concreto se remonta a nuestra propia historia, el hombre ha evolucionado desde que empezó a habitar este planeta, siempre en busca de un cobijo, de una protección contra sus predadores y contra la intemperie. El concreto fue el resultado del ingenio humano que una vez que sacio sus necesidades básicas de cobijo, fue en busca de crear elementos mas complicados principalmente con la utilización de pastas y morteros muy primitivos elaborados con arcilla, yeso y cal para unir mampostería.

Existen antecedentes históricos que se remontan al año 100 A.C. como el Panteón Roma, construido en el año 123 el cual aun hoy con sus 43.4 mts de diámetro aun mantiene el récord de la construcción de la obra de concreto no armada mas grande del mundo. Claro ejemplo de que los Romanos utilizaban mezclas de puzolana (Opus Caementitum) con cal para crear hormigón, estas tenían una resistencia a la compresión de hasta 50 kg/cm², muy bajas para nuestra era que sin mayor esfuerzo podemos alcanzar mezclas 10 veces mas fuertes, con fraguados casi inmediatos.

Hasta el año 1750 solamente fueron utilizados morteros de cal y materiales puzolanicos (Pozzuoli) o también conocidos como Tierra Hidráulicamente Activa, no fue hasta la época entre los años 1750 a 1800 que se empezó a investigar con mezclas calcinadas de arcilla y caliza. El Ingles John Smeaton (1724-1792) considerado como el padre de la profesión de ingeniería civil, famoso por su faro en Eddystone Reef, Inglaterra en donde por primera vez fue empleado la cal hidráulica, material que se obtuvo al quemar una mezcla de cal y arcilla, sin embargo el padre del cemento se le considera a Joseph Vicat (1786-1861) que en 1817 invento el proceso de fabricación que se emplea en la actualidad, conocido como proceso de fabricación húmeda.

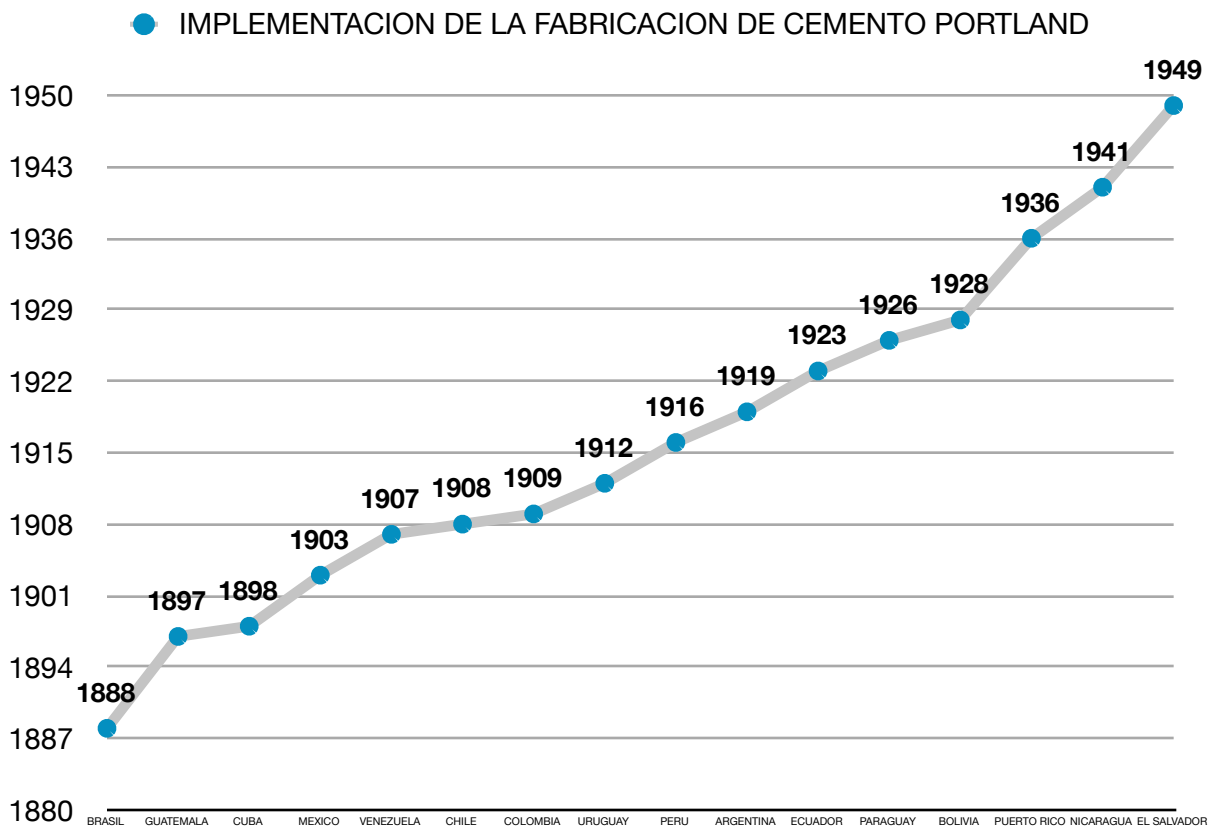
El cemento Portland nace en Octubre 21, de 1824 a manos de Joseph Aspdin, quien crea la patente y le otorga el nombre por razones comerciales, en conmemoración a sus características de color y dureza, las cuales le recordaban las piedras de Portland, condado de York en Inglaterra.

En 1845 Isaac Johnson, realiza la primera producción industrializada del cemento moderno que conocemos y usamos hoy en día, esto se realizo mediante el proceso de clinkerizacion de la materia prima a altas temperaturas. En 1877 se fundo la primer asociación para fijar especificaciones del

Cemento Portland, situada en Alemania lo que llevo a un ordenamiento y controles para la verificación de la calidad del producto, teniendo un efecto formal hasta 1900 en donde las pruebas básicas del cemento fueron estandarizadas.

Entre los años 1825 y 1872 empiezan a darse las primeras fabricas de cemento en Inglaterra, Alemania y Estados Unidos, y fue en 1903 cuando Mexico entra a la puja por la fabricación de los estructurales pétreos. En Latinoamérica la producción del cemento data de 1888 cuando Brasil, inicio con este nuevo segmento para la región.

Gráfica I. Implementación de la fabricación de cemento portland



CLASES DE CEMENTOS PORTLAND

El cemento portland es un conglomerante, que une o da cohesión y se presenta en forma de polvo fino obtenido de la pulverización de rocas calizas y arcillas, las cuales son quemadas en hornos rotatorios a altas temperaturas en donde se le es agregado yeso. Tiene la peculiar capacidad de endurecerse con el agua produciendo compuestos resistentes mecánicamente.

El Clinker es un el componente principal del cemento, es producto resultante de la mezcla y calcinación de la piedra caliza y arcilla, aproximadamente a 1,500 grados centígrados.

- I. Cemento Portland Tipo I, CEMENTO PORTLAND (CEM I)
- II. Cemento Portland Tipo II; CEMENTO PORTLAND CON ADICIONES (CEM II)
- III. Cemento Portland Tipo III; CEMENTO PORTLAND CON ESCORIAS DE HORNO ALTO(CEM III)
- IV. Cemento Portland Tipo IV; CEMENTO PUZOLANICO (CEM IV)
- V. Cemento Portland Tipo V; CEMENTO COMPUESTO (CEM V)

Los componentes adicionados que acompañan al Clinker son;

- I. (S) Escoria de horno alto
- II. (D) Humo de Sílice
- III. (P) Puzolana natural
- IV. (Q) Puzolana natural calcinada
- V. (V) Ceniza volante silicea

VI. (W) Ceniza volante calcárea

VII.(T) Esquisto calcinado

VIII. (T) Esquisto Calcinado

IX. (L) Caliza L

X. (LL) Caliza LL

Tabla I. Tipos de Cemento

TIPO DE CEMENTO	SUB TIPO	DENOMINACION	DESIGNACION
CEM I	SIN SUB TIPO	CEMENTO PORTLAND	CEM I
CEM II	A,B	CEMENTO PORTLAND CON ESCORIA DE HORNO ALTO	CEM II/A-S CEM II/B-S
	SOLO A	CEMENTO PORTLAND CON HUMO DE SILICE	CEM II/A-D
	A,B	CEMENTO PORTLAND CON PUZOLANA NATURAL	CEM II/A-P CEM II/B-P
	A,B	CEMENTO PORTLAND CON PUZOLANA NATURAL CALCINADA	CEM II/A-Q CEM II/B-Q
	A,B	CEMENTO PORTLAND CON CENIZA VOLANTE SILICEA	CEM II/A-V CEM II/B-V
	A,B	CEMENTO PORTLAND CON CENIZA VOLANTE CALCAREA	CEM II/A-W CEM II/B-W
	A,B	CEMENTO PORTLAND CON ESQUISTO CALCINADO	CEM II/A-T CEM II/B-T
	A,B	CEMENTO PORTLAND CON CALIZA L	CEM II/A-L CEM II/B-L
	A,B	CEMENTO PORTLAND CON CALIZA LL	CEM II/A-LL CEM II/B-LL
	A,B	CEMENTO PORTLAND MIXTO CON TODAS LAS ADICIONES	CEM II/A-M CEM II/B-M
CEM III	A,B,C	CEMENTO CON ESCORIA DE HORNO ALTO	CEMIII/A CEMIII/B CEMIII/C
CEM IV	A,B	CEMENTO PUZOLANICO CON D,P,Q,V,W	CEM IV/A CEM IV/B
CEM V	A,B	CEMENTO COMPUESTO CON S,P,Q,V	CEM V/A CEM V/B

PROCESO DE MANUFACTURA DEL CEMENTO

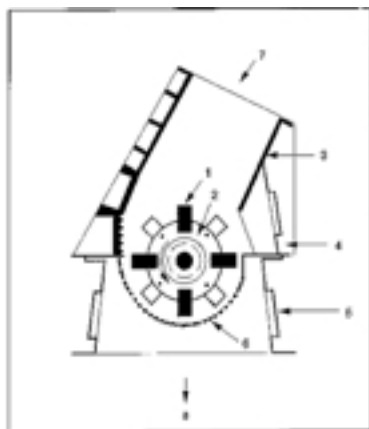
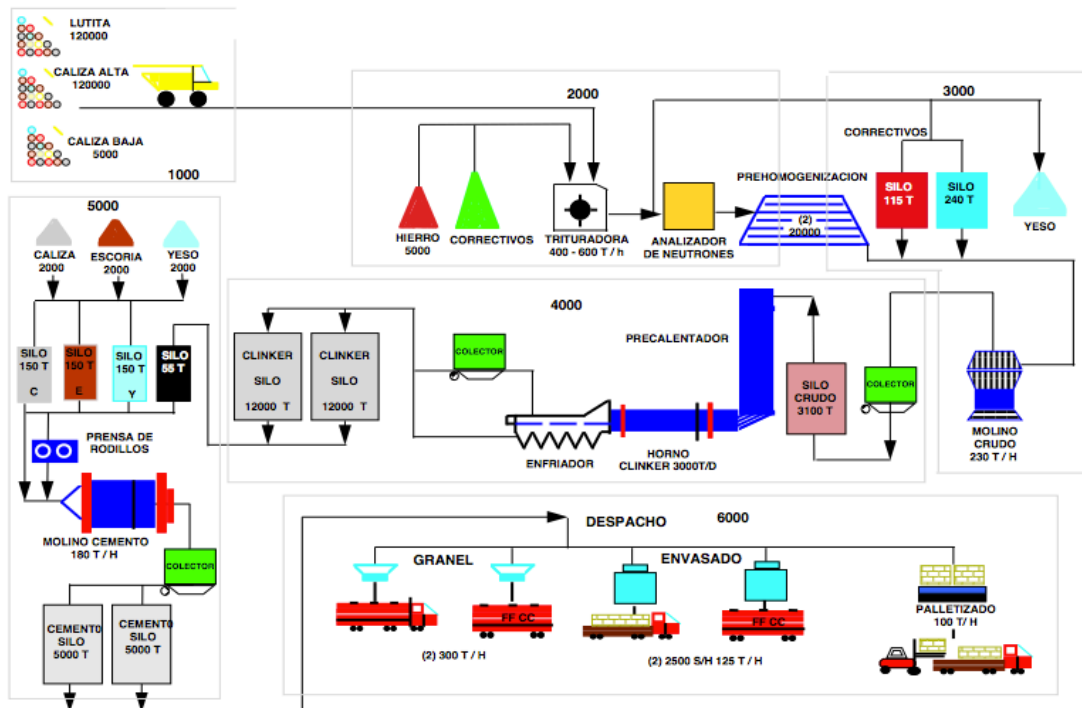
El objetivo de esta sección es poder informar el conocimiento general del proceso de fabricación del cemento, y específicamente a las partes del proceso que lo componen tanto sus materias primas y maquinaria utilizada. Comienza con la materia prima, de ahí pasando a los procesos mecánicos, químicos y térmicos, hasta tener un producto procesado que va a los distribuidores y transformadores para poder al final llegar a manos del cliente.

Tabla 2. Procesos

PROCESO MECANICO (A)	PROCESO TERMICO	PROCESO MECANICO (B)
MATERIA PRIMA	CRUDO	YESO
CALCAREO	COMBUSTIBLES	COMPONENTES MINERALES
ARCILLOSO		
CORRECTIVOS SILICE		
CORRECTIVOS HIERRO		
ACARREO		CEMENTO
TRITURACION		
PRE-HOMOGENIZACION		
MOLIENDA		
FINALIZA		
INGRESO DEL CRUDO	CLINKER	DESPACHO

El proceso del cemento se inicia en los bancos de lutita y caliza (calcáreos CaCO_3 y Arcillosos SiO_2 , Al_2O_3 , y Fe_2O_3), estos son los elementos que definirán las propiedades hidráulicas del cemento, estos deben estar cerca de los centros de procesamiento del cemento debido a los costos del transporte. Los costos del transporte definen parte del precio final del producto, por lo que las plantas de cemento se sitúan cerca de estos bancos. Otros elementos que también influyen en las propiedades hidráulicas son en un porcentaje aproximado de un 4% son MgO , SO_3 , K_2O , Na_2O , P_2O_5 .

Esquema I. Proceso de manufactura del Cemento



- 1. Hammers
- 2. Rotor
- 3. Feed Plate
- 4. Upper Casing
- 5. Lower Casing
- 6. Grates
- 7. Feed
- 8. Product

Una vez extraída la materia prima es enviada a trituración, para reducir su tamaño de 10 a 3 pulgadas, normalmente se utiliza un molino de paletas rotativas, sin embargo existen otros tipos de trituradoras que también son efectivas, como la molienda vertical

Los elementos triturados son almacenados cuidadosamente en una forma piramidal longitudinal, esto para poder asegurar la homogenización de los elementos y asegurar la calidad del producto final, este esparcimiento es realizado mediante bandas sin fin móviles. El reclamo está a 90 grados de la dirección de formación piramidal.



Terminada la etapa de almacenaje, son ingresados al ciclo los correctivos y el yeso, pasan directo al molino crudo, haciendo se paso al colector y silo crudo para entrar en la etapa mas critica del proceso que es el precalentado en el horno de clinker. Este es un horno en forma de torre vertical, normalmente es la estructura mas alta de la planta de cemento, este horno tiene esa forma debido a que el producto es enviado desde la parte superior bajando por los conductos que que tienen una temperatura que va inicialmente en 315 grados, subiendo en cada etapa hasta alcanzar los 1000 grados centígrados, subiendo el material de sus 50 grados iniciales hasta casi los 800 al termino de su caída.



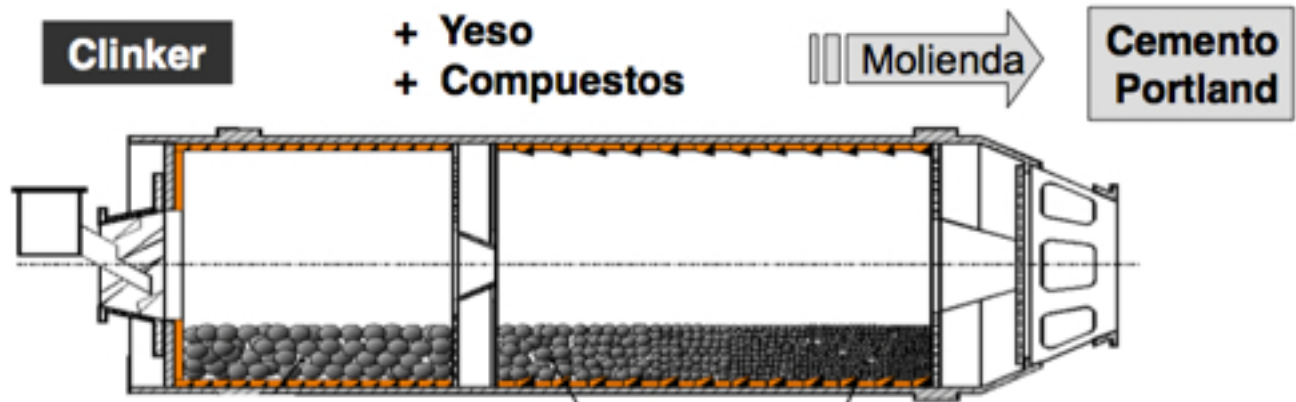
Primero hay un cambio termino súbito de su temperatura inicial hasta llegar a los 300 grados centígrados, en donde se evapora el agua libre y el agua físicamente absorbida, en la etapa 2 existen cambios estructurales en los minerales de silicato, en esta etapa estamos alcanzando los 500 grados. En la etapa 3 que compone las temperaturas de los 600 a 900 grados existe una desasociación de carbonatos, el material al

pasar por los 800 grados completa una formación de belita, algunos productos intermedios, ferrita y aluminatos, este es un proceso lento. En este punto entramos directamente en el horno en donde a los 1250 grados se hace una fase líquida, de aluminatos y ferrita con un proceso de velocidad variable.

Dentro del horno el material se calienta a su temperatura máxima de 1450 grados en un proceso de velocidad moderada, en donde se completa la reacción y la reactivación de alita y belita. La última fase de este proceso en donde el material cambia y empieza a enfriarse pasando por los 1300 grados hasta llegar a 1240, en donde existe la cristalización de fase líquida, principalmente aluminatos y ferrita.

El enfriamiento del clinker, reduce la temperatura de 1300 grados formando una capa de material extendida dentro del conducto, le es aplicado aire para bajar la temperatura y llegar a un ideal de 150 grados centígrados.

La molienda del cemento se da en un cilindro por donde el producto pasa a través de diferentes balines que van reduciendo en tamaño, lo cual también le sucede al producto, este es una molienda rotativa con declive.



Una vez terminado este recorrido el producto se considera como completado y es almacenado en silos verticales a prueba de humedad. El cemento portland termina como una mezcla de compuestos que son formados por las reacciones químicas dentro del horno, sus principales compuestos son; C3S, C2S, C3A y C4AF.

Depende de la empresa el procedo posterior puede variar, sin embargo lo mas común es prepara el producto para despacho en transportes o coloquialmente conocidas como "marranas", se puede almacenar en "Super Sacos", o bien en sacos para ser enviados a los distribuidores y consumidores.

CONCRETO; NUESTROS USOS



Arquitectonicos;

El concreto se utiliza en un sin fin de elementos estructurales, puede ser utilizado en mezclas para pisos, muros simples o de contención, colado de losas, columnas, vigas y hasta muebles residenciales y mobiliario urbano como lo hacemos en VELOSA - OPTICRETOS. La tecnología detrás de los elementos de concreto ha

evolucionado a tal grado que ahora podemos no solo lograr resistencia muy importantes sino que también estables y constantes, así como poder asegurar textura, color e inclusive trabajabilidad.

El concreto es un producto que permite muchas maneras de manejo pero requiere de mucha experimentación para poder lograr el resultado deseado, además de muchas mediciones para poder asegurar que bajo distintas condiciones se puede realizar una mezcla idéntica.

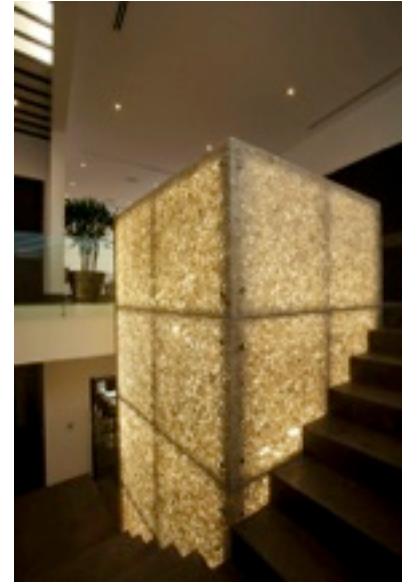
Estas estructuras se logran con distintos métodos, por ejemplo la banca fue creada a partir de paneles cuadrados y cortada con una maquinaria industrial CNC con aproximadamente 200 hrs de corte, haciendo esta pieza única y extremadamente costosa. La banca inclinada es una banca moldeada, reforzada con acero y fibras de polipropileno, fabricada en molde de madera, muy parecido al proceso de la mesa de ping pong,



Especialmente para este tipo de usos el cemento y el concreto debe estar muy bien respaldado técnicamente para poder asegurar los resultados de la fabricación de los elementos, ya que a diferencia del acero por ejemplo el proceso se puede apreciar a simple vista, en el concreto el proceso como es moldeado no se sabrá hasta que este se saque del molde.

Otro tipo de concreto que manejamos es el concreto translucido como el empleado en el cubo de escaleras de la Casa del Tec, en Monterrey N.L. en el cubo de escaleras. Esta casa fue diseñada por el Arq. Pablo Ferrara de Ferrara Arquitectos, para el Sorteo Tec.

Aunque no es un concreto común, también es considerado como tal, contiene propiedades cementantes y agregados, adicionalmente a las resinas que se le agregan para lograr el efecto translucido. Este tipo de concretos es de muy alto costo, teniendo precios de hasta 8 veces mayores a los concretos normales y comunes pero dando unas prestaciones arquitectónicas como ningún otro. (www.opticretos.com)



Estructurales;



Otros de los usos para el concreto es en elementos prefabricados estructurales para losas, en VELOSA creamos vigas pretensadas, losas alveolares y muros alveolares. Estos elementos tienen usos muy prácticos principalmente logrando claros libres de gran distancia entre

elementos cargadores principales, desde las vigas pretensadas de 11 cm que abarcan claros de 0 a 5 mts hasta las vigas tubulares que libran claros de hasta 12 metros con aligerante de poliestireno. Los usos son residenciales, comerciales y de edificación vertical. Las losas alveolares de 10, 15, 20 y 30 cm



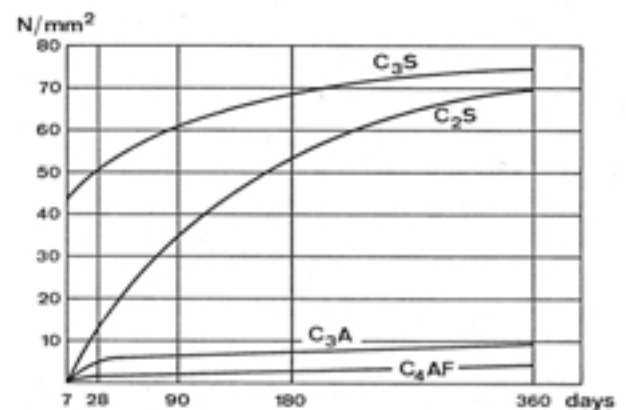
son elementos de 1.2 mts de ancho por claros a medida de proyecto que otorgan distintas prestaciones que las vigas, debido a que son elementos sin aligerante adicionales, ya que tienen alveolos que la aligeran por si sola, dan rendimientos de montaje mucho mayores y capacidades de carga por metro cuadrado mas interesantes.

Para la creación de estos elementos pretensados utilizamos concretos de alta resistencia y bajo revenimiento, los revenimiento son cero. El concreto no es moldeado sino extruidos por medio de maquinas que a lo largo de pistas de 150 mts de largo, una vez curado el concreto y que obtenga el 75% de su capacidad, el presfuerzo es liberado transmitiendo la fuerza al concreto, un procedimiento creado por el Ing. Freyssinet. (www.velosa.com.mx)

COMPUESTOS; DESARROLLO DE RESISTENCIA

COMPUESTO	NOMBRE	FUNCION
C3S	Silicato Tricalcico (Alita)	Aporta resistencia inicial en mayor medida, aporta un menor medida resistencia final, es el compuesto con mayor cantidad en la mezcla.
C2S	Silicato Dicalcico (Belita)	Responsable de la resistencia a largo plazo, en cantidad es el segundo mayor.
C3A	Aluminio Tricalcico (Aluminato)	Aporta características para el desarrollo de la resistencia inicial y el tiempo de fraguado, este elemento es el que causa contratiempos con calor y durabilidad.
C4AF	Ferro Aluminato Tetracalcico (Ferrita)	Poca reacción y muy ligera contribución a las resistencias finales

La Alita tiene una reacción inicial en la resistencia que continua evolucionando a lo largo del tiempo a continuación se expresa una gráfica en donde se puede apreciar la resistencia medida a 360 días. La Belita, tiene un comportamiento mas lineal a lo largo del tiempo, aportando resistencia inicial pero con un desarrollo a largo plazo, el Aluminato y la Ferrita, aportan poco a la resistencia y con muy baja evolución a lo largo del tiempo de ensaye.



COMPLEMENTOS CEMENTANTES

Los complementos cementantes aportan características cementantes específicas a la mezcla, dentro de los cuales se pueden encontrar la escoria, el humo de sílice, ceniza volante, puzolana natural entre otros. Dentro de las funciones que tienen estos elementos encontramos las de fijación del Ca(OH)_2 y lo convierten en silicato de calcio hidratado, estos son los complementos cementantes ricos en SiO_2 . La estabilidad de la mezcla, trabajabilidad, durabilidad y densidad son causados por el incorporamiento de estos complementos. EL calor de hidratación es una de las reacciones que tiene la mezcla con su incorporación.

La puzolana natural, es un material silicio aluminoso, se encuentra en bancos de piedra en la naturaleza. Como característica descriptiva es un material que no endurece por si mismo al mezclarse con agua, solo cuando esta finamente molido y en presencia de hidróxido de calcio empieza a actuar con sus propiedades cementantes y de protección de la mezcla de concreto contra reacciones Alcalinas y de sulfatos como las presentadas en la industria petrolera o marítima.

Escoria, es un subproducto que se compone de silicatos y aluminosilicatos calcicos, no tiene propiedades metálicas u oxidantes. Proviene del enfriamiento súbito del agua, vapor y el aire cuando es realizada la fusión de minerales féreos dentro del horno. este complemento aporta mayor ayuda a los sulfatos y a condiciones marítimas que las aportadas por la puzolana natural.

Ceniza Volante o Fly Ash, es una puzolana pero no natural es artificial, y proviene de la cocción del carbon en las plantas termoeléctricas. El otro compuesto importante es el microsíllice, que también es un elemento puzolanico sin embargo ultra fino, compuesto por sílice amorfa, se conoce también como Humo de Sílice. La finura de este compuesto es de entre 60 a 100 veces menor que la del cemento, a su vez es un elemento con un alto costo, superando a el cemento hasta casi 10 veces en valor.

PROBLEMAS EN LA FABRICACION

Como todo producto, la fabricación del cemento esta delimitada por una fina linea entre un producto de buena calidad y uno de mala calidad. Debemos tener en cuenta que el cemento puede tener reacciones muy distintas con poca variación dentro de la mezcla, como por ejemplo un exceso de hasta un 3% de la Cal Libre puede provocar expansiones en la pasta del cemento, causando grietas inesperadas. Una de las fallas que mas se manifiesta en los concretos y que es visible es la capa de carbonato de calcio que se le forma al concreto, especialmente visible en muros de contención aunque en veces en el block de cemento arena y tabiques. Esta falla aparece tanto en concretos como en morteros como manchas blancas o blancosas, y es causa del contacto con el agua con el cemento, produciendo Hidróxido de calcio que bajo condiciones especificas de viento, humedad y temperatura fluye a la superficie, y cuando esta reacciona con dióxido de carbono se produce la capa de carbonato de calcio.

Otra de las fallas que se puede prevenir mediante la reducción de consumo de agua, teniendo una cimbra hidratada (húmeda), un curado apropiado durante media semana al menos y protegiendo los colados del viento para evitar perdida de humedad es la Eflorescencia, esta no afecta a la resistencia ni la durabilidad.

El color no es una falla sino la mezcla, Oxido Férrico, contenido del Clinker y el tipo de adiciones que contiene la mezcla inicial, sin embargo es recomendable cuando se hacen elementos constructivos con concreto, utilizar la misma marca para que los tonos no se vean variados. Por ejemplo en Mexico podemos encontrar que la marca HOLCIM es característica por tener un concreto fraguado tipo verdoso, y CEMEX un color mas grisáceo. Por ultimo podemos mencionar el fraguado falso, que proviene de la deshidratación del yeso en la molienda del clinker a mas de 120 grados, al encontrarse inestable y humedecerse se rigidiza súbitamente, este fraguado falso se puede revertir con un premezclado de 5 minutos sin adicionar agua.

CONCLUSIONES PERSONALES

Hemos podido apreciar las virtudes del cemento y del concreto, desde su elaborado método de fabricación como sus características, tipos y usos. Queda claro que estos elementos son del desarrollo e ingenio del hombre, y que nos han permitido crear edificaciones cada vez de mayor envergadura.

Es importante recalcar que como todo en la construcción, es importante la calidad de los elementos y los procesos y que de ello depende la calidad de la obra en si, es el cemento parte primordial de las obras hoy en día, y es por eso que considero que el conocer mas a detalle el inicio de su proceso hasta el fin en el producto terminado es de mucha importancia. De esta manera el usuario no utiliza un polvo o una pasta sino un conocimiento que teniendo los cuidados apropiados puede emplear para hacer de algo bueno algo magnifico.

BIBLIOGRAFIA

1. [http://enciclopedia.us.es/index.php/Panteón_\(Roma\)](http://enciclopedia.us.es/index.php/Panteón_(Roma))
2. http://enciclopedia_universal.esacademic.com/100869/Vicat,_Louis-Joseph
3. www.opticretos.com
4. www.velosa.com.mx
5. <http://www.slideshare.net/mmoralesorea/antecedentes-historicos-del-concreto>
6. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lri/navarrete_m_e/apendiceD.pdf
7. Holcim Departamento Técnico (2012) Cemento Portland, Manual Técnico Holcim, Diplomado de la Construcción.
8. <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion4.Tipos.CEMENTOS.pdf>