



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Influencia del nanosílice en la durabilidad del concreto sometido a las reacciones químicas de sulfatos en la zona costera de la Avenida 2 de Mayo distrito de Ancón, Lima - 2019”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniera Civil

**AUTOR:**

Br. Osorio Pedraza, Karla Nikol (ORCID: 0000-0001-9443-2530)

**ASESOR:**

Dr. Córdova Salcedo, Felimón Domingo (ORCID: 0000-0003-0338-5156)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**Lima - Perú**

2019

## **Dedicatoria**

El actual estudio de investigación primeramente es para Dios, por ser el inspirador y proporcionar las ganas para prorrogar este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

De la misma manera, mi presente tesis es para mi mamá Ana Cecilia, que me ha criado con buenas enseñanzas, me ha inculcado buenos sentimientos, costumbre y valores, lo cual ha sido de gran importancia ya que en situaciones duras he sabido tomar buenas decisiones y salir adelante.

Así mismo, a mi padre Jorge Luis, quien con sus consejos ha sabido guiarme y siempre estuvo a mi lado, dándome su apoyo incondicional y recomendaciones para el futuro.

A mis hermanas, Pamela, Ana y Fernanda, por sus palabras y compañía durante este largo proceso porque siempre están dispuestas a ayudarme y escucharme en cualquier momento.

Finalmente, a todas aquellas personas que siempre estuvieron dando buenas brindar durante este proceso y así mismo ha colocado su granito de arena para que mi objetivo se cumpla.

## **Agradecimiento**

Esta tesis ha sido fruto del esfuerzo, la participación y la colaboración de varias personas e instituciones, a quienes hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

En primer lugar, a mi asesor del proyecto de investigación Mgs. Felimón Cordova Salcedo, le agradezco por el apoyo, orientación y recomendación en la elaboración de la misma.

A nuestra institución, Universidad César Vallejo, a los maestros competentes de la Escuela Profesional de ingeniería civil, que se ha involucrado en mejorar la formación profesional.

Así mismo al ing. Julio Ernesto Diaz Gutiérrez encargado del laboratorio de mecánica de suelos y materiales por brindarme los permisos necesarios para el uso del laboratorio para efectuar las pruebas de laboratorio y así mismo conseguir resultados eficientes planteados en el presente estudio.

Finalmente, dar gracias a mi familia, ya que siempre estuvieron apoyándome durante este periodo, a mis padres por apoyarme en superarme como profesional y por su apoyo económico todo este tiempo.

## **Página del Jurado**

## Declaratoria de Autenticidad



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, **OSORIO PEDRAZA, Karla Nikol** estudiante de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Informe de Investigación titulado:

**"Influencia del nanosilice en la durabilidad del concreto sometido a la reacciones químicas de sulfatos en la zona costera de la avenida 2 de mayo, distrito Ancón, Lima - 2019"**, es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima 08 de julio de 2019

Apellidos y Nombres del Autor <b>OSORIO PEDRAZA, Karla Nikol</b>	
DNI: 759 20264	Firma 
ORCID: 0000-0001-9443-2530	

INVESTIGA  
UCV

# ÍNDICE

Carátula .....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del Jurado .....	iv
Declaratoria de Autenticidad .....	v
ÍNDICE.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. Introducción .....	1
II. Método.....	40
2.1. Tipo y diseño de investigación:.....	41
2.2. Operacionalización de variables Variables.....	42
2.3. Población muestra y muestreo .....	47
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	49
2.5. Procedimiento Materiales y método .....	50
2.6. Métodos de análisis de datos .....	101
2.7. Aspectos éticos .....	102
III. Resultados.....	103
IV. Discusión .....	109
V. Conclusiones.....	111
VI. Recomendaciones.....	114
Referencias .....	115
Anexos .....	122

## RESUMEN

En el planeta el concreto es el material más empleado en el sector de la construcción ya que tiene la capacidad de adoptar distintas formas, bajo condiciones normales, pero por otro lado no se presta mucho interés a la característica de durabilidad del concreto, y las condiciones que este puede atravesar en un ambiente crítico como es un concreto expuesto un ambiente sulfatado, el cual afecta las propiedades físico-químicas de éste y se encuentra normalmente en ambientes muy cotidianos como son las zonas costeras. Por ello es importante analizar el diseño de concreto no solo en resistente, sino también desde el punto de vista durable.

En los últimos años, la tecnología se ha desarrollado cada día más en todos los sectores, específicamente en la construcción se ha dado a conocer la nanotecnología, en base a ello se ha generado la presente investigación que estudia la influencia del Nanosílice en la durabilidad del concreto sometido a la reacción química de Sulfatos en la zona costera, la cual se incorpora el Nanosílice ( HP 300) que es un superplastificante, usando cemento sol (portland tipo I), relación agua-cemento de 0.56. El diseño se hizo en base a la guía ACI 211.1. La mayor resistencia obtenida a la compresión en 14 días es  $349 \text{ kg/cm}^2$  y en 28 días es  $395 \text{ kg/cm}^2$  para concretos con 1.0% de nanosilice (1.0 NS). La resistencia mayor obtenida del ensayo a compresión después del ensayo de inmersión en agua salada por el periodo de 42 días  $374 \text{ kg/cm}^2$  para concreto con 1.0% de nanosilice. Así mismo, los concretos que presentan mejor calidad a los 42 días de estar expuesto a agente agresivos en base a la menor pérdida de masa con 0.00486 % peso seco y la mínima variación de pH es el concreto con 1.0% N.S. . Finalmente, el concreto con adición de Nanosílice presenta menos porosidad a los 42 días es 1.76% para concretos con 1.0% de Nanosílice (1.0 N.S.).

Se desarrolla un concreto patrón (CP) que no se le agrega ningún aditivo con la misma relación agua- cemento 0.56, para que se compare las propiedades en estado fresco y endurecido con cada una de las mezclas que se adiciona 0.5, 1.0 y 1.5% de Nanosílice en relación al peso del cemento respectivamente. Además de ello, hubo otro grupo con los mismos patrones que fueron sometidos a un ambiente agresivo como es el agua de mar, que fue tomado de la zona de estudio y se colocó en inmersión las muestras durante 14, 28 y 42 días, para luego analizarlas en base a los ensayos mencionados en el párrafo anterior.

**Palabra claves:** Nanosílice, Concreto, Durabilidad, sulfatos, agua de mar.

## ABSTRACT

On the planet, concrete is the most used material in the construction sector since it has the capacity to adopt different forms, under normal conditions, but on the other hand there is not much interest in the concrete's durability characteristic, and the conditions that this can cross in a critical environment such as exposed concrete sulfated environment, which affects the physical-chemical properties of it and is usually found in very everyday environments such as coastal areas. It is therefore important to analyze the concrete design not only in resistant, but also from a durable point of view.

In recent years, technology has been developed more and more in all sectors, specifically in construction has been released nanotechnology, based on this has generated the current research that studies the influence of Nanosilice on the durability of the concrete subjected to the chemical reaction of sulphates in the coastal zone, which incorporates the Nanosilice (HP 300) which is a superplasticizer, using sun cement (portland type I), water-cement ratio of 0.56. The design was made based on the ACI 211.1 guide. The highest resistance obtained by compression in 14 days is  $349 \text{ kg/cm}^2$  and in 28 days it is  $395 \text{ kg/cm}^2$  for concretes with 1.0% nanosilice (1.0 NS). The greater resistance obtained from the compression test after the immersion test in salt water for the period of 42 days  $374 \text{ kg/cm}^2$  for concrete with 1.0% nanosilice. Likewise, the concretes that present better quality at 42 days of being exposed to aggressive agents based on the lowest mass loss with 0.00486% dry weight and the minimum variation of pH is the concrete with 1.0% N.S. . Finally, the concrete with addition of Nanosilice presents less porosity at 42 days is 1.76% for concrete with 1.0% Nanosilice (1.0 N.S.).

A concrete pattern (CP) is developed that does not add any additive with the same water-cement ratio 0.56, so that the properties in fresh and hardened state are compared with each of the mixtures that are added 0.5, 1.0 and 1.5% of Nanosilice in relation to the weight of the cement respectively. In addition, there was another group with the same patterns that were subjected to an aggressive environment such as seawater, which was taken from the study area and the samples were immersed for 14, 28 and 42 days, and then analyze them based on the tests mentioned in the previous paragraph.

**Keywords:** Nanosilica, Concrete, Durability, Sulphates, seawater .



## **I. Introducción**

## REALIDAD PROBLEMÁTICA

El concreto es el componente principal en el sector de la construcción, ya que cuenta con propiedades mecánicas, capacidad de adoptar cualquier forma y su poca necesidad de mantenimiento de las estructuras construidas con él. En las últimas décadas las investigaciones se han enfocado en mejorar y evaluar las propiedades del concreto, pero lamentablemente a un existen abundantes patologías, un tema no abordado en su totalidad es la degradación del concreto sometido a una solución químicamente agresiva, específicamente un ambiente sulfatado, el cual afecta las propiedades físico-químicas de éste y se encuentra normalmente en ambientes muy cotidianos, como por ejemplo suelos, aguas subterráneas y aguas marinas.

“En algunos casos, la superficie del concreto está expuesto a evaporaciones que tiene sulfatos disueltos o sales, las cuales se depositan en aquellas superficies, aumentando su concentración de sales y por lo tanto reúne mayores posibilidades a producir deterioros y daños en la estructura” (Guzmán, 1986, p.154).

En el planeta, en los recientes 30 años, incremento el agrietamiento y degradación de estructuras de concreto debido a agente agresores como sulfato, humedad y cloruro, estos ingresan por medio de la red de poros lo cual genera que el contacto genere una reacción química y un esparcimiento en la pasta que finalmente da lugar a una fuerza que es capaz de agrietar y romper el concreto.

Para Guzmán (1986), “El concreto es más propenso a sufrir daños cuando se encuentra frente a el ataque de sustancias químicas en solución, estas ejercen una fuerza sobre sus superficies generando una presión que finalmente hará que estas soluciones agresivas penetren dentro del concreto por medio de los poros” (p.154).

Así mismo, en distintos países han realizado investigaciones al agua de mar lo cual tuvo como resultado una gran variedad de componentes químicos con una amplia gama de concentración. Además, una de las últimas investigaciones en Japón, revelo los diversos tipos de cloruros que contiene el agua de mar con un rango entre 0.01 y 0.20 mg de cloruro de sodio por  $\text{cm}^2$ . En otros estudios se tuvo como resultado concentraciones de altas magnitudes de ion cloruro, las cuales cambian aproximadamente en 21,700 ppm. Además,

obtuvieron resultados aguas de mar con elevado contenido de sales concentradas en un rango mayor a los 3800 ppm, pues son los valores más elevados en todo el mundo.

En el Perú, aun no se tienen datos exactos, pero es evidente la existencia de cloruros y sulfatos en el agua de mar y zonas costeras, estos componentes son altamente dañinos para los elementos de concreto. Además, el clima cálido de nuestras costas y la función de los vientos que generan el traslado de sales, originan ambientes sumamente dañinos que ocasionan fallas en el concreto, por otro lado, la corrosión en el acero de refuerzo de elementos armado.

“El concreto es aquel material que tiene la capacidad de desempeñarse en distintas condiciones atmosféricas, bajo la acción de sustancias químicas contenidas en agua, suelo y expuesto a distintos compuestos químicos. Por consiguiente, en algunos ambientes químicos- agresivos puede sufrir deterioro con el mientras pasa el tiempo” (Guzmán, 1986, p.154).

Actualmente el deterioro del concreto por Sulfatos son causas frecuentes de problemas en las viviendas localizadas en un ambiente marino, específicamente en av. 2 de mayo distrito de Ancón, existen obras de albañilería que presentan deterioros casi imperceptibles y otros daños evidentes como la pérdida de adhesión de las partículas de agregados y la pasta además de fisuras, como consecuencia se tienen costos excesivos de rehabilitación y prestación de servicios, pérdida de estética y dependiendo del grado de daño, podrían ponerse en riesgo vidas además de un desequilibrio en el análisis costo beneficio de todo proyecto. Para lograr condiciones de mejora y asegurar que los elementos estructurales conserven funciones primordiales de servicio (desempeño, estética y condición de seguridad), es importante el diseño del concreto desde el punto de vista durable y resistente frente a los agentes agresivos como los sulfatos.

En este contexto, el fin último de esta investigación, es realizar un concreto adicionado con Nanosílice para así determinar su comportamiento frente a los ataques químicos de sulfatos que existen en las zonas costeras.

## **TRABAJOS PREVIOS**

### **Antecedentes Nacionales**

Lopez, E. y Mamani, J.(2017) Influencia del Nanosílice y superplastificante en la durabilidad del concreto sometido a ciclos de congelamiento y deshielo de la ciudad de Puno. Tesis para adquirir el grado de ingeniero civil en la Universidad Nacional del Altiplano. La investigación es de enfoque Cuantitativos ya que los resultados son datos numéricos que se obtienen por medios de las pruebas del concreto y además es experimental ya que manipularas las variables por medio de una serie de experimentos que permita determinar la resistencia. El objetivo de la investigación es determinar la influencia del Nanosílice en la resistencia a la compresión del concreto y la porosidad de esta cuando se encuentra sometida a ciclos de congelamiento. Lo cual se tuvo como conclusión que la adición del Nanosílice aumenta su resistencia a compresión del concreto teniendo a los 28 días una resistencia para el concreto patrón de 233.82kg/cm<sup>2</sup> , para CP+ 0.5 una resistencia de 305.37 kg/cm<sup>2</sup>, para CP+1.0% una resistencia de 443.88 y finalmente para CP+1.5% una resistencia de 490.72 kg/cm<sup>2</sup> lo que indica que a medida que se incorpora mayor aditivo genera mayor resistencia, por otro lado en otra de sus conclusiones indica que disminuye la porosidad del concreto y en consecuencia mejora la durabilidad del concreto cuando se encuentra sometido a ciclos de congelamiento y deshielo.

Molina, F y Chara, H. (2017) Influencia de la Adición de Nanosílice en las propiedades de un concreto de alta para el departamento de Arequipa. Trabajo de investigación para obtener el grado de ingeniero Civil. La mencionada investigación tuvo como objetivo específico analizar las propiedades del concreto de alta resistencia con adición de Nanosílice en estado fresco y endurecido, lo cual tuvo como conclusión que el empleo de Nanosílice en la mezcla de concreto presenta trabajabilidad y cohesividad en las cuales se obtuvo valores de revenimiento de 7” a 9 ½ “ en la mezcla, se comprobó además que mientras las resistencia de diseño a la compresión aumenta también se incrementa la porción de cemento, finalmente se tuvo el análisis comparativo de las briquetas de concreto sin aditivo y adicionando aditivos teniendo como conclusión que el uso de Nanosílice eleva en grandes cantidades la resistencia del concreto. Además, los resultados que nos arrojó el ensayo en base a la resistencia a la compresión a los 28 días de edad, lograron valores en los parámetros de 100.96% a 159.76% de la resistencia de diseño para las distintas cantidades de incorporación del aditivo

alcanzadas en el estudio. El resultado más destacado de resistencia a la compresión de 670.98 kgf/cm<sup>2</sup> (159.76%), alcanzada en el diseño  $f'c= 420$  kg/cm<sup>2</sup> a una dosificación de aditivo Nanosílice de 0.8%, en veintiocho días. Además, Se aprecia en las briquetas de concreto sin incorporación de aditivo CPO, en las distintas incorporaciones su valor es menor que las resistencias a la compresión logradas actualmente en el estudio; la utilización necesaria del aditivo Nanosílice en los concretos de alta resistencia. Así mismo se tuvo como recomendación lo siguiente, asumir un riguroso control en aplicación de porción de Nanosílice a emplearse en los diseños de mezclas del concreto de gran resistencia, ya que al estar comprendidos en el orden de 0.8% a 1.2% su variación cambiará los valores requeridos.

Chileno, A. (2016) Relación del aditivo Nanosílice en la resistencia del concreto en la urbanización chorrillos- ciudad de Huancayo, 2016. Trabajo de investigación para obtener el grado de ingeniero Civil de Universidad Peruana los Andes. En el presente estudio, se empleó el método cuantitativo ya que recolecta datos para corroborar la hipótesis respecto a la medición numérica, asimismo su tipo de estudio es aplica ya que tiene la intención de generar solución a problemas concretos, además su nivel de investigación es correlacional. Del mismo modo su población objetivo estuvo conformada por la Urbanización Chorillos ciudad de Huancayo- Junín y por ende su muestra de estudio fue el Jr. Marte, corresponde al denominado muestreo no probabilístico. Esta investigación tiene como objetivo analizar si el aditivo es eficaz mejorando las propiedades del concreto en la urb. Chorrillos. Ciudad de Huancayo en el período 2016 lo cual se obtuvo como conclusión que el aditivo Nanosílice tiene gran relación con resistencia del concreto, generando que aumente de un  $f'c= 388$  kg/cm<sup>2</sup> (Concreto convencional) a  $f'c= 409$  kg/cm<sup>2</sup> (Concreto con incorporación de Nanosílice en 1%) a  $f'c= 432$  kg/cm<sup>2</sup> (Concreto con incorporación de Nanosílice en 3%) a  $f'c= 461$  kg/cm<sup>2</sup> (Concreto con incorporación de Nanosílice en 5%), es decir tiene influencia positiva en propiedades de la mezcla de concreto en estado fresco y endurecido, además concluyó que el empleo del Aditivo n Nanosílice en la mezcla de concreto en distintas dosis aumenta equitativamente la Resistencia a la Compresión del concreto para una Relación agua – cemento 0.50. Se recomienda realizar ensayos por durabilidad, del concreto con el aditivo Nanosilice para evaluar las mejoras en sus características para evaluar la destreza de resistir la acción del intemperismo.

Huincho, E. (2011) Concreto de alta resistencia usando aditivo superplastificante, Microsílice y Nanosílice con cemento portland Tipo I. Trabajo de investigación a optar el grado de ingeniero civil de la Universidad nacional de ingeniería. El presente estudio es de tipo descriptivo y experimental. El investigador deduce del presente estudio las consiguientes conclusiones: Las probetas de concreto con incorporación de Microsílice a un porcentaje de (10, 15, 20), tienen una mayor capacidad a la resistencia del concreto sometido a fuerzas de compresión en comparación con las probetas con incorporación de Nanosílice a un porcentaje de (1.0, 1.5, 2.0) , es decir la Nanosílice si ayuda a incrementar la resistencia del concreto a fuerzas de compresión pero no en tan grandes magnitudes como si lo hace la Microsílice, pero el beneficio de la Nanosílice es que su presentación es líquida y se usa en una proporción relativamente pequeña. Así mismo respecto a los ensayos realizados por el autor logró conseguir una relación de proporción idónea para la Microsílice la cual es un 10% para lograr una alta resistencia del concreto a la compresión de 1420kg/cm<sup>2</sup>, y para la Nanosílice con un 1% se llega a una resistencia del concreto a la compresión máxima de 968kg/cm<sup>2</sup> y si se requiere la combinación de ambos, la Microsílice y Nanosílice su proporción idónea es un 5% de microsilice y 0.5% de Nanosílice llegando con esto a lograr una resistencia del concreto de 1065kg/cm<sup>2</sup>. Si se desea tener un enfoque de cuál es la mejor opción de utilización (resistencia a la compresión)- el precio de la utilización de Nanosílice al 1% es mucho más beneficioso que la utilización de Microsílice al 10% no obstante la mayor resistencia del concreto a la compresión obtenida es con el 10% de Microsílice con 1423kg/cm<sup>2</sup> a una edad del concreto de 90 días. Finalmente se recomienda que la elaboración de estos concretos sea estrictamente controlada tanto a temperatura ambiente y la humedad relativa además de las temperaturas de todos los materiales utilizados, Además generar un curado óptimo en agua que tenga una temperatura estable, ya que los concretos de alta resistencia se pueden ver afectados por el cambio de temperatura.

### **Antecedentes Internacionales**

Niño (2013) Caracterización mecánica y de durabilidad de concretos de alto desempeño. Trabajo de investigación para obtener el título de ingeniero Civil en la Universidad Javeriana de Bogotá. El presente estudio tuvo como propósito evaluar la influencia sobre las propiedades en estado fresco, endurecido y de durabilidad de concretos de gran comportamiento adicionados con humo de sílice (Microsílice) y Nanosílice, llegando a la

conclusión que el Nanosílice proporciona mejoras en las diferentes propiedades respecto a los Microsílice, pero ambos mostraron resultados mejores al ensayo de penetración del ion cloruro, así mismo la adición de Nanosílice en el concretos relevo ser una opción viable técnica y económicamente. Finalmente, el autor deduce que agregar puzolánicas al concreto, genera mejor resultados de resistencias a compresión, a los 28 días y 90 días, no obstante, causo resultados negativos en el módulo de elasticidad y rotura ya que no fue efectiva para edades tempranas, causando alteraciones a las propiedades de los concretos, las cuales progresan en el transcurso de los días, especialmente a los 90 días donde se obtiene una óptima durabilidad. Así mismo se halló que en distintos aspectos los concretos incorporando Nanosílice desarrollan mejoras en las distintas propiedades respecto a lo que actualmente se utiliza convencionalmente, brindando una opción más económica a los concretos adicionados con HS. Finalmente la inclusión de Nanosílice al concreto mostro una opción técnica y económicamente más factible a diferencia de la que se emplea normalmente en la actualidad.

Vega, C. (2010) Efectos del sulfato de Calcio en la Durabilidad de mortero con adición de nanomoléculas de sílice. Trabajo de investigación para obtener el título de Ingeniero Civil en Obras Civiles. La presente investigación tuvo como objetivo específico inferir un mecanismo para la degradación del mortero por acción del sulfato de calcio, mediante análisis de pérdida de masa, variación de ph y microscopia electrónica previamente sometida a ensayo de inmersión es sulfato de calcio en solución. Así mismo se tuvo como conclusión que la razón 0.55 con una adición de 1.0% de Nanosílice es la muestra que tiene menor pérdida de masa a los 42 días de inmersión a comparación de las demás con una pérdida de 0.070 % en disminución del peso seco, de la misma manera en los resultados de variación de ph se hizo una comparación de A/C 0.55 y A/C 0.65, en los resultados demuestra que la para la relación 0.55 la adición de Nanosilice de 1.0% presenta una variación mínima durante el periodo de tiempo, por ende si bien es cierto el comportamiento de las muestras razón A/C 0.55 es distinto en comparación a las probetas A/C 0.65, esto atribuye que al tener mayor cantidad de cemento se obtiene un material menos poroso, por ende, se dificulta la entrada del agente químico en disolución, de tal forma el ataque disminuye notablemente.

Alcaraz, J. (2015) Microestructura del hormigón con adición de Nanosílice. Trabajo de investigación para lograr obtener el grado de ingeniero Civil en la Universidad Politécnica

de Cartagena. La presente investigación tuvo como finalidad indicar como es el desarrollo del hormigón a nivel microestructura además de analizar los resultados a favor y en contra de la incorporación de N.S., finalmente tener el porcentaje óptimo de N.S. y con ello mejorar el tiempo de vida de las estructuras. Para lo mencionado tuvo como conclusión que el uso del Nanosílce en el concreto genera resultados positivos en el comportamiento mecánico de los morteros, concretos y hormigones investigado de igual manera las resistencias se incrementan añadiendo Nanosílce, esto ocurre porque el N.S. contiene reacción puzolánico gracias a su gran superficie específica la cual genera una aceleración del proceso de hidratación, finalmente el ensayo de resistencia del concreto a compresión y flexión de hormigones con Nanosílce es mayor que la de hormigones planos con la misma relación a/c. Además los estudios por SEM muestran que las partículas de Nanosílce no solo actúan como activadores de la hidratación debido a su potencial puzolánico, sino que, las partículas no consumidas actúan como fillers, es decir rellenan poros de tamaño nanométrico generando una compactación de la microestructura. Por otro lado, la trabajabilidad, viscosidad, tiempo inicial y final de fraguado se reduce con la incorporación de la cantidad de NS. Por otro lado, se puede mencionar que existe posibilidad combinar N.S. con otros materiales nanométricos, para obtener resultados superiores.

Gómez, D. (2013) Impacto económico del uso de aditivos a base de Nanosílce en mezclas de concreto con cenizas volantes. Caso: Ahinco S.A., Trabajo de investigación para adquirir el grado de ingeniero Civil en la Escuela de Ingeniería de Antioquia. La mencionada investigación tuvo como conclusión que el aditivo Nanosílce contribuye de forma positiva a la resistencia a la compresión axial sin dañar la trabajabilidad, acabado ni el color de los mismos y los beneficios económicos son mayores. Respecto a los resultados de las pruebas en laboratorio se realizaron curvas de resistencia vs. tiempo para las muestras analizadas, lo cual se identificó un fenómeno, que a pesar que no es objetivo del estudio de investigación es importante mencionar, que los resultados nos muestran las altas resistencias lograda a temprana edad, y estas van aumentando mientras pasan los días. Este aumento en la capacidad de carga es un gran beneficio y es favorable para los ingenieros estructurales, quienes tendrán la opción reducir las medidas de los elementos estructurales empleando los beneficios del aditivo y la ceniza, la última opción generar aporte de resistencia a los 90 días y después de ello significativamente. Lo menciona es de gran importancia para el grupo AHINCO S. A. Ingeniería y Vivienda S. A. y Concepto Ingeniería S. A. S, pues se podrá



disminuir costos en la construcción de un proyecto. Como conclusión podemos indicar que ha quedado demostrado la importancia del uso Nanosílice. Entonces será fundamental para AHINCO S. A. seguir con este prototipo de investigación para proveer concretos de alta calidad y costos menores que los presentes.

Comité ACI 201.2R-01, 2001); en su informe de Guía para la durabilidad del hormigón; indica que la durabilidad del hormigón de cemento hidráulico se determina como la capacidad para resistir la acción de la meteorización, los ataques químicos, la abrasión, corrosión de metales, reacciones químicas de los agregados, congelamiento y deshielo o cualquier otro proceso de deterioro.

## **TEORÍAS RELACIONADA AL TEMA**

### **Propiedades del Concreto**

#### **Concreto en estado fresco**

Según Porrero, Ramos, Grases y Velazco (2014) manifiestan que: “se llama concreto en estado fresco al material que se encuentra en estado fluido, es en otros términos desde el instante que los materiales son mezclados hasta que se inicie el endurecimiento de la masa (periodo plástico)” (p.45).

Así mismo como el autor nos explica, concreto en estado fresco es aquel que recién ha sido mezclado, el cual se encuentra en estado fluido (plástico) y tiene la capacidad de tomar cualquier tipo de forma hasta que inicie el fraguado y posteriormente el endurecimiento.

A continuación, se describen los tipos de propiedades más importantes en este estado y su respectivo ensayo a realizar en este estudio.

#### **Toma de muestras.**

Para realizar la toma de muestra del concreto en estado fresco se deberá usar tandas representativas del tercio central del concreto promedio, así mismo el proceso seguirá de acuerdo con lo planteado en la NTP 339.036.

Las muestras deberán ser empleadas durante los 15 minutos después de ser tomadas, durante este periodo debe protegerse del sol, las lluvias, el viento para prevenir la desaparición del agua que contiene la mezcla de concreto.

### **Trabajabilidad**

Según Abanto (2009) manifiesta que la trabajabilidad “es el grado de manejabilidad que tiene el concreto cuando se encuentra estado fresco para ser mezclado, colocado y compactado y acabado sin segregación y exudación mientras estos procedimientos” (p. 47).

El procedimiento convencional de medir la trabajabilidad se realiza mediante la prueba de asentamiento con el cono de Abrams que permite obtener el “Slump”, es muy importante tener en cuenta la NORMA ASTM C143 o NTP 339.035 , este ensayo permite obtener una rango numérico a esta propiedad, sin embargo es necesario tener en cuenta este ensayo va enfocado a la uniformidad de la mezcla más que a la trabajabilidad de esta, ya que es un procedimiento para hallar variación de uniformidad de cada una de las mezclas en relación a la porción de H<sub>2</sub>O y/o granulometría.

**Tabla 1 : Clases de mezcla según su asentamiento**

Consistencia	Slump	Trabajabilidad	Método de Compactación
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración Normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración Ligera
Fluida	Mayor a 5"	Muy Trabajable	Chuseado

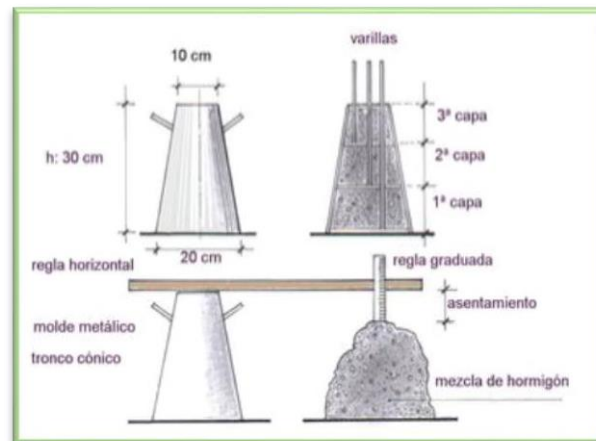
Fuente: (Abanto, 1994, p.49)

Para evaluar la propiedad de la trabajabilidad en la masa del concreto se debe emplear la prueba de asentamiento, o revenimiento en el cono de Abrams, teniendo en cuenta la norma ASTM C 143. C o NTP 339.035.

### **Ensayo de Asentamiento**

Para desarrollar el ensayo de asentamiento se emplea un molde con una simetría cónica que tiene una dimensión de 30cm de alto, con un radio superior en la base de este de

5cm, y el radio inferior de 10 cm. Para realizar compactación de la mezcla de los agregados, cemento y agua se usa una barra lisa de acero estándar de 5/8" (16mm) de diámetro, tiene una de 60 cm y es de forma redondeada en el extremo, en la siguiente figura se puede apreciar el procedimiento y materiales.



*Figura 1. Cono de Abrams*

NTP 339.035

### **Concreto en estado endurecido**

Como nos menciona la UCP en su guía Tecnología del Concreto:

Antes de terminar el proceso de endurecimiento del concreto, este pasa por dos periodos durante su desarrollo del proceso general que son: el fraguado inicial, el cual la mezcla va perdiendo su plasticidad haciendo que su pasta sea difícil de trabajar, mientras transcurre este proceso llega a la siguiente etapa el fraguado final donde la mezcla termina endureciéndose totalmente y adquiere una dureza considerable donde el proceso de hidratación del concreto termina el estado plástico para llegar al estado rígido. (2016,p25)

La universidad científica del Perú nos indica en su guía del curso de tecnología del concreto, que el concreto es una materia que pasa por dos etapas muy importante el estado fresco y endurecido, a su vez el primero corresponde a un concreto que tiene la propiedad de trabajabilidad, plasticidad en la cual puede tomar cualquier forma, pero cuando este entra a la segunda etapa comienza a aumentar la resistencia y durabilidad.

A continuación, se exponen los ensayos de caracterización habituales para un concreto en estado endurecido.

## **Resistencia a compresión.**

La resistencia de un material es la capacidad de resistir esfuerzos y cargas sin fallar.

Respecto a la Resistencia a compresión, Abanto especifica que:

Se realiza la resistencia a compresión por el fácil proceso en realizar los ensayos y además la mayor parte de las características del hormigón incrementa la capacidad de resistir. La resistencia en compresión del hormigón se define como la carga máxima para unidad de área del patrón que se ensayara, antes de llegar a la falla por compresión. (Agrietamiento, rotura). (1994, p. 51).

Respecto a lo mencionado anteriormente podemos añadir que este ensayo se realiza por medio de probetas que se toman de una misma muestra de concreto y se realiza a los 7, 14 y 28 días, este ensayo tiene la finalidad de verificar la resistencia con la que ha sido diseñada y estar completamente seguros de la calidad del concreto, así mismo la NORMA E 060 señala que como mínimo deben ser ensayadas dos probetas del mismo diseño de concreto para corroborar su resistencia en los ensayos.

La resistencia a la compresión de una briqueta cilíndrica se estima mediante el siguiente calculo (1) :

$$f'c=PA \text{ (kg/cm}^2\text{)}; A=\pi\phi^2/4 \text{ .....(1)}$$

Dónde

$f'$ : Es la resistencia de rotura del hormigón.

$\phi$ : Diámetro de la briqueta cilíndrica (cm)

$P$ : Carga de Rotura (kg)

Los moldes que se emplearan para realizar las briquetas deben ser no absorbentes es decir impermeables y no reactivos con el cemento. De acuerdo a la norma específica que los

moldes normalizados son aquellos fabricados de acero, pero provisionalmente se usan moldes de material plástico de calidad dura.

### **Desarrollo de la resistencia a compresión del concreto**

Es necesario tener en cuenta para conseguir un concreto de alta calidad, después del mezclado, durante el proceso de las primeras etapas de su endurecimiento se debe realizar un adecuado curado. El curado es brindar al concreto la humedad y temperatura necesaria para alcanzar las propiedades que fueron planteadas en el diseño de mezcla.

En el cuadro 2 se observa la resistencia del hormigón en distintas edades y a los 28 días donde alcanza el 100% de resistencia :

**Tabla 2: Relación entre la Resistencia a la Compresión del concreto en diferentes etapas y la resistencia a los 28 días**

Tiempo	7 días	14 días	28 días	90 días	6 meses	1 año	2 años	5 años
$f'c(t)/f'c28$	0.67	0.86	1	1.17	1.23	1.27	1.31	1.35

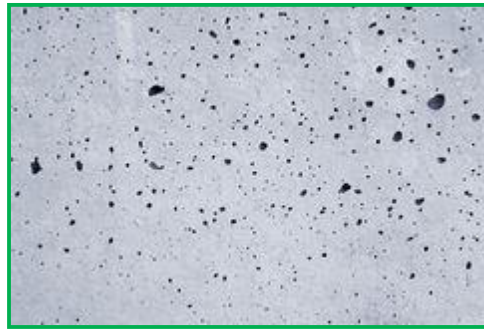
Fuente: (Harmsen, 1995, p.22)

### **Porosidad**

Rivva (2006) explica como porosidad a la “medida de superficie libres o vacíos que están sumergidos dentro de la mezcla del hormigón resultado del agua libre evaporada de la pasta y el aire naturalmente atrapado. Existen distintos tipos de poros y se clasifican de acuerdo a su tamaño” (p.24).

El agua al estar ocupando un espacio, y evaporarse en forma parcial más el aire atrapado, deja millones de vacíos entrecruzados en todas las direcciones; estos espacios pueden unirse debilitando el concreto al generar unos pequeños conductos capilares. La

porosidad es una variable de gran importancia en el concreto ya que si es un concreto libre de vacíos se consigue el desarrollo adecuado de la durabilidad y resistencia.



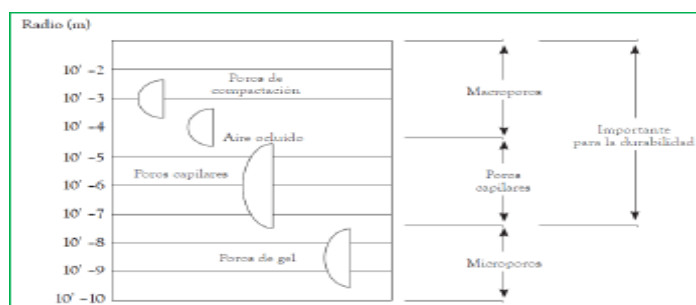
**Figura 2. Porosidad en el Concreto**

Según Sánchez (2003), “los poros se clasifican según su medida entre ellos se tiene a macroporos, poros capilares y microporos” (p.34).

En la siguiente figura muestra lo mencionado anteriormente por los autores

Rivva , manifiesta que:

Los principales pertenecen a las pequeñas burbujas de aire que son atrapadas en su estado natural (poros de compactación) , su diámetro de estas es mayor a 0.2 mm (200 micras); los secundarios son los pequeños poros ubicados en la capa exterior del gel de cemento, su forma y tamaño es variable y se localizan en un rango de diámetro de 0.00002 mm (0.02 micras) y 0.2 mm (200 micras), y pueden o no estar interconectados y abiertos al exterior, mayormente cuando se incrementa el número de poros capilares, la posibilidad de sufrir ataques químicos, físicos y biológicos incrementan ya que disminuye su resistencia a este tipo de ataque; y finalmente los terceros están constituidos por poros de la pasta endurecida e hidratada (poros intersticiales del gel de cemento), el diámetro de estas e inferior a los 0.00002 mm (0.02 micras). Generalmente los poros no realizan intercambio de H<sub>2</sub>O con el ambiente que los rodea.



**Figura 3. Distribución de Poros en el concreto**

(Sanches, 2003)

EL autor Rivva explica que existen tres de tipos de poros, se clasifican de acuerdo a su origen además cada uno de ellos tiene distintas medidas, estos espacios huecos se atan entre si dando lugar a la porosidad. Así mismo la porosidad determina cantidad de sustancias agresivos que pueden ingresar a la masa por medio de ellos, teniendo como consecuencias debilitando y finalmente causando destrucción en el concreto endurecido.

Los poros mantienen una relación importante y directa con la durabilidad del concreto y el traslado de sustancias hacia este son los macroporos y los poros capilares.

Para ello los valores de porosidad se hallan con la siguiente formula (Páez et al, 2009, p.103):

$$PA = \frac{(P_{sss} - P_s) * 100}{(P_{sss} - P_m)} \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

PA : Porosidad abierta, en porcentaje.

P<sub>sss</sub> : Peso de la muestra saturada superficialmente seca.

P<sub>s</sub> : Peso seco de la muestra.

P<sub>m</sub> : Peso sumergido de la muestra.

### **Durabilidad del concreto**

La durabilidad del concreto es un aspecto muy significativo desde hace muchos años, debido a su significancia trasciende en el nivel de servicio del concreto, además del gran impacto económico en el área de construcción.

El código de diseño ACI (2001) determina la durabilidad del concreto de cemento portland como “la capacidad para resistir la acción de la meteorización, los ataques químicos, la abrasión, o distintos procesos que produzca daños o deterioro del concreto”.

Algunos investigadores puntualizan la durabilidad como la propiedad del concreto endurecido para resistir la acción del medio ambiente que está expuesto el material, así como los ataques, ya sea químicos, físicos o biológicos, a los cuales puede ser vulnerable; la acción

del fuego y los efectos de la abrasión además de la acción de la corrosión y/o cualquier otro proceso de degradación.

**Tabla 3: Clasificación de los agentes agresivos y sus efectos**

Grupos	Agente agresivo	Efecto sobre el hormigón
Efectos mecánicos	Carga, sobrecarga, choque. Impactos y rozamientos. Agua corriente y aire.	Grietas, principalmente en el conglomerante. Erosiones. Trituración. Erosión, cavitación.
Efectos físicos	Variaciones de temperatura y diferencias. Cambios de humedad y no uniformidad. Fuego. Temperatura alta. Corriente eléctrica y radiación.	Grietas, fallos en la unión cemento/árido. Grietas y pérdida de unión cemento/árido. Grietas y cambios químicos. Corrosión armaduras, disolución enlace cemento/árido.
Efectos químicos	Aire y otros gases. Aguas agresivas. Productos químicos. Suelos y suelos minerales.	Anulación enlace pasta/árido, $\text{SH}_2$ , $\text{SO}_2$ , $\text{CO}_2$ y $\text{NH}_3$ reaccionan. Anulación unión pasta/árido. Reacciones de $\text{SO}_4\text{H}_2$ ; sulfatos aguas carbónicas, cloruros. Reacciones de ácido y sales ácidas. Reacciones de ácidos débiles, de sulfatos zeolitas.
Efectos biológicos	Vegetación. Microorganismos (bacterias, formas microscópicas de vida orgánica).	Fisuras. Ataque por jugos. Humedad. Formación de sulfatos. Relajación mecánica de la textura.

Sin embargo, Katpady, Hazehara, Soeda, Kubota y Murakami sostienen al respecto:

Permeabilidad de concreto es un indicador importante de su desempeño en términos de durabilidad [...] el ingreso de sustancias es la principal causa de efectos perjudiciales en el concreto. Su penetración en el hormigón se rige por el poro de la estructura. Por lo tanto, la permeabilidad que es altamente correlacionado con la porosidad y la distribución del tamaño de los poros del concreto. (p.1, 2018).

Por otro lado, una alternativa muy significativa de los recientes años en base a la durabilidad del concreto es incorporar puzolana a la mezcla, ya que esta causa que el hormigón sea más durable al reducir su permeabilidad. La única forma de tener bajo volumen de poros es para asegurarse de que la mezcla contenga partículas graduadas hasta el tamaño más fino. Esto se logra mediante el uso de la puzolana que llena el espacio entre el cemento. Partículas y agregados. (Ponnada y Prasad, 2016, p.28).



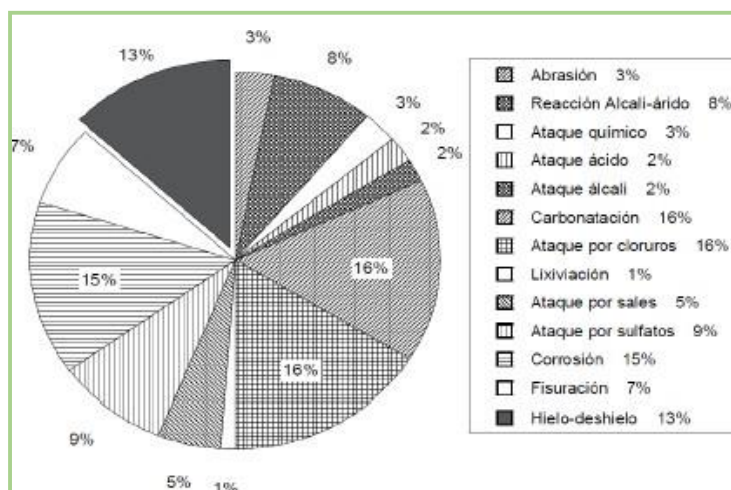
## **Factores que Afectan la Durabilidad del Concreto**

La Norma Mexicana NMX-C-155-ONNCCE-2014 menciona que la durabilidad es:

La característica inherente del concreto para durar favorablemente los años para la que fue diseñada una estructura, para los climas de cada ambiente, el ataque químico o por abrasión y poder evitar con eso daños estructurales en el acero estructural de refuerzo y más elementos de composición metálica que puedan ser atacados por la corrosión o por cualquier proceso que pueda deteriorarlos, con el principal objetivo de que el concreto conserve su forma con la cual fue encofrada originalmente, cumpla con las mismas condiciones de servicio y mantenga sus propiedades mecánicas

Teniendo en cuenta estas situaciones, la perspectiva de generar mejoras en la durabilidad y por tanto el tiempo útil de una estructura, dependerá de las condiciones de exposición al medio ambiente, condiciones de servicio y los procedimientos constructivos del elemento.

Los agentes que causan mayores daños en el hormigón afectando negativamente la durabilidad del concreto están dados por ataque de sulfatos, cloruros, los ácidos, la carbonatación, la exposición al agua de mar ya que contiene un alto grado de salinidad, corrosión del fierro de refuerzo y reacciones químicas; así como, la permeabilidad, malos procesos constructivos durante y posterior a la colocación del concreto.



***Figura 4. Mecanismos físicos y químicos del deterioro del concreto***

(Basheer et al, 1996)

## **Ataque Químico al Concreto**

En muchos casos el concreto no es debilitado por sustancias químicas secas y sólidas. Para que estas sustancias provoquen un ataque significativo en el concreto endurecido es necesario que estas estén en solución.

Según Fernández (1998), “El concreto es más vulnerable cuando se encuentra expuesto a soluciones agresivas ejerciendo fuerza en sus lados, esta fuerza hace que las sustancias agresivas penetren e ingresen por medio de los poros hacia su interior” (p. 47).

Por lo tanto, se define como ataque químico al concreto a aquellos procesos de degradación que son ocasionados por agentes agresivos procedentes de sustancias químicas de ambientes externos a la estructura los cuales se introducen a su interior en forma de solución y reaccionan con la pasta de cemento.

Los elementos que generan inquietud son la exposición a los sulfatos, cloruros, los ácidos y la carbonatación dando paso a la corrosión del refuerzo y al deterioro del concreto; este tipo de ataques se explican detalladamente a continuación



*Figura 5. Ataques químicos al concreto*

(Elaboración propia)

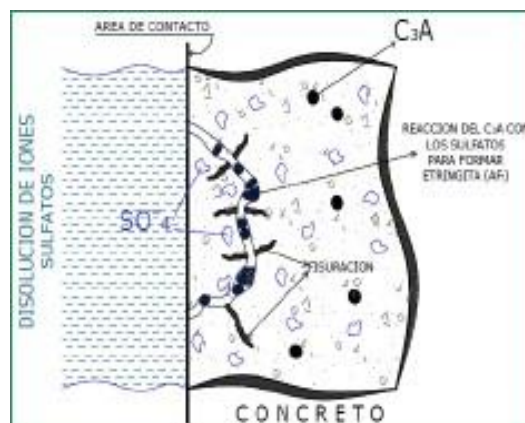
## Ataques de Sulfato

Neville (1999),” Las sales sólidas no generan destrucción en el concreto, pero, cuando estas se manifiestan en solución, se activan con la pasta del cemento hidratado generando daños en el concreto. Generalmente los sulfatos que se presentan con mayor frecuencia son sodio, potasio, magnesio y calcio, estos se encuentran en el suelo, agua freática o zonas cercanas al mar” (p. 367).

La causa del deterioro pueden ser por distintos factores, especialmente , los sulfatos al juntarse con la cal y aluminato tricálcico  $C_3A$ , generan una reacción química en la masa del cemento húmedo, creando sulfato de calcio  $CaSO_4$  (yeso) y sulfoaluminato de calcio  $C_3A \cdot 3CaSO_4$  (estringita); estos dos elementos ocupan más espacio que los elementos que están sustituyendo, consecuentemente dan cavidad a una esparcimiento en la pasta del concreto, lo cual produce grandes tensiones, que finalmente el concreto no puede adsorberlas lo cual como consecuencia desencadena una serie de agrietamiento y fractura del concreto endurecido.

Otra causa de deterioro se produce cuando las viviendas de concreto se encuentran en zonas costeras ya que los sulfatos son transportador por la brisa marina y se depositan en la superficie del concreto desde donde empieza a causar daños sobre todo por la humedad existente en el medio.

La presencia de sulfatos solubles más abundantes es: sulfatos de magnesio, de calcio, de sodio y de potasio, son sales que afecta la durabilidad del concreto y se presentan por medio de la exudación de aspecto blanquecina llamada eflorescencia.



### ***Figura 6. Acción de los Sulfatos***

**Fuente: Bernal (2009)**

Las sales cuando se encuentran sólidas no generan daños concretos, pero estas pueden activarse y mantenerse solubles cuando se encuentran en contacto con la pasta del cemento hidratado. Los sulfatos comunes son; sodio, calcio, magnesio y potasio.

### **Concreto Expuesto a Ambientes Marinos**

Costa y Appleton, (1999) manifiestan que:

La conducta de los elementos de concreto en el ambiente marino demuestra que es la causa principal de la angustia debida al ataque de Sulfatos y cloruros. Es los últimos años es un problema mundial con graves consecuencias económicas ya que causa severos daños en el concreto. (p. 252)

El agua de mar es uno de los elementos principales de los agentes naturales capaz de producir daños y destrucción en el hormigón.

Cuando el agua de mar y los sulfatos transportador por la brisa marina tiene forma de ingresar al concreto por medio de permeabilidad o fisuras, está acelerará el desarrollo de la oxidación del acero que refuerza el concreto y la gravedad del ataque químico, que se puede generar en el concreto sumergido, o de los elementos cercanos a las zonas costeras. El concreto que presenta ciclos de humedad y secado es más propenso a sufrir ataques químicos debido a la evaporación del agua y la penetración de sales.

En la siguiente tabla se muestra de forma aproximada la cantidad de componentes que contiene un litro de agua de mar

**Tabla 4: Componentes que constituyen el Agua de mar**

Componente	Formula química	Cantidad
Cloruro de sodio	NaCl	27
Cloruro de magnesio	MgCl <sub>2</sub>	3.2
Sulfato de Magnesio	MgSO <sub>4</sub>	1.6
Sulfato de calcoo	SO <sub>4</sub> Ca	1.3
Sulfato de potasio	SO <sub>4</sub> K <sub>2</sub>	0.8
Cloruro de potasio	ClK	0.5
Carbonato de calcio	CO <sub>3</sub> Ca	0.1
Varios bromuro de sodio, cloruro de estroncio etc	NaBr SrCl	0.5

*\*Valores Expresados en gramos por cada litro de agua de mar*

### **Procesos de Ataques por Sulfatos**

Al respecto Kumar y Monteiro manifiestan que:

La degradación del concreto por los sulfatos, es las consecuencias de las reacciones químicas entre el cemento portland hidratado y los iones de sulfato generados por un agente externo. El ataque por sulfatos puede presentarse de dos formas, mediante expansión del concreto y por pérdida de la resistencia y de la masa. (1988, p. 152).

Cuando el concreto presenta fisuras, tiene una mayor permeabilidad dando paso fácil al agua con presencia de sulfatos, originando que el concreto se expanda y ocasione daños estructurales.

Existen dos reacciones químicas que se generan por los ataques de los sulfatos en el concreto:

Reacción del sulfato con hidróxido de calcio expulsado mediante la hidratación del cemento, produciendo sulfatos de calcio (yeso).

Reacción del sulfato de calcio junto con aluminato de calcio hidratado, produciendo sulfoaluminato de calcio (etringita).

Ambas reacciones producen aumento en el volumen de sólidos, a procedencia de la extensión y desintegración de los concretos expuestos a soluciones de sulfatos. Es importante resaltar que sulfatos y los químicos en general, causan daños en el concreto si se

encuentra en solución, pues si estos se encuentran en forma sólida no generan daños en el concreto.

## **Norma E. 060.**

### **Norma E 060 – Exposición a Sulfatos**

La norma indica que para concretos que se encuentra en zonas donde existe sustancias dañinas o superficies que tengan sulfato, se tiene que tomar en cuenta los siguientes requisitos especificados en la tabla 5.

Es necesario tener en cuenta que un concreto expuesto a ambientes sulfatados debe efectuar las indicaciones de la norma, en base a su relación agua – cemento máxima y  $f_c$  mínimo además de ello es necesario que el concreto contenga un cemento que sea resistente a sulfatos. La siguiente tabla mostrara las indicaciones de la norma E 060.

Además, es necesario tener una adecuada elección del cemento, así mismos existen algunos requisitos muy importantes que se deben tener en cuenta para lograr tener un concreto durable expuesto a zonas con superficies con gran cantidad de sulfatos, como: menor relación agua- cemento, resistencia, correcto incorporación de aire, asentamiento poco trabajable, apropiada compactación, curado con humedad óptima para conseguir el desarrollo de las propiedades, de acuerdo al diseño de mezcla realizado para el concreto.

**Tabla 5: Requisitos para concreto expuestos a soluciones de Sulfatos ( 4.4.)**

Exposición a sulfatos	Sulfatos solubles al agua (SO <sub>4</sub> ) en el suelo, porcentaje en peso.	Sulfatos (SO <sub>4</sub> ) en el agua, ppm	Tipo de cemento	Concreto con agregado de peso normal.
				Relación agua-cemento, en peso*
Insignificante	0.00-0.10	0-150	-	-
Moderada†	0.10-0.20	150-1500	II, IP(MS), IS(MS)	0.50
Severa	0.20-2.00	1500-10,000	V	0.45
Muy severa	Mayor que 2.00	Mayor que 10,000	V Más puzolana † †	0.45

\*Una relación agua-cemento inferior o una mayor resistencia pueden llegar a ser necesarias para protección contra la corrosión de los elementos embebidos o por hermeticidad o por congelación y deshielo (Tabla 7.1)

† Agua de mar

† † Puzolana que por ensayos o por registros de servicio haya confirmado mejorar la resistencia a los sulfatos cuando se emplea en concretos que contengan cemento Tipo V.

**Fuente: Norma E 060**

### **Norma E 060 – Requisitos para condiciones Especiales de Exposición**

Los concretos propensas situaciones particulares de exposición señalada en el siguiente cuadro, donde tiene que respetar las relaciones máximas de Agua – material cementante y con la resistencia mínima.

**Tabla 6: Requisitos para condiciones especiales de exposición (4.2.)**

REQUISITOS PARA CONDICIONES ESPECIALES DE EXPOSICION		
Condicion de la exposicion	Relacion maxima agua - material cementante ( en peso) para concretos de peso normal *	f'c minimo (MPA) para concretos de peso normal o con agregados ligeros
Concreto que se pretende tenga baja permeabilidad en exposicion al agua	0,50	28
ciclos de congelamiento y deshielo en condiciones humeda o a productos quimicos descongelantes	0,45	31
Para proteger de la corrosion el refuerzo de acero cuando el concreto esta expuesto a cloruros provenientes de productos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o a salpicaduras del mismo origen	0,4	35

\*Cuando se utilicen ambas tablas simultaneamente, se debe utilizar la menor relacion maxima agua- material cementante aplicable y el mayor f'c minimo

**Fuente: Norma E 060**

## Nanotecnología

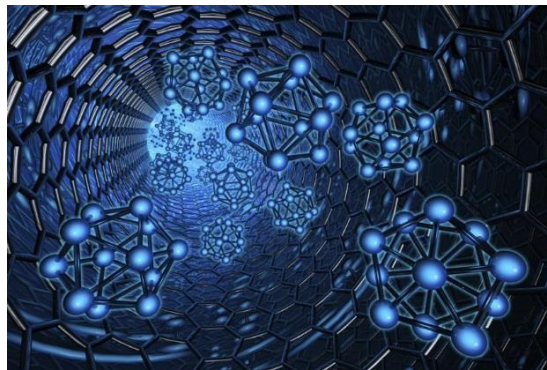
El termino está compuesto por la preposición “nano” que es la millonésima parte de alguna cosa, según el sistema internacional multiplicar por el factor  $10^{-9}$  (1 nanómetro = 1nm =  $10^{-9}$  m), a través del control de la materia reordenando los átomos y la estructura molecular

Ledererova, (2016), “La nanotecnología abarca la ciencia, la ingeniería y la tecnología a nano escala que involucran imágenes, medir, modelar y manipular la materia en esta escala de longitud.”

La Revista ESTIIC manifiesta que:

La nanotecnología no es una tecnología específica; ni siquiera un conjunto de tecnologías bien definidas. La nanotecnología es un rama extensa y distinta a la tecnología en el cual crean, proyectan, caracterizan, producen y aplican estructuras, componentes y sistemas conservando un inspección adecuada en basa al tamaño y la forma de sus elementos complementarios (átomos, moléculas o macromoléculas) a nivel de la escala de la nanómetros, de tal forma que dichas estructuras, componentes o sistemas contengan como mínimo una característica nueva o mejorada respecto al pequeño tamaño de sus componentes.

La nanotecnología maneja una extensa jerarquía de disciplinas técnicas y científicas con la intención de investigar partículas, materiales y estructuras que involucran el origen de nuevos materiales que poseen por lo menos una medida espacial menor a los 100nm, siendo un nanómetro la millonésima parte de un milímetro. Los elementos conformados por estructuras de diminutas dimensiones, que contienen características diferentes a los elementos convencionales, particularmente de que estén formados por semejantes constituyentes químicos. Es decir, contiene nuevas propiedades mecánicas, químicas entre otras. El padre de la nanotecnología y responsable de informar la generación del origen del nano mundo fue Richard Feynman, por medio su exposición que realizo en el periodo de 1959 “There’s Plenty of Room at the Bottom” o incorrectamente convertida al castellano, “En el fondo hay espacio de sobra”. Así mismo Richard gana el premio nobel de física en el año 1965, este investigar de física nos conocer la imaginación a un nuevo mundo de posibilidades a crear y desarrollar (Henche, 2011, p.7).



*Figura 7. Nanotecnología*

### **Nanotecnología en la Industria de la Construcción**

La nanotecnología fue incorporada en distintas ramas de la industria, aunque algunos científicos indican que la rama de la construcción ha mostrado algunos atrasos a comparación con otras ramas como química farmacéutica, la electrónica y automovilística, en las cuales se han conseguido resultados consolidados e incluso muchos de ellos se han colocado en el mercado.

El instituto Tecnológico de la construcción (AIDICO) manifiesta que: “Las investigaciones con mayor envergadura en la nanotecnología ha sido los materiales cementante con extensos saberes y entendimiento de los fenómenos que están a medida de



nano escala (por ejemplo, la estructura y las propiedades mecánicas de las fases hidratadas del cemento, las interfaces en el concreto y los mecanismos de degradación)” (2006).

Para entender la nanotecnología incluida en el cemento, Gonzales sostiene al respecto:

El concreto puede ser nano transformado por medio de la integración de nano materiales para inspeccionar la conducta de los elementos e incluir nuevas propiedades, o por medio de la transformación de moléculas en las partículas de cemento, agregado y aditivos para contribuir con recientes funciones. Pueden ser: hormigones con poca resistividad eléctrica, capacidades de auto reparación de micro fisuras, autocontrol de la corrosión, etcétera. (2016, p18)

Finalmente, respecto a lo mencionado ambos autores, podemos mencionar que una de las nuevas tendencias del mundo de la construcción es la nanotecnología, la modificación de partícula a nivel subatómico para dar unas características nuevas o modificar las existentes de un material. El rubro de la construcción se está favoreciendo y se puede beneficiar aún más de esta nueva tecnología, sobre todo en cuanto a los materiales, que pueden pasar a ser más resistentes, compactos y ligeros.

### **Nanotecnología en el Concreto**

Hablar de concretos con nanomateriales es sinónimo de hablar de concretos de alta resistencia o alto desempeño

Molina y Garzón, sostiene al respecto :

La incorporación de nanosílice a la concreta mejora distintas propiedades convencionales y proporciona novedosas propiedades, dentro de las cuales son la mejora significativamente el rendimiento del concreto, disminuye la porosidad reduciendo la impregnación de sustancias del exterior que en muchos casos causan daños irreparables en el hormigón. (2017, p.86).

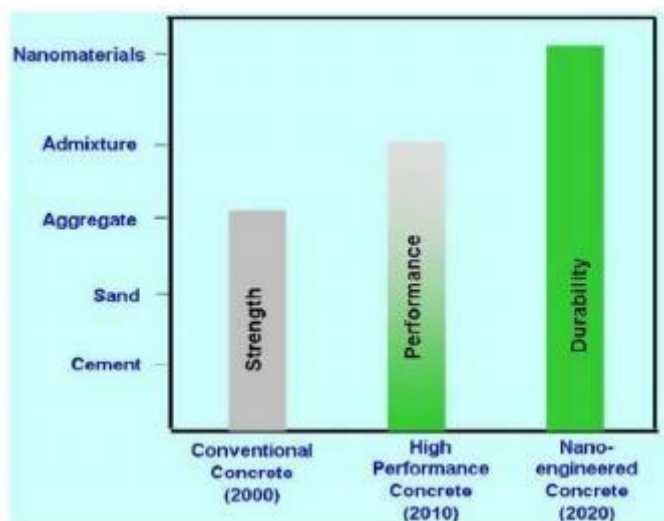
Así mismo, Remache y Djermane indican que:

La nanotecnología puede modificar la estructura del material de hormigón y mejorar sus propiedades como, densidad, rendimiento mecánico, durabilidad. La adición de materiales a nano escala al cemento podría mejorar su rendimiento. El uso de nanoSiO<sub>2</sub> podría aumentar significativamente la compresión del concreto y mejorar la distribución del tamaño de los poros llenando los poros entre las partículas de cemento en Nano escala. (2017, p.71)

Así mismo las nanopartículas contienen una superficie determinada en relación a su volumen, la cual con lleva a que se tenga una reactividad química. Las nanopartículas operan como centros de hidratación, mejorando el desarrollado de la hidratación del cemento. No obstante, el incremento de superficie específica por unidad de volumen en particular por las nanopartículas, se logran propiedades de mejoras de gran importancia. Los investigadores han aludido que las nanopartículas podrían incrementar sus propiedades de una manera efectiva en la durabilidad, rendimiento mecánico, térmico, eléctrico y la resistencia.

La incorporación de las nanopartículas en la pasta de cemento tiene mejoras significativas para la hidratación y la estructura de la pasta. Estas mejoras son la aceleración del proceso de hidratación, el aumento de la porción de CSH gel producido gracias a la relación puzolánica con el  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , la reducción de porosidad y el incremento de mejoras de las propiedades mecánicas.

No obstante, Zanon, Schmalzy Ferreira mencionan es su revista que la Nanosílice aún sigue siendo analizado para dar a conocer al mundo las mejoras que produce el aditivo, incluyéndolo solo o en combinación con la sílice activa, en las cualidades y las características que genera el concreto durante su estado fresco y estado endurecido de los parámetros de durabilidad frente a diferentes agentes agresivos. (2018, p. 138)



*Figura 8: Desarrollo de los hormigones*

En la imagen podemos observar evolución de la investigación del cemento. Se observa en el gráfico 8, la primera barra antes del año 2000 solo se enfocaba un cemento convencional llamado así en la actualidad, el cual contiene solo cemento, arena y agregado.

Así mismo pasando los años y evolucionando la tecnología desde el 2000 hasta 2010 el objetivo fue incrementar la resistencia elementos cementicos. Finalmente, desde el 2010 hasta aproximadamente 2020 seguirán estudiando la rama de la nanotecnología en el progreso de la ingeniería de construcción específicamente en la adición de estas partículas manométricas en los hormigones con el objetivo de incrementar su durabilidad y sus propiedades.

En la Revista Noticreto, los investigadores Konstantín Sobolev y Miguel Ferrada Gutiérrez, inscritos en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Nuevo León, manifiestan que: “la nanotecnología modificara el sector de la industria de la construcción. Los investigadores manifiestan en los últimos grupos de polímeros de nano ingeniería pertenecen los super plastificantes de elevada eficacia para mezclas del hormigón y fibras de alta resistencia con capacidad original de absorción de energía”

Las nano partículas, como el sílices una sustancia muy eficiente en la combinación de poliméricas y el concreto, y además forman parte de las investigación donde se desea alcanzar altos rendimientos y la auto compactación del concreto sin generar daños en la trabajabilidad y la resistencia del cemento Portland, uno de los principales componentes mas utilizado en el planeta. (Fernandez,2006, p19).

Así mismo podemos ultimar que el nanopartículas son aditivos que brindan un concreto con mejores propiedades es decir más durable y resistente lo cual puede tener un mejor comportamiento a agente agresivos, además de ello se une a la escala de creación, mejora de nuevos productos y desarrollo en el mundo de la construcción.

### **Nanosílice**

Es el más conocido de los nanomateriales, en las últimas décadas se han realizado innumerables estudios que han logrado obtener un producto que varias compañías de materiales comienzan a mercantilizar, pero que en nuestro país todavía es muy escasa su comercialización.

En el sector de la construcción, actualmente la nanosílice es una sustancia que pertenece al periodo de la nanotecnología, cuya base de sus componentes es la sílice amorfa nanométrica, que tiene emplea de la misma forma que la microsílice, con una muy ventajosa reducción de contaminación producto de la aplicación de esta, así mismo mediante su uso reduce el riesgo de sufrir daños a la salud por respiración de partículas en suspensión. Los efectos según las cualidades físicas de los dos componentes de nanosílice mayormente comerciales por medio de la caracterización de aditivos y la aplicación de la microscopia para la designación de compuestos fundamentales, de sus propiedades puzolánicas en morteros [...] mediante los resultados se comprueba que los hormigones con incorporación de nanosílice tienen un mejor comportamiento de durabilidad. (Tellez, Téllez, Martín, Pérez, Verdecía, 2012, p85).



**Figura 9: Comparación de la cantidad de material necesaria al usar nanosílice o microsílice**

Fuente: Ulmen, 2007

A inicios del 2003, Cognoscible Technologies recibió junto con la empresa chilena de aditivos para el hormigón: Ullmen S.A. el reto de realizar un producto que sustituya los efectos de contaminación que causa el Microsílice, así mismo que tenga los mismo resultados respecto en la propiedades de mejoras que causa en el concreto o incluso tenga mejores resultados, y a un valor accesible que ameritara su uso. El objetivo era una sílice que cumpla la norma ambiental ISO-14001.

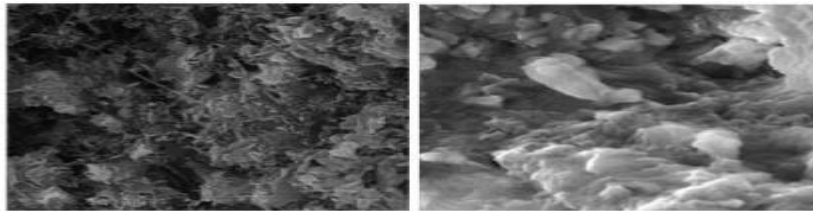
Ganesh et al. , indica en su revista, que la Nanosílice está formada por pequeñas partículas de tamaño nanométrico constituidas a gran porcentaje de dióxido de silicio SiO<sub>2</sub>. Cuando la sílice se combina con iones de calcio, sodio o potasio, como resultado proveniente de la reacción de hidratación del cemento, crea moléculas de C- S- H (gel), que tendrá por nombre pegamento del concreto, lo que mantendrá comprimida todos los componentes. (2016, p. 230)

Los procesos que generan al incluir las nanopartículas de sílice en el cemento, son los siguientes:

Las nanopartículas trabajan como núcleos durante el proceso de hidratación ya que contiene elevada energía superficial y la actividad de los átomos en su superficie lo cual genera mayor lugar de nucleación generando la formación de los productos de hidratación. Es decir tiene influencia positiva en la adherencia de cemento hidratado, lo cual finalmente tiene mejora en la resistencia del concreto.

Por medio de la reacción de las partículas de Nanosílice con el hidróxido de calcio  $\text{Ca(OH)}_2$  y de la aceleración del proceso de hidratación, el gel C-S-H cubre los espacios vacíos para tener resultados positivos en la mejora de densidad, la cohesión y la impermeabilidad, finalmente causando mejoras en la resistencia del concreto.

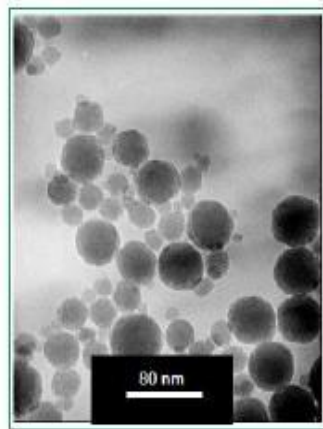
En la Figura 9 se puede observar la imagen de un concreto convencional (foto izquierda) y un concreto usando Nanosílice (foto derecha)



**Figura 10: foto de un concreto convencional (izquierda) y otro usando nanosílice (derecha)**

**Fuente: Mostafa, K, 2010**

Por su medida manométrica, este aditivo se vende en forma líquida en conjunto con otros componentes, que permitir su fácil transporte y trabajabilidad. En el grafico 4 se muestra una micrografía adquirida por microscopia electrónica de transmisión (TEM) de Nanosílice a 80 nm.



***Figura 11. Micrografía de partículas de nanosílice en Microscopio Electrónico Transmisión (TEM)***

Cuando la sílice se junta con moléculas de iones de sodio, potasio sodio o calcio, como resultado de la reacción de hidratación del material cementicio, genera moléculas de C-S-H (gel) que conservan juntos todos sus componentes a escala de nano poros.

### **Ventajas Fundamentales del Nanosílice**

El Nanosílice tiene la capacidad de trabajar junto con la portlandita generada mientras se origina la hidratación del cemento anhidro y realizar componentes C-H-S con mejor resistencia.

- Desarrolla la densidad de la microestructura optimizando las cualidades mecánicas. Así mismo reduce la medida de los poros, lo cual genera mayor resistencia cuando está expuesto a los ataques químicos y agentes externos, para finalizar es un componente que con mayor resistencia y más durable debido a su micro estructura cerrada.
- Mejora la microestructura en la zona interfacial de transformación entre pasta-agregado al reaccionar con los cristales hexagonales y originar compuestos CHS.
- Es importante tener en cuenta que cuando se utilice este aditivo mejora la bombeabilidad en la parte mecánica del proceso además disminuye la presión esta es una característica que favorece al maestro de obra y reduce la inversión en maquinaria.

## Producción de Nanosílice

Existen varios métodos para obtener el Nanosílice, el método por el sol-gel es una trayectoria química y es empleado con mayor frecuencia para generar materiales a escala manométrica, como el Nanosílice.

A continuación, se presentará el método Henche:

El procedimiento está enfocado en el método de un sólido gelatinoso (vía orgánica o de agua) donde se inspecciona el procedimiento por medio de una cámara de temperatura. En este proceso los materiales principales y metales orgánicos como TMOS o TEOS tetramethoxysilane y tetraethoxysilane se incrementan de manera solvente. Cuando incorpora, el PH de la solución cambia originando una producción de gel de silicio del TMOS (2011, p. 29)

EL TEOS da a conocer importante propiedad de la norma más fácil de convertir el dióxido de silicio. Este cambio se produce con la incorporación del agua.



## Características Geométricas del Nanosílice

Se destaca el cambio de las características en el proceso del método aplicado para su elaboración, dónde se mostrará en la siguiente tabla las cualidades.

**Tabla 7: Características del Nanosílice**

	Diámetro (nm)	Superficie específica (m <sup>2</sup> /g)	Densidad (g/ml)	Viscosidad (seg)	pH	Apariencia
nanosílice	3-150	20-1000	1.096	95	7.2	Líquido blanco

Fuente: AQUA – 206

## **Composición Química del Nanosílice**

La composición del Nanosílice puede ser distinta de acuerdo al proveedor que la comercializa, pero la similitud que se tiene en todas las variedades es que el componente principal y de gran totalidad es el silicio  $\text{SiO}_2 >99\%$ .

## **Comportamiento en la microestructura del concreto con Nanosílice.**

La microestructura se origina cuando se incorpora la NS generalmente se desarrolla de dos maneras de acuerdo en cómo se haya esparcido el NS en la mezcla. Si la incorporación de NS se ha generado de manera homogénea en toda la mezcla se tendrá una microestructura densa y compacta, inclusive al incorporar poca porción. Se recomienda que el NS se encuentre bien esparcido puesto que puede traer consecuencias como generar espacios vacíos y debilitar ciertas partes del concreto. (Li , Hiao , Yuan y Ou ,2004, p54)

La incorporación de Nanosílice genera cambios significativos en la microestructura concluyente del concreto. Las reacciones internas que se originan con la incorporación de Nanosílice son origen a una estructura compacta, densa y resistente.

Además, existen distintos beneficios que se genera al incorporar Nanosilice en la mezcla del cemento ya que contiene actividad que acelera el proceso de hidratación.

Se entiende como reacción puzolánica, a aquella cualidad que tiene la pulzona para generar buenos resultados cuando se junta con el hidróxido de cálcico (activador), estos dan como resultado a la formación de compuestos estables, que tienen la capacidad de aumentar su resistencia. Además la sílice, contiene un valor cementante nulo, pero si le incorporamos triturada y con cierta humedad como nano partícula, tiene la capacidad de generar una reacción con la portlandita, estableciendo el calcio, y silicatos de calcio hidratados (C-S-H) de estequiometría no definida (Henche, 2011, p.35).

La incorporación del Nanosílice genera cambios en la estructura final del concreto, lo cual podemos apreciar en el próximo gráfico.



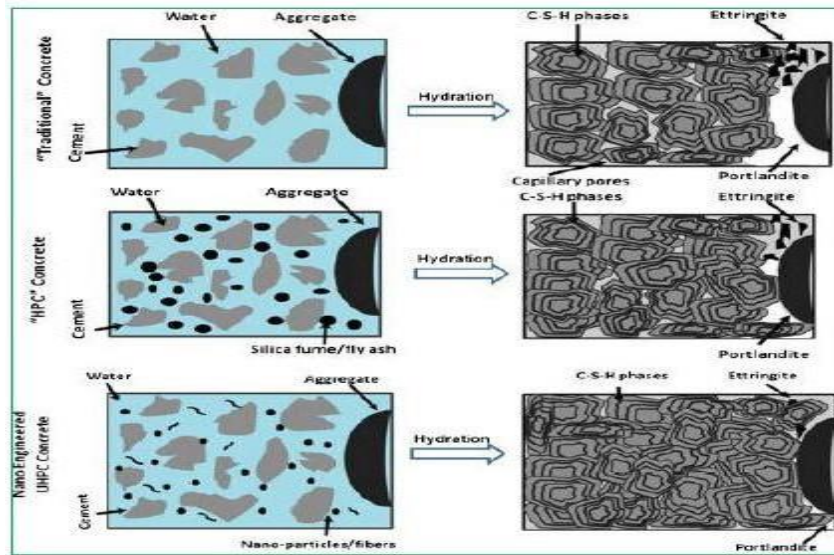


**Figura 12: Curva de Resistencia a la compresión**

**Fuente: concreto de alto desempeño utilizando nanosílice. ( Pajuelo A. y Pomez, A.)**

Se visualiza en la figura 11 que los valores de compresión con aditivo Nanosílice son mayores al concreto tradicional (concreto patrón). Además, en los resultados al tiempo de 28 días son semejantes, pero visualmente es notorio que el que se encuentra superior es el concreto que tiene 3% de aditivo. Un dato muy relevante es comparar los primeros tres días del gráfico, en el cual releva que adicionar 5% de aditivo generar demora en el aumento de resistencia del concreto, esto se debe que al realizar el ensayo a 1 día el concreto recién finalizado el proceso de fraguado completamente.

Por otro lado, el propósito de comprobar que las modificaciones generadas en las características físicas del cemento que se generado por la incorporación de nanoSiO<sub>2</sub>, debido a ello existen mejoras positivas microestructurales, Byung-Wan Jo et al. realizaron una investigación de la pasta por medio de microscopios SEM (Alcaraz, 2015, p.44).

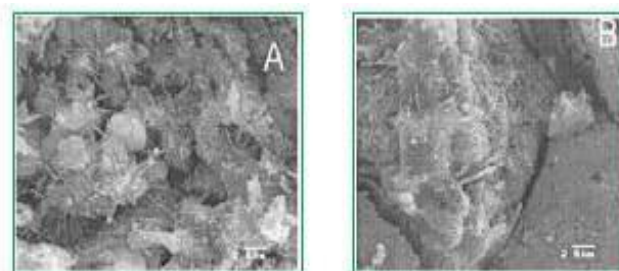


**Figura 13. Esquema de Hidratación de los diferentes tipos de concretos**

Fuente: Singh et al 2009

En la Figura 12 se observan tres tipos de granos marcados: “A” pertenece a un grano de cemento con el núcleo no hidratado, “B” que es un grano que al inicio no se presencia la hidratación y “C” que es un grano totalmente hidratado. La superficie rayada del grano “B” indica que una hidratación parcial.

Así mismo, concluyeron que al añadir estas partículas intervienen en el perfeccionamiento de la hidratación de la pasta y ende en el proceso de la microestructura del cemento endurecido.



**Figura 14. A Pasta de Cemento portland normal, B. pasta de cemento modificado**

Fuente: Jo et al, 2007

El grafico A, la pasta de cemento portland se puede observar que en la masa hay muchas agujas de sulfoaluminato, por otro lado, en el grafico B, se tiene una pequeña estructura que contiene todas sus partículas adheridas y densa con aparición de poca cantidad de cristales  $\text{Ca(OH)}_2$ .

## 1.2. Formulación del Problema

El inicio del problema parte del deterioro del concreto por Sulfatos, los cuales son causas frecuentes de problemas en las viviendas en las zonas costera, generando que las obras de albañilería y estructuras presenten los daños como la pérdida de adherencia entre la pasta y las partículas de los agregados, lo cual causa daños durante el tiempo útil para los que fueron diseñadas y construidas y esto desequilibra el análisis costo beneficio de todo proyecto. Para conseguir condiciones de mejora y asegurar que las estructuras conserven sus servicios iniciales como (estética, funcionalidad y seguridad), se debe enfocar el diseño del concreto desde el punto de vista durable y resistente frente a los agentes agresivos como los sulfatos.

“La durabilidad del hormigón de cemento es la cualidad que tiene el hormigón para soportar la acción de la meteorización, los ataques químicos, la abrasión o cualquier otro proceso de deterioro. Un concreto durable debe mantener su diseño, servicio útil y calidad inicial en distintos tipos de ambiente” (ACI 201.2R-11, pag.1).

Así mismo el uso de aditivos pueden mejoran significativamente el rendimiento del concreto, en este caso emplearemos el Nanosílice para generar mayor durabilidad al concreto frente a las reacciones químicas de los sulfatos en las zonas costeras.

### Problema

El problema de investigación, es el comienzo de toda exploración, es aquello que se quiere averiguar o resolver del científico.

Respecto al problema de investigación, Hernández sostiene que:

Plantear el problema de investigación es puntualizar el propósito del estudio. En muchas ocasiones el planteamiento de investigación se puede generar de manera inmediata, pero también existen situaciones en que este proceso puede demorar mucho tiempo, esto depende de a cuan orientado este el investigador con el asunto que se ha tomado, para ello es necesario la investigación de los antecedentes o temas relacionados con la investigación además de saber el enfoque escogido y las capacidades y cualidades personales que

tiene el investigador, así mismo cuando el investigador realiza correctamente el planteamiento del problema, existe la facilidad de resolverlo es decir al tener mayor claridad se tiene mayor posibilidad a lograr una resultado conveniente, finalmente es necesario que el investigador verbalice el problema.(2007, p.8).

### **Problema General:**

- ¿Cómo influye el uso de Nanosílíce en la durabilidad del concreto sometido a la reacciones químicas de sulfatos en la zona costera de la Av. 2 de mayo distrito de Ancón, Lima -2019?

### **Problema Específico:**

- ¿Cómo influye el uso de Nanosílíce en la resistencia del concreto sometido a reacciones químicas de sulfatos en la zona costera de la Av. 2 de mayo distrito de Ancón, Lima -2019?
- ¿Cómo influye el uso Nanosílíce en la calidad del concreto sometido a reacciones químicas de sulfatos en la zona costera de la Av. 2 de mayo distrito de Ancón, Lima -2019?
- ¿Cómo influye el uso Nanosílíce en la porosidad del concreto sometido a reacciones químicas del sulfato sulfatos en la zona costera de la Av. 2 de mayo distrito de Ancón, Lima -2019?

## **1.3. Justificación**

La justificación son los motivos o razones por las cuales surge a la investigación, es decir tiene la finalidad resolver un problema en específico en otras palabras se desea generar beneficios a alguna necesidades real e importante.

Respecto a la justificación, Calderón y Alzamora sostienen que:

Son las formas de determinar que el presente estudio es de suma importancia, según la conveniencia, implicaciones prácticas, relevancia social, valor teórico y utilidad metodológica. No obstante, gracias a una experiencia adquirida en el área, habitualmente estas justificaciones se piden en 3 criterios: teórica, práctica y metodológica, sumando en ciertas situaciones específicas la justificación social. La teórica está estrechamente ligada a estudios de ciencia o cuerpo teórico empleado para la sustentación; por otro lado en lo practico está estrechamente ligado a los grupos que se evalúan, así como, las organizaciones que influyen estas, el aspecto metodológico explica la justificación con la cual se realizó el avances de la ciencia, y los posibles estudios que se deseen realizar en el futuro, puede ser de la misma variable o el sector/empresa investigada, finalmente la justificación social se implementa a los estudios que realizan un contribución en la sociedad y grupos de comunidades. (2010, p.11)

Por ello, para realizar la justificación de una investigación es necesario tener un objetivo bien determinado para poder manifestar de forma minuciosa porque es conveniente y cuáles son las mejoras que se esperan en la presente investigación.

## **Justificación de estudio**

### **Justificación Teórica**

El presente estudio pretende dar a conocer las ventajas del uso del Nanosílice en la elaboración de concreto, estas incorporaciones de aditivo pueden ser empleadas para el potencializar las propiedades del concreto en su estado fresco y endurecido. Son primordialmente empleados para alcanzar resultados óptimos en la trabajabilidad, durabilidad, la resistencia y reducción. Así mismo este estudio se realiza con el objetivo de contribuir al conocimiento existente sobre el uso adecuado de este aditivo para que tenga un desempeño adecuado frente a los agentes agresivos como los sulfatos, cuyos resultados del laboratorio y conclusiones podrán ser sistematizados como propuesta para ser incorporado como conocimiento.

### **Justificación Práctica.**

Esta investigación nos permitirá ampliar nuestros conocimientos en la línea de investigación de diseño sísmica y estructura y a su vez conocer de qué manera influye el uso de Nanosílice en la durabilidad del concreto.

Además, terminado el estudio, los expertos en el sector de la construcción distintas opciones de solución en construcciones que se ubiquen en las zonas costeras y que estén inmersos a los daños de este agente agresivo como los sulfatos.

### **Justificación Metodológica.**

El estudio tiene que realizar teniendo en cuenta ciertas recomendaciones, siguiendo los pautas adecuadas para la producción del concreto incluyendo Nanosílice con una incorporación de 0%, 0.5% , 1%, 1.5% del peso del cemento, lo cual al obtener los resultados se podrá comparar y estudiar el comportamiento en estado fresco y endurecido del concreto.

Así mismo encontrar la dosificación adecuada del uso del Nanosílice en el concreto y a su vez estos ensayos estén respaldados por la validez y confiabilidad adecuada, para que

esta investigación pueda ser utilizada en otros trabajos de investigación como un antecedente confiable el cual pueda brindar información para investigaciones similares.

### **Justificación Económica**

Realizando este estudio se pretende obtener un concreto de alta calidad y los precios obtener en la producción del estudio colocarlo en la investigación, manifestando que el precio del concreto con incorporación de Nanosílice tiene precio similar por m<sup>3</sup> al del concreto normal empleando cemento portland.

### **1.4. Hipótesis**

La hipótesis es un enunciado que se manifiesta de manera antepuesta al desarrollo de una determinada investigación.

Para Lafuente y Marín (2008), “El origen de la hipótesis está en el problema planteado, y no existe un método para llegar a ella. Puede aparecer como fruto de la inspiración, el genio lectura

Así mismo Naghi(2015), “La hipótesis sirve como punto focal del proceso de la investigación, cuando están expresadas en términos operacionales efectivamente determinan que datos se deben recopilar y que análisis se deben aplicar a dicho datos”(pag.70).

### **Hipótesis General**

- La incorporación del Nanosílice en el concreto tiene influencia positiva en su durabilidad expuesto a reacciones químicas de Sulfatos en la zona costera de la Av. 2 de mayo distrito de Ancón, Lima -2019

### **Hipótesis Específica**

- La incorporación del nanosílice en el concreto tiene influencia positiva en su resistencia expuesto a reacciones químicas de Sulfatos en la zona costera de la Av. 2 de mayo distrito de Ancón, Lima -2019

- La incorporación del nanosílice tiene influencia positiva en la calidad del concreto expuesto a reacciones químicas de Sulfatos en la zona costera de la Av. 2 de mayo distrito de Ancón, Lima -2019
- La incorporación del nanosílice tiene influencia positiva en la porosidad del concreto expuesto a reacciones químicas de Sulfatos en la zona costera de la Av. 2 de mayo distrito de Ancón, Lima -2019

## **1.5. Objetivo**

El objetivo de investigación es el propósito o la meta que se intenta lograr en un estudio o proyecto de trabajo de investigación. Respecto a los objetivos de investigación, Behar específica que:

Es identificar el propósito de estudio el cual debe ser preciso y concreto que pretenda responder las interrogantes de investigación y del mismo modo lograr resolver el problema, por ello es necesario que aquellas acciones que el investigador realizara muestren la intención de contribuir en el conocimiento del objetivo de estudio. (2008, p.24).

Entonces los objetivos que se plantean en una investigación deben ser concisos que representen situaciones precisas que el investigador realizara para pretender contestar a las interrogantes del proyecto de estudio y del mismo solucionar problemas en un futuro.

### **Objetivo General**

- Determinar la influencia del Nanosílice en la durabilidad del concreto sometido a reacciones químicas de Sulfatos en la zona costera de la Av. 2 de mayo distrito de Ancón, Lima -2019

### **Objetivo Especifico**

- Determinar la influencia del Nanosílice en la resistencia del concreto sometido a reacciones químicas de Sulfatos en la zona costera de la Av. 2 de mayo distrito de Ancón, Lima-2019
- Determinar la influencia del Nanosílice en la calidad del concreto sometido a reacciones químicas de Sulfatos en la zona costera de la Av. 2 de mayo distrito de Ancón, Lima-2019
- Determinar la influencia del Nanosílice en la porosidad del concreto sometido a reacciones químicas de Sulfatos en la zona costera de la Av. 2 de mayo distrito de Ancón, Lima -2019

## **II. Método**



## 2.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

### Diseño de investigación:

El diseño constituye aquella estrategia que se adopta para conseguir la información que uno requiera, es decir es el plan de acción que se realizará en campo que nos permitirá contestar y corroborar la hipótesis. Según Behar especifica que:

[Método experimental] abarca el manejo voluntario de un hecho para examinar efectos. Se basa a la manipulación de las variables independientes para estudiar los resultados de esa manipulación sobre una ó más variables dependientes, dentro de una circunstancia donde puede tomar el control el investigador. (2008, p.47).

Por ello, la presente investigación es **experimental**, ya que se manipularán las variables por medio de pruebas en el laboratorio aplicado en los testigos con el fin de comparar los resultados y su efecto en las conductas observadas.

### Tipo de Investigación:

Rodriguez E., manifiesta que:

Se denomina investigación aplicada, aquella que no pretende desarrollar teorías sino la que se basa en aportes teóricos para generar solución un problema concreto, esta altamente unida a la básica ya que depende de sus investigaciones y innovaciones para resolver situaciones. Aquí se aplica la investigación a problemas precisos, en circunstancias y característica reales. (2005, p. 23).

Respecto a lo mencionado anteriormente, la presenta investigación es **aplicada** pues la teoría y los métodos ya existen, lo que se busca es aplicar en dificultades existentes proporcionando soluciones reales, concretas, factibles y necesarias a los problemas examinados.

### Nivel de la investigación:

La presente investigación se ubicó de acuerdo a su nivel **descriptivo y explicativo**. Se razonó como una investigación descriptiva al comienzo ya que se pretende describir la

parte de la situación existente que se escoge comenzando, con respecto a lo mencionado, Hernández (2010) revela:

Los estudios descriptivos se caracterizan por detallar las propiedades, cualidades y el perfil de la persona, comunidades, procesos, objetivos o cualquier otro fenómeno que se analizará. En otras palabras, únicamente intenta recopilar información de forma individual o colectiva, sobre las definiciones o las variables a las que se relatan, tiene objetivo de no es mostrar cómo se relacionan estas (p. 80).

A su vez, fue considerado una investigación **explicativa**, ya que se analiza las causas y efectos generados por los fenómenos mencionados; así como lo indica, Cortés e Iglesias (2004):

Los estudios explicativos abarcan mucho más que una descripción de fenómenos o sucesos, Básicamente los estudios explicativos tienen una mayor estructuración que las otras clases en el que intervienen el propósito de ellas es decir busca el origen y la causa de los fenómenos o sucesos que se están desarrollando. (p. 21).

## **Enfoque de la Investigación**

El enfoque de la investigación para Bernal (2006):

El método cuantitativo o método típico se basa recopilar datos de forma numérica de las características del fenómeno a estudiar, lo cual debe proceder de un marco teórico relacionado con el problema que se va investigar, se requiere que los elementos tengan relación entre las variables investigadas de manera deductiva. El enfoque cualitativo tiende a generalizar y normalizar resultados

El enfoque de investigación buscar obtener nuevos estudios específicamente para el campo y del mismo modo busca solucionar las dificultades que abordan nuestro presente estudio.

El enfoque de la presente investigación será **cuantitativo**, ya que se analizarán los datos por medición numérica además se desea comprobar la hipótesis por medio del uso de herramientas como la recolección de datos.

## **2.2. Operacionalización de variables**

### **VARIABLES**

Como nos revela, en su artículo, Cortes e Iglesias (2004): “Una variable tiene la capacidad de poder modificar o cambiar y cuya acción es apto a medirse u observarse [...]”.

Las hipótesis están formadas por una o más variables que deben ser precisas y concisas “(p. 24).

Carballo y Guelmes, en su artículo de revista, especifican que se denomina variables a los constructos, propiedades o características que toman distintos valores para un propósito científico en especial. Además, se define y especifica para que pueda ser observado y medido, está asociado directamente con la hipótesis. (p.142, 2016)

La presente investigación tendrá dos variables, una dependiente y otra independiente.

### **Variable Independiente**

Valderrama (2002) manifiesta que la “[...] variable independiente es aquella cuyo trabajo existente es respectivamente independiente”. ( p. 157).

Variable independiente o también llamada autónoma, aquella que es investigada y por ende es manipulada, así mismo es la que influye directamente con el producto de la investigación.

En la presente investigación la variable independiente es **Influencia del Nanosílice**.

### **Variable Dependiente**

La variable dependiente, depende de la independiente, y juntas realizarán la comprobación de la hipótesis, así mismo Arnau, Anguera, Gómez (1990) indica que: “[...] Por medio del análisis, registro y medición numérica de la variable dependiente el investigador obtendrá la rectificación y comprobación de la posible hipótesis además aquellas modificaciones registradas son las consecuencias de la modificación sistemática de la variable independiente [...]”. (p. 37).

Dado lo mencionado, podemos manifestar, que la variable dependiente vendría a ser la **durabilidad del concreto**

## **Operacionalización de la Variable**

Tintaya (2015), en su artículo, nos indica que la operacionalización, vendría a ser:

La operacionalización de las variables es el proceso en el cual se tiene que descomponer deductivamente la variable general a variables específicas. Para realizar este trabajo es necesario tener previos conocimientos teóricos y conocer ciertos parámetros sobre las variables que constituyen el problema de investigación (p. 72).

Así mismo, la operacionalización es una técnica metodológica que se basa en desglosar las variables que restauran el problema de investigación, iniciando desde lo amplio hasta lo más particular; es decir se descomponen por dimensiones e indicadores susceptible a medirse por medio de un instrumento.

**Operacionalización de la variable independiente: Influencia del Nanosílice**

variable independiente	Dimensiones	Definición conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Instrumento
<b>Nanosílice</b>	Dosificación del nanosílice	El nanosílice es derivado del humo de sílice [...] no produce contaminación al medio ambiente y la agresión a la salud por inhalación de esta. En teoría el nanosílice presenta un carácter puzolánico que contribuye a la densidad de la matriz, llevando la reducción de la porosidad y el consecuente aumento de la resistencia mecánica y de la durabilidad. (Fernández, 2006, p.20	El nanosílice se dosificará en distintas proporciones con respecto al peso del cemento. Estas partículas de altas puridades de tamaño nanométrico se incorporarán ya que tienen la capacidad de favorecer la evolución de resistencia, reductor de agua y permeabilidad nula por lo que aumenta la durabilidad del hormigón.	% de nanosílice con respecto al peso del cemento (0).	El instrumento a utilizar será la pipeta graduada que nos ayudará a medir con precisión el líquido
				% de nanosílice con respecto al peso del cemento (0.5).	El instrumento a utilizar será la pipeta graduada que nos ayudará a medir con precisión el líquido
				% de nanosílice con respecto al peso del cemento (1.0).	El instrumento a utilizar será la pipeta graduada que nos ayudará a medir con precisión el líquido
				% de nanosílice con respecto al peso del cemento (1.5).	El instrumento a utilizar será la pipeta graduada que nos ayudará a medir con precisión el líquido

**Operacionalización de la variable dependiente: durabilidad del concreto**

Variable Dependiente	definicion conceptual	Dimensiones	Definicion conceptual	Definicion Operacional	Indicadores	Instrumento
<b>Durabilidad del Concreto</b>	El codigo de diseño ACI (2001) define la durabilidad del concreto de cemento portland como "la capacidad para resistir la acción de ataque químico"	Resistencia a la compresión del Concreto	La resistencia a la compresion del concreto es la cantidad de esfuerzo máximo que puede soportar el concreto	Se realiza mediante probetas cilindras, cometidas a un ensayo cada una, dependiendo de los dias de analisis ( ASTM)	Resistencia a la compresion a los 7, 14 y 28 dias	Prensa de Resistencia a la compresión
		Calidad del Concreto	La calidad se puede definir como el proceso de mantener un producto dentro de los criterios previamente definidos.	La calidad del concreto influye el deterioro producido por agentes o causas externas produciendo la perdida de masa.	Perdida de Masa	Balanzas electronicas
					Ph en concreto endurecido	Medidor de PH
		Porosidad del Concreto	Cantidad medida de espacios libres o vacios que quedan inmersos en toda la masa del concreto como resultado del agua libre evaporada de la pasta y el aire naturalmente atrapado	El agua al estar ocupando un espacio, y evaporarse en forma parcial más el aire atrapado, deja millones de huecos entrecruzados en todas las direcciones; éstos espacios pueden unirse debilitando el concreto al generar unos pequeños conductos capilares.	% vacios en el concreto	Ensayo de Porosidad

### **2.3. Población muestra y muestreo**

#### **Unidad de Análisis**

Según Medeiros (2006) especifica que: “La unidad de análisis es aquel elemento que representa el enfoque específico de estudio es decir el objetivo de interés de la investigación”. (p. 12).

Así mismo Barriga y Henrique, en el artículo de su revista, resaltan que la unidad de análisis es la categoría analítica de interés en la investigación, la cual debe estar completamente definida ya que será el objeto de estudio para la medición. (2011, p.58)

Entonces bajo lo mencionado por el autor, la unidad de análisis viene a ser el concreto.

#### **Población**

Al tener una población, existe el inconveniente de estudiarla por completa, y recopilar la serie de datos que se tenga de resultados para determinar la población, se debe realizar una verificación para ver si reúne las cualidades más significativas del objetivo de la investigación, con el fin de demostrar la hipótesis de la investigación.

Como nos manifestaron, Hernández, Fernández, y Baptista (2006): “Cuando se determina la unidad de análisis, se prosigue a delimitar la población que será investigada y sobre la cual se intenta generalizar los resultados.” (p. 237).

Entonces, respecto al párrafo citado menciona, la población viene a ser todas las probetas de concreto que existen en el laboratorio del MTC.

#### **Muestra**

Jiménez Fernández (1983) nos explica cual representativa tiene que ser la muestra, para ello menciona que:

[...]Es aquella representación a pequeña escala de la población seleccionada que contiene todas las propiedades de la población. Su característica más relevante es que contiene cualidades relevantes que representan totalmente al conjunto en general de la investigación” (p. 237).

En otras palabras, se denomina muestra a aquella pequeña porción de la población que contiene características representativas, es la parte en donde se plasma mejor el objetivo de estudio.

Así mismo, Hernández, Fernández, y Baptista (2014) manifiestan que: “La muestra es un pequeño grupo de la población, es decir un subgrupo de componentes que forman parte ese conjunto delimitado en sus cualidades y características al que identificamos como población.” (p. 173).

Dado lo mencionado podemos argumentar que muestra es aquella parte pequeña representativa de la población que contiene una serie de características para someterla a análisis o estudios, así mismo podemos manifestar que para esta investigación la muestra sería las 56 probetas de concreto con nano sílice del laboratorio del MTC.

## **Muestreo**

El muestreo es un instrumento de la investigación científica, que se encarga básicamente de seleccionar una parte de la población que se someterá a investigarse, con el propósito de hacer deducir sobre la población.

Cortés e Iglesias (2004), manifiesta en su artículo: “El científico determina los elementos que a su punto de vista corresponden a la entidad mayor o específico de investigación, pero para ello es necesario que el científico tenga conocimientos previos en base a la población de estudio.” (p. 99).

La presente investigación, es no probabilística, ya que la muestra de estudio no fue escogida al azar.



## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### Técnicas de Recolección de datos

Así como explica Hernández et al. (2014): “Recolectar los datos involucra realizar un plan con procedimientos detallados con el que finalmente podamos obtener datos con un propósito específico”. (p. 198).

Respeto a lo mencionado podemos deducir que para la presente investigación se utilizará **la observación sistemática** ya que nos permite registrar de manera válida y confiable los comportamientos y situaciones mediante la respectiva visita a la AV. 2 de mayo, así mismo se planteará los análisis posteriores que se emplearán.

### Instrumentos de recolección de datos

Como nos revelan, Hernández, Fernández, y Baptista (2006): Un instrumento de medición apropiado se encarga de obtener datos observables que interpreten la idea o las variables que el investigador tiene en el pensamiento. En términos cuantitativos: capturo verdaderamente la "realidad" que deseo capturar. (p. 276).

Para analizar las variables se utilizarán los laboratorios, donde se realizarán ensayos de las briquetas de concreto, así mismo de cada ensayo se obtendrán resultados, gráficos y comparaciones de las briquetas estudiadas y todo aquello referente a la incidencia de mis variables y mis dimensiones.

### Validez

Respecto a la validez Yuni, J y Urbano, C. (2005) manifiesta que:

Son caracteres importantes y principales que deben tener los instrumentos con lo que se procederá a realizar los ensayos. Si el instrumento contiene los requisitos de formalidad tiene el respaldo que los resultados son veraces es decir tiene la garantía que los valores son adecuados. (p. 176).

El estudio será validado, por medio de la certificación de ensayos firmados por el especialista del laboratorio el cual otorga una conformidad escrita que respalda los procedimientos realizados con los requisitos específicos.

## **Confiabilidad**

Respecto a la validez Yuni, J y Urbano, C. (2005) manifiesta que:

Son los procedimientos que se desarrollan después de la recolección de datos y se determina habitualmente con la estabilidad, es decir el grado en que las respuestas o el registro de observaciones son independientes de las circunstancias accidentales de la investigación. Esta cualidad se refiere a la posibilidad de realizar nuevamente los estudios, es decir que otros investigadores realizando los mismos pasos obtengan resultados similares o iguales a la inicial. (p. 176).

Así mismo, Henríquez y Zepeda mencionan en su revista que la validez se refiere a la consistencia, coherencia y estabilidad de la información recolectada. (2003, p. 26)

Dado lo mencionado podemos contribuir mencionando que la confiabilidad es la magnitud con el que un instrumento genera resultados precisos, coherentes y consistentes, es decir que al volver a repetir el ensayo a otro objeto nos brinde resultados similares o iguales.

Entonces, en la presenta investigación se encontrará la confiabilidad por medio de los certificados actuales de calibración de los equipos que se usaran para realizar los ensayos además de los ISOS correspondientes.

## **2.5. Procedimiento**

### **Materiales y método**

Con la finalidad de analizar la influencia del Nanosílice en el concreto frente a su durabilidad sometido a la reacción química de sulfato en la zona costera, se elaboraron briquetas de 4” \* 8” de concreto patrón (CP) que en su mezcla no se incorporó ningún aditivo y otro grupo

de concretos que se adicionaron 0.5%, 1.0% y 1.5% de Nanosílice, las cuales se curaron en piscinas de curado los 7, 14 y 28 días, para luego hallar su resistencia.

Además, se presentará otro grupo de concreto patrón (CP) y con adición de 0.5%, 1.0%, 1.5% de Nanosílice, con ello se determina sus propiedades al estado fresco y endurecido, este grupo de muestra se curara por siete días, lo cual indica la norma que es el curado mínimo de todo concreto, para luego ser sometidos al agua de mar exponiéndolo a las sales y sulfatos, simulando un ambiente severo durante los periodos de 14 días, 28 días y 35 o 42 días.

Después de ello se realizará los ensayos de pérdida de masa, porosidad del concreto y ph del concreto, para generar las comparaciones.

## MATERIALES A EMPLEAR EN LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se narra los materiales que se emplearon en la fabricación de las mezclas de concreto. Se empleó el cemento sol, Nanosílice como adición, agregado fino y grueso y agua.

### Cemento

Para la elaboración de las mezclas de concreto se utilizó cemento portland tipo IP ( Sol) , ya que es la más utilizada y comercial en Lima. La siguiente tabla podemos observar la composición/ ingredientes y las propiedades químicas como físicas. Los datos presentados corresponden a los datos de seguridad del material y ficha técnica, para más detalles lo puede encontrar en anexos.

**Tabla 8 : Composición/ información de ingredientes**

Compuesto	N° CAS	Porcentaje en Peso	Fórmula Química
Silicato Tricálcico	12168-85-3	máx. 62%	3CaO.SiO <sub>2</sub>
Silicato Dicálcico	10034-77-2	máx. 24%	2CaO.SiO <sub>2</sub>
Aluminato Tricálcico	12042-78-3	máx. 12%	3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Ferroatluminato tetra cálcico	12068-35-8	máx. 15%	4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Yeso	13397-24-5	máx. 6%	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O
Caliza	1317-65-3	máx. 5%	CaCO <sub>3</sub>

Fuente: Hoja de Datos de Seguridad del Material

**Tabla 9: Propiedades químicas y físicas**

Parámetro	Unidad	Cemento Sol	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	m <sup>2</sup> /kg	336	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.12	No específica
<b>Resistencia a la Compresión</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	296	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	357	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	427	Mínimo 285*
<b>Tiempo de Fraguado</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	127	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 375
<b>Composición Química</b>			
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	3.00	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.2	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.7	Máximo 1.5
<b>Fases Mineralógicas</b>			
C <sub>2</sub> S	%	11.9	No específica
C <sub>3</sub> S	%	54.2	No específica
C <sub>3</sub> A	%	10.1	No específica
C <sub>4</sub> AF	%	9.7	No específica

Fuente: Ficha Técnica cemento Sol

### Nanosilice Utilizada (PH 300)

Se ha utilizado Nanosilice como adición cementante. Sus propiedades químicas y físicas se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 10: Propiedades físicas y química**

PROPIEDADES DEL NANOSILICE	DATOS
Estado físico	Líquido
Color	Gris Claro
Olor	Característico
Ph	5 ± 1
Densidad a 20° C	1.06 ± 0.02( g/mL)
Viscosidad	42 ± 2 seg
Inflamable	No inflamable
Combustion	No combistible
Explosivo	No explosivo
Solubilidad	Completamente soluble en agua

Fuente: Certificado de insdutrias Ulmen (ANEXO)

PH- 300 es el nombre químico, está compuesto por la combinación de Nanosílice y ácidos poli – carboxílicos, es sílice en estado líquido con partículas manométricas, sustituye a la Microsílice en polvo en todas sus aplicaciones, fue creada por Industrias Ulmen S.A.



**Figura 15: Compra del aditivo HP- 300**

El aditivo HP- 300 tiene una duración útil de 6 meses, se debe tener las siguientes consideraciones, almacenar en un lugar fresco y no exponerlo al sol son las recomendaciones que se debe seguir al certificado de control de calidad de Industrias Ulmen S.A., certificado bajo ISO 9001:2008.



**Figura 16: Nanosílice HP 300**

El aditivo HP- 300 ya contiene superplastificante, porque la mezcla de nanotecnología con partículas básicamente seleccionadas que generan una plasticidad y trabajabilidad excepcional que ya no es necesario usar un superplastificantes.

## **Agregados**

Los agregados empleados para la preparación del concreto en el presente estudio, fueron obtenidos mediante la compra en el proveedor Maestro.

AGREGADO FINO (NTP 400.037)

### **Granulometría (NTP 400.012)**

La granulometría es muy importante ya que mediante este ensayo se puede obtener la proporción de la mezcla de concreto, ya que precisa la porción de agua requerida para humedecer todos los cuerpos sólidos; el espacio relativo ocupado por el agregado, la trabajabilidad de la mezcla y su inclinación a la segregación.

#### **Procedimiento:**

- ❖ Tomar una muestra por cuarteo.
- ❖ Limpiar correctamente los tamices con ayuda de una escobilla y colocamos los tamices en el orden mayor a menor de acuerdo a su dimensión de abertura: N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200
- ❖ Invertir la muestra de agregado en la malla superior, y se coloca en la tamizadora industrial.
- ❖ Se finaliza el procedimiento, cuando al haber pasado un minuto se tiene un retenido del 1% en peso del material en el tamiz superior.
- ❖ Separar el conjunto de mallas, para luego tomar el peso de cada material retenido en cada una de las mallas, así mismo se apuntan los datos obtenido del presente ensayo.
- ❖ Después de emplear la fórmula y obtener resultados, como los que podemos observar en la siguiente tabla, para su mayor análisis y comprobación de los (husos) estipulados.



*Figura 17: Se observa los materiales para realizar el ensayo*



*Figura 18: Se procede agregar la muestra en las mallas*

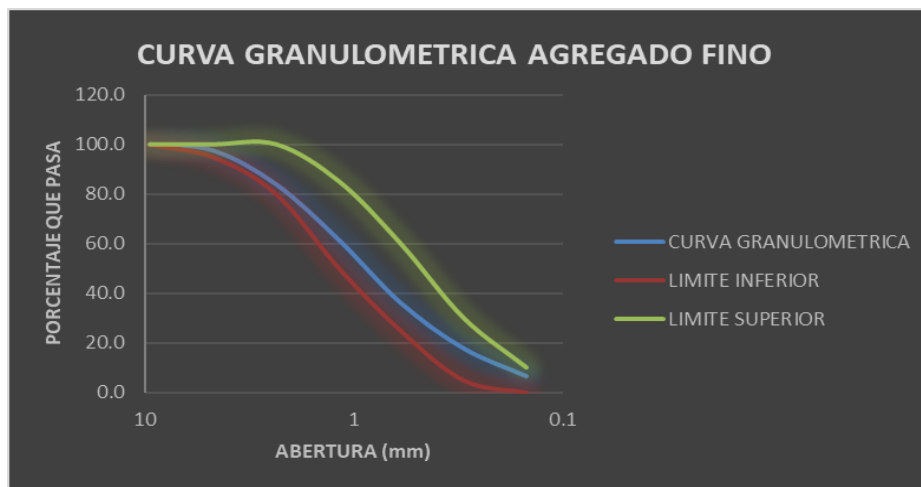


*Figura 19: Los tamices se colocan en el tamizador industrial*



**Figura 20: Después del tamizado del agregado fino**

En base a la granulometría, obtenemos resultados del análisis de agregado fino que deben cumplir con la NTP 400.037, lo cual podemos observar en la posterior figura.



**Figura 21 Curva granulométrica Agregado fino**

**Fuente: Elaboración Propia**

### **Módulo de fineza (NTP 400.011)**

Es la suma de los porcentajes retenidos en los tamices tamices 3/8", N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y esta cantidad se divide entre 100.

Criterio Establecido en 1925 por Duff Abrams que desde el empleo del ensayo de granulometrías del material, es posible obtener una fineza promedio del material empleado. (Sánchez, 2015)

Así mismo, la norma ASTM, indica que el módulo de finura del agregado fino tiene que cumplir con las especificaciones 2.30 y 3.10, donde la cantidad más alta revela una gradación de mayor tamaño.



En conclusión, las arenas que están dentro del rango de 2.2 y 2.8 generan concretos de buena trabajabilidad y menor segregación; y las que se están entre 2.8 y 3.1 son las mas convenientes para los concretos de alta resistencia (Abanto, 1994).

*El módulo de fineza del agregado fino ensayado es: 2.97*

### **Contenido de humedad (NTP 400.016)**

Se determina como la porción de agua que contiene el elemento en estado natural, en relación al peso de la muestra seca presentado en porcentaje. Es una característica significativa porque puede modificar la relación agua/cemento del diseño de mezcla y por ende contribuye en la resistencia y otras propiedades del concreto.

$$\text{Contenido de Humedad del Agregado Fino} = \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}} * 100$$

### **Procedimiento:**

- ❖ Tomamos alrededor de 500 gr de agregado fino natural.
- ❖ Colocamos en el horno para que procedan a secarse las muestras utilizadas.
- ❖ Tomamos el peso de la porción del material secado al horno.
- ❖ colocamos los datos en la ecuación anterior y obtenemos los resultados.

**Tabla 11 : Calculo del contenido de humedad del agregado fino**

Nro. de muestra	I	II
Peso de tara	0	0
Peso de la muestra humeda	500	500
Peso de la muestra seca	480	479
Peso de Agua	20	21
contenudi de humedad w%	4.17	4.38
<b>Promedio cont. Humedad w%</b>	<b>4.28</b>	

Fuente: Elaboración Propia

## **Peso Específico y Absorción (NTP 400.022)**

La Norma Técnica Peruana NTP 400.022, determina el método de ensayo para hallar:

- El peso específico (densidad)
- Peso específico saturado con superficie seca
- El peso específico aparente
- La absorción

*La muestra del agregado fino tiene que estar 24 horas en agua.*

- ❖ **Peso específico:** El peso específico del agregado, indica la calidad del material, ya que explica que los valores mayores pertenecen a elementos de óptimo actuación, a comparación que para valores bajos frecuentemente son agregados absorbentes y débiles.
- ❖ **Peso específico de la masa seca:** Es la relación, a una temperatura constante de la masa en el aire de un volumen unitario de material (incluye los espacios vacíos es decir poros absorbentes e impermeable que tiene el material por naturaleza); respecto de la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas.

$$\text{Peso específico de la masa} = \frac{W_o}{(V - V_a)} \dots \dots \dots (3.1)$$

Donde:

$W_o$  : Peso en el aire de la muestra secada en el horno (g).

$V$  : Volumen del frasco (cm<sup>3</sup>).

$V_a$  : Peso de agua añadida en el picnómetro (g).

- ❖ **Peso específico de la masa saturado superficialmente seco:** Se puntualiza como la relación a una temperatura constante de la masa en el aire de un volumen unitario de material permeable (incluyendo espacios vacíos absorbentes totalmente saturados con H<sub>2</sub>O o poros impenetrables que contiene el elemento) en base a la masa en el aire de la misma densidad de un volumen equivalente de agua purificada que no contiene gases.

$$\text{Peso específico de la masa SSS} = \frac{500}{(V - V_a)} \dots \dots \dots (3.2)$$

Donde:

$V$  : Volumen del frasco (cm<sup>3</sup>).

$V_a$  : Peso de agua añadida en el picnómetro (g).

❖ **Peso específico aparente:** Se define como la relación a una temperatura constante de la masa en el aire de un volumen unitario de material respecto de la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua destilada libre de gases, si el material es un sólido el volumen es aquel de la porción que no absorbe agua.

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{W_o}{(V - V_a) - (500 - W_o)} \dots \dots \dots (3.3)$$

Donde:

$W_o$  : Peso de la muestra secada en el horno (g).

$V$  : Volumen del frasco (cm<sup>3</sup>).

$V_a$  : Peso de agua añadida en el picnómetro (g).

❖ **Absorción:** Se entiende por absorción, a la porción de agua que retiene e agregado cuando se encuentra de estado seco al estado saturado superficialmente seca en relación a la cantidad del material seco y se representa en porcentaje.

$$\% \text{Absorción} = \frac{500 - W_o}{W_o} * 100 \dots \dots \dots (3.4)$$

**Equipos y accesorios:**

- ❖ Balanza con peso máximo hasta 3 kg.
- ❖ Pomo volumétrico de cabida de 500 cm<sup>3</sup>, con temperatura de 20 a 25 °C.
- ❖ Molde cónico, metálico
- ❖ Barra compactadora, de metal de 340g ± 15g de peso con un extremo de superficie circular de 25mm ± 3mm de diámetro.
- ❖ Horno, que pueda mantener temperatura de 110°C ± 5°C.
- ❖ Termómetro con aproximación a 0.5°C.

### **Preparación de la muestra:**

- ❖ Colocar la muestra en la balanza, aproximadamente 500g.
- ❖ Se seca la muestra a  $110^{\circ}\text{C} + 5^{\circ}\text{C}$ , durante un periodo 24 horas y se debe pesar el material dos veces consecutivamente durante un periodo de una hora y que los resultados no varíen en más de 0.1%.
- ❖ Se ubica la porción de material dentro de un balde inmediatamente agregar agua hasta encima de toda la muestra, luego se deja reposar durante un plazo de 24 h.
- ❖ Se extiende sobre un recipiente para calentarlo hasta que los agregados finos no se adhieran marcadamente entre sí.



*Figura 22: Muestra de 500 g.*



*Figura 23: Cubrimos la muestra con agua y dejamos reposar 24 h*

Se invierte el agregado fino en forma suelta en el molde cónico, se compacta la parte superior con 25 golpes con ayuda de la barra compactadora y posterior a ello se retira el molde de forma vertical. Si el material aun contiene humedad, se identifica cuando el cono de agregado fino aún mantiene su forma. Para ello se procede a seguir secando y se comprueba libre de humedad cuando al quitar el cono el material se derrumbe, indicándonos que el agregado fino ha llegado a una condición de saturado superficialmente seca.



*Figura 24: Arena Superficialmente seca después del apisonado*

**Procedimiento:**

- ❖ Se coloca 85.5 g de muestra preparada (WSSS) dentro del frasco, se coloca agua hasta llegar a la raya de 500 cm<sup>3</sup> y con grados de 23 °C ± 2 °C.
- ❖ Luego agitamos levemente el frasco de vidrio por un periodo de 15 a 20 min. para suprimir los glóbulos de aire, posteriormente se coloca en un baño a temperatura estable, de 23 °C ± 2 °C.
- ❖ Al pasar alrededor de unos 60 segundos se agrega agua hasta la marca de 500 cm<sup>3</sup>, y se comprueba el peso total del agua colocada en el frasco, con precisión de 0,1 g.
- ❖ Sacar el agregado fino del frasco a grados contante de 100 °C a 110 °C, se enfría a temperatura normal y se procede secar durante ½ h a 1½ h y finalmente se toma pesa el material seco.



*Figura 25: Agitamos el frasco para proceder a eliminar las burbujas*



*Figura 26: Tomamos datos del frasco+ agua+ muestra*

**Tabla 12: Calculo de Peso Específico y absorción Agregado fino**

Nro. de muestra	I	II	
Peso del Frasco+ agua (1)	654.6	655	
Peso suelo SSS (2)	500	500	
Peso frasco+ agua + 500 (3)	1154.6	1155	
Peso frasco+ agua + SSS (4)	966.9	967.2	
volumen masa+ vol vacios (5)	187.7	187.8	
Peso Suelo Seco (6)	494.2	495.1	
Vol masa (7) ( 5-(500 - 6))	181.9	182.9	
<b>P.E. Aparente (6/5)</b>	2.63	2.64	2.63
<b>PE SSS ( 500/5)</b>	2.66	2.66	2.66
<b>Absorción Porcentaje ( 500- 6)/6)*100</b>	1.17	0.99	1.08

**Fuente: Elaboración Propia**

### **Peso Unitario (NTP 400.017)**

El peso unitario es el producto del peso del material seco por el inverso del volumen del recipiente, se denota en kg / m<sup>3</sup>.

El peso unitario varia respecto a las condiciones intrínsecas del agregado, tales como su forma, tamaño y granulometría, de la misma manera requiere de elementos exteriores como la relación del tamaño máximo con el molde cilíndrico, la consolidación, la forma de colocación, etc.

Existen 2 tipos de pesos unitarios:

❖ **Peso Unitario Suelto: (P.U.S.):** Viene a ser el peso del material en forma natural por volumen unitario conocido. EL peso se emplea para cambiar magnitudes en peso a magnitudes en volumen.

$$P. U. S. = \frac{\text{Peso del material suelto (Kg)}}{\text{Volumen del recipiente(m3)}} \dots \dots \dots (3.5)$$

❖ **Peso Unitario Compactado: (P.U.C.):** Viene a ser el peso del material por unidad de volumen conocido luego de un proceso de compactado. Este experimento se puede obtener el grado de apisonado que tienen los elementos cuando se encuentran en estado natural.

$$P. U. C. = \frac{\text{Peso del material compactado (Kg)}}{\text{Volumen del recipiente(m3)}} \dots \dots \dots (3.6)$$

El peso unitario modifica en base a las circunstancias intrínsecas del agregado, tales como su, tamaño, granulometría y apariencia así mismo necesita de componentes externos como la relación del tamaño del recipiente, la consolidación y el colocado, etc.

**Equipos y accesorios**

- ❖ Balanza con exactitud a 0.1%
- ❖ Recipiente cilíndrico de material metálico
- ❖ Varilla para realizar compactación de material de acero, lisa de 5/8” de diámetro y una dimensión de 60 cm con pico de forma redonda.
- ❖ Cuchara de aproximadamente 160 oz, de acero

**PESO UNITARIO SUELTO (P.U.S.)**

**Preparación de la muestra y procedimiento:**

- ❖ Se coloca en un recipiente la muestra.
- ❖ Para el peso unitario suelto, el recipiente se llena de agregado con ayuda de un cucharón de acero sin que este choque con el molde, dejando que agregado fino se acomode hasta rebosar. Así mismo se elimina el material sobrante con ayuda de la barra compactadora.



**Figura 27: Colocamos la muestra dentro del molde**



**Figura 28: Apuntamos datos del P.U.S.**

**Tabla 13: Calculo de Peso Unitario Suelto**

Peso Muestra +	Peso Molde	Peso Muestra	Volumen de	Peso Unitario
Molde (g)	(g)	Suelto (g)	Molde (cm <sup>3</sup> )	Suelto (g/cm <sup>3</sup> )
6938	2720	4218	2812	1.50
6994	2720	4274	2812	1.52
<i>Promedio de Peso Unitario Suelto</i>				<b>1.51</b>

**Fuente: Elaboración Propia**

#### PESO UNITARIO COMPACTO (P.U.C.)

❖ Para el peso unitario compactado, se coloca la muestra hasta la tercera parte del recipiente de agregado para luego apisonar la masa con la varilla de 5/8", golpeando 25 de manera uniforme sobre la superficie. Se realiza el mismo procedimiento al llenar las dos terceras y de nuevo se compacta con la varilla dando 25 golpes como antes, después, se coloca la última parte restante hasta rebalsar y se apisona golpeando 25 veces, el agregado excesivo se separa con ayuda de la barra, en seguida, se toma el peso neto del agregado en el recipiente.





Figura 29: Compactamos la muestra con ayuda de la varilla de 3/8''



Figura 30: Tomamos datos del P.U.C.

Tabla 14: Calculo de Peso Unitario Compacto

Peso Muestra + Molde (g)	Peso Molde (g)	Peso Muestra Compacto (g)	Volumen de Molde (cm <sup>3</sup> )	Peso Unitario Compac.(g/cm <sup>3</sup> )
7258	2717	4541	2812	1.61
7408	2717	4691	2812	1.67
<i>Promedio de Peso Unitario Compacto</i>				<b>1.64</b>

Fuente: Elaboración Propia

## AGREGADO GRUESO (NTP 400.037)

### **Granulometría (NTP 400.012)**

La granulometría del agregado es de gran importancia ya que influye trabajabilidad del concreto y ésta, aumenta o disminuye la porción de agua y cemento, además interviene en la segregación, y es de gran importancia en la colocación del concreto y en el acabo de este. Estos componentes determinan las propiedades del concreto en estado fresco, pero también interviene en el fraguado resistencia y durabilidad.



*Figura 31: Muestra Agregado Grueso*

### **Tamaño Máximo (NTP 400.037)**

En base a la Norma Técnica Peruana, define al Tamaño Máximo del agregado grueso como aquel que “corresponde al tamiz más pequeño por el que pasa toda la muestra de agregado grueso”. Con Granulometrías diferentes se puede obtener valores similares o incluso hasta igual valor del T.M.N. del agregado grueso. Es por ello que se debe tener en cuenta la elección del agregado, y de las cantidades que intervienen en la mezcla.

### **Tamaño máximo nominal (NTP 400.037)**

La Norma Técnica Peruana, explica el T.M.N. del agregado grueso como el material “pertenece al tamiz inferior de las mallas corresponde el menor tamiz del orden utilizado que genera el primer retenido”.

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones RNE E.060 Concreto Armado, el Tamaño Máximo Nominal de agregado grueso no debe ser mayor a ninguna de:

- a)  $1/5$  de la menor separación entre los lados del encofrado.

b) 1/3 de la altura de la losa, de ser el caso.

Las restricciones mencionadas pueden excluirse si en caso se comprueba la propiedad de trabajabilidad y que los procedimientos de compactación son óptimos de manera que el hormigón se coloca sin oquedad.

**Tabla 15: Cantidad mínima de la muestra de agregado grueso.**

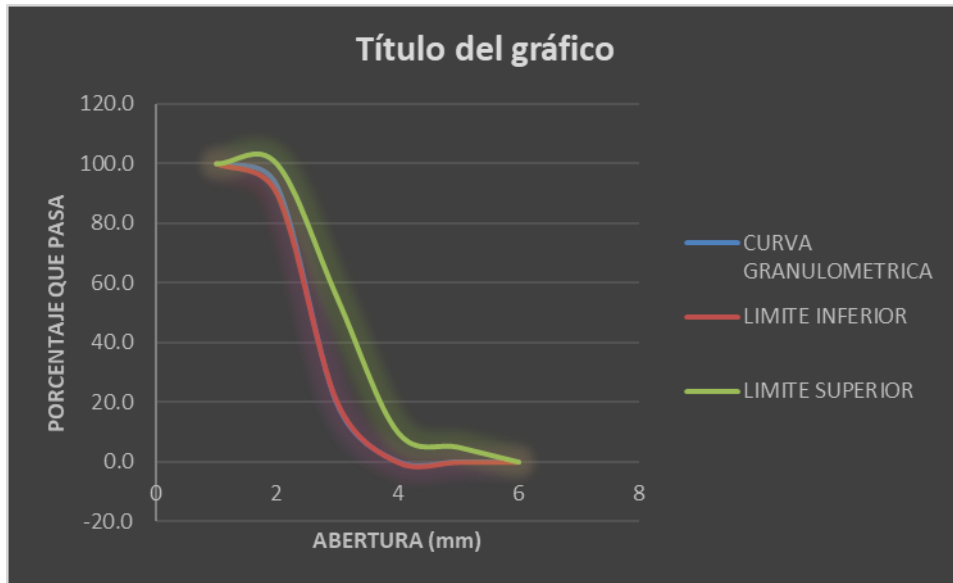
Tamaño nominal cuadradas mm (pulg)	máximo aberturas	Cantidad de la muestra de ensayo, mínimo kg (lb)
9.5	( 3/8 )	1 ( 2 )
12.5	( 1/2 )	2 ( 4 )
19	( 3/4 )	5 ( 11 )
25	( 1 )	10 ( 22 )
37.5	( 1 ½ )	15 ( 33 )
50	( 2 )	20 ( 44 )
63	( 2 ½ )	35 ( 77 )
75	( 3 )	60 ( 130 )
90	( 3 ½ )	100 ( 220 )
100	( 4 )	150 ( 330 )
125	( 5 )	300 ( 660 )

**Fuente: Norma Técnica Peruana NTP 400.012**

De los resultados del ensayo granulométrico del agregado grueso se obtiene que el Tamaño Máximo es de 1 1/2" y el Tamaño Máximo Nominal es de 1".

Procedimiento:

- a) Tomar una cantidad ejemplar del material, del cual ha sido dividido en cuatro.
- b) Limpiar los tamices y ordenamos.
- c) Disponer de diversas bandejas, que servirán para colocar el material retenido en cada malla.
- d) Vaciar la muestra del material en la parte superior y generar movimientos.
- e) Al observarse que en cada malla existe gran cantidad de material, se procede a utilizar los recipientes para vaciar las muestras retenidas.
- f) Finaliza el ensayo, cuando durante un minuto se queda retenido más del 1% del peso del material total en el tamiz.
- g) Finalmente se toma el peso del retenido de cada malla y se anotan los datos.



*Figura 32: Granulometría de Agregado Grueso*

### **Módulo de fineza (NTP 400.011)**

El módulo de fineza del agregado grueso, no se usa tanto como la arena, este ensayo se determina sumando el porcentaje retenido acumulado en cada malla: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y se divide entre 100. El módulo de fineza es hallar el promedio general de tamaño del. Tamiz en el cual ha sido retenido.

$$MF = \frac{\sum \% \text{ Acumulados Retenidos (3, 1 1/2, 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100)}}{100}$$

El módulo de fineza de la muestra ensayada es: 3.88

### **Contenido de humedad (NTP 400.016)**

Explica como la porción de agua que contiene la muestra cuando se encuentra en temperatura ambiente, en relación al peso seco de la muestra en porcentaje. Es un procedimiento de gran importancia ya que determina la relación agua/ cemento del cálculo del diseño de mezcla y esto interviene en las propiedades del concreto.

El cálculo y técnica es semejante a lo generado para el agregado fino.



*Figura 33: Peso húmedo de la muestra*



*Figura 34: Peso de la muestra seca*

**Tabla 16: Calculo de Contenido de Humedad Agregado Grueso**

<b>Nro. de muestra</b>	<b>I</b>	<b>II</b>
Peso de tara	0	0
Peso de la muestra humeda gr	3000	3000
Peso de la muestra seca gr	2993	2994
Peso de Agua	7	6
contenudi de humedad w%	0.23	0.20
<b>Promedio cont. Humedad w%</b>	<b>0.22</b>	

**Fuente: Elaboración Propia**

## **Peso específico y absorción (NTP 400.021)**

La Norma Técnica Peruana NTP 400.021, indica un procedimiento de prueba para conseguir el peso específico (densidad); peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción posterior a las 24 horas de haber estado sumergido el agregado grueso.

- ❖ **Peso específico:** El peso específico de los agregados representa la calidad del material, respecto a que los valores mayores pertenecen a elementos de óptimo comportamiento, a comparación que para valores bajos frecuentemente son agregados absorbentes y débiles.
  
- ❖ **Peso específico de la masa seca:** Es la relación, a una temperatura constante de la masa en el aire de un volumen unitario de material (incluye los espacios vacíos es decir poros absorbentes e impermeable que tiene el material por naturaleza); respecto de la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas

$$\text{Peso específico de la masa} = \frac{W_o}{(V - V_a)} \dots \dots \dots (3.7)$$

Donde:

$W_o$  : Peso en el aire de la muestra secada en el horno (g).

$V$  : Volumen del frasco (cm<sup>3</sup>).

$V_a$  : Peso de agua añadida en el picnómetro (g).

- ❖ **Peso específico de la masa saturado superficialmente seco:** Se puntualiza como la relación a una temperatura constante de la masa en el aire de un volumen unitario de material absorbente (con espacios vacíos absorbentes totalmente saturados con H<sub>2</sub>O o poros impenetrables que contiene el elemento) en base a la masa en el aire de la misma densidad de un volumen equivalente de agua purificada que no contiene gases.

$$\text{Peso específico de la masa SSS} = \frac{500}{(V - V_a)} \dots \dots \dots (3.8)$$

Donde:

$V$  : Volumen del frasco (cm<sup>3</sup>).

$V_a$  : Peso de agua añadida en el picnómetro (g).

❖ **Peso específico aparente:** Se precisa como la relación a una temperatura constante de la masa en el aire de la unidad de volumen del material en base de la masa en el aire equivalente densidad de un volumen igual de H<sub>2</sub>O purificada que no contiene gases, si el elemento es un sólido el volumen es aquella fracción impenetrable.

$$\text{Peso específico aparente} = \frac{W_o}{(V - V_a) - (500 - W_o)} \dots \dots \dots (3.9)$$

Donde:

$W_o$  : Peso en el aire de la muestra secada en el horno (gr).

$V$  : Volumen del frasco (cm<sup>3</sup>).

$V_a$  : Peso de agua añadida en el picnómetro (gr).

❖ **Porcentaje de absorción:** Se entiende por absorción, a la porción de agua que retiene e agregado cuando se encuentra de estado seco al estado saturado superficialmente seca en relación a la cantidad del material seco y se representa en porcentaje.

$$\% \text{Absorción} = \frac{W_{sss} - W_o}{W_o} * 100 \dots \dots \dots (3.10)$$

Donde:

$W_o$  : Peso de la muestra seca (gr).

$W_{sss}$  : Peso de la muestra saturada superficialmente seca (gr).

**Equipo y accesorios:**

- ❖ Balanza que pueda soportar cantidad máxima de 3kg y con precisión de 0.1g.
- ❖ Canasta de armadura alambrado, con agujeros.
- ❖ Horno, capaz de conservar un calor equivalente de 110°C ± 5°C.

**Preparación de la muestra:**

Se toma una muestra y se divide en cuatro, posteriormente se elige ¼ de la muestra que tenga como peso alrededor de 2kg, finalmente se elimina aquel material que pase por el tamiz N° 4 (4.76 mm).

### **Procedimiento:**

- ❖ Se lava la muestra seleccionada, eliminando el polvillo y las partículas pequeñas que pasan por la malla N°4 y posterior a ello se sitúa el material en un recipiente con agua y se deja durante el tiempo  $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$ .
- ❖ Pasando el periodo sumergido se retira la muestra y se seca con ayuda de una franela absorbente, de manera que mantenga libre de agua la superficie del agregado. Inmediatamente se pesa el material ya que este puede sufrir evaporación de agua de la superficie lo cual causara distorsión en el ensayo. La balanza utilizada tiene que tener una precisión máxima hasta de los 0.5g. para poder obtener los pesos más exactos posibles.
- ❖ Posterior a ello, se toma la muestra ( $W_{sss}$ ) y se coloca en la canastilla se sumerge en el agua a temperatura de  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  y se determina el peso con ayuda de la balanza hidrostática
- ❖ Después se coloca la muestra en el horno con grados de  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante el periodo de 24 horas, luego de transcurrir el tiempo mencionado se procede a pesar para obtener peso del material seco.



*Figura 35: Secando la muestra con un paño absorbente*





*Figura 36: Peso de la muestra Saturada Superficialmente Seca*



*Figura 37: colocado de la muestra en la balanza hidrostática*

**Tabla 17: absorción de Agregado grueso**

Nro. de muestra	I	II	Prom.
Peso Piedra Seca (1)	2981	2983	
Peso Piedra SSS (2)	3000	3000	
Peso Piedra Sumergido (3)	1943.6	1943.5	
P.E. Aparente (1/(2-3))	2.82	2.82	
<b>P.E. Superficie Seca Saturada</b>	2.84	2.84	2.84
<b>P.E. Nominal</b>	2.87	2.87	2.87
<b>Absorción</b>	0.64	0.57	0.60

**Fuente: Elaboración Propia**

## **Peso unitario (NTP 400.017)**

El peso unitario es el producto del peso de la muestra seca por el inverso del volumen del recipiente, se expresa en kg / m<sup>3</sup>.

Se nombra peso unitario del agregado, sea apisonado o compactado, al peso que logra obtenerla unidad de volumen. Habitualmente se denota en kilogramos por metro cúbico de la muestra (kg/m<sup>3</sup>). El valor es utilizado cuando son agregados livianos o de gran peso y es necesario para realizar el cálculo del diseño de mezcla que interviene en la dosificación del concreto por su volumen.

Los agregados anulares de contextura suave son aquellos que al realizar el ensayo tiene como resultado valores más elevados mientras que aquellos que tienen superficie áspera y forma angular son habitualmente menor. (Rivva, 2010)

La manera de realizar el ensayo para el peso unitario suelto o es similar a la del agregado fino.

### ❖ **Peso Unitario Suelto: (P.U.S.)**

$$P. U. S. = \frac{\text{Peso del material suelto (Kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m}^3\text{)}} \dots \dots \dots (3.11)$$

### ❖ **Peso Unitario Compactado: (P.U.C.)**

$$P. U. C. = \frac{\text{Peso del material Compactado (Kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m}^3\text{)}} \dots \dots \dots (3.12)$$

### **Equipos y accesorios:**

- ❖ Balanza sensible de 120 kg al 0.1% del peso de la muestra.
- ❖ 1 Carretilla 2 pie<sup>3</sup>
- ❖ 1 Lampa
- ❖ 1 molde cilíndrico 0.5 pie<sup>3</sup> de capacidad.
- ❖ 1 varilla punta roma de acero de 60 cm de longitud y diámetro 5/8".
- ❖ 1 guincha

### **Preparación de la muestra y procedimiento:**

- ❖ Se alisto el molde y se pesó.
- ❖ Mezclar el material a utilizar de manera uniforme y luego dejar secar a temperatura natural.

#### PESO UNITARIO SUELTO ( P.U.S.)

- ❖ Para el peso unitario suelto, al recipiente cilíndrico se agrega la muestra con ayuda de una pala dejando que el material se adecúe en forma natural y evitando que la pala choque con el molde. Posterior al llenado se procede a eliminar el material excedente enrasando la superficie con la varilla de 3/8". Finalmente se obtiene el peso neto del agregado en el molde.



*Figura 38: Colocando material al molde*

**Tabla 18: Resultados del peso Unitario Suelto del agregado grueso**

<b>Molde Nro.</b>	<b>I</b>	<b>II</b>
Peso del molde gr.	5620	5620
Peso del molde + muestra gr.	19450	19510
Peso de la muestra gr.	13830	13890
volumen del molde cm3	9267,809	9267,809
Peso unitario suelto gr/cm3	1,492	1,499
Promedio P.U.S. gr/cm3	1,495	
Promedio P.U.S. kg/m3	1495,499	

**Fuente: Elaboración Propia**

#### PESO UNITARIO COMPACTO (P.U.C.)

Para el peso unitario compactado, se coloca la muestra en tres capas, primero la tercera parte del molde vertimos agregado grueso para luego compactar la masa con la varilla de 5/8", golpeando 25 veces de manera uniforme en toda el área. Se realiza los mismos pasos para la segunda y tercera capa y en cada una de ellas se apisona varillando 25 veces en toda la superficie, finalmente en la tercera etapa se elimina el material restante con ayuda de la varilla se enrasa la superficie y pesa, concluida el procedimiento se obtiene como resultado el peso neto del agregado en el molde cilíndrico.



*Figura 39: Varillando el material en la tercera capa*



*Figura 40: quitando el material excedente*

**Tabla 19: Resultados del peso Unitario Compacto del agregado grueso**

Molde Nro.	I	II
Peso del molde gr.	5620	5620
Peso del molde + muestra gr.	21000	21020
Peso de la muestra compacto gr.	15380	15400
volumen del molde cm <sup>3</sup>	9267,809	9267,809
Peso unitario compacto gr/cm <sup>3</sup>	1,660	1,662
Promedio P.U.C. gr/cm <sup>3</sup>	1,661	
Promedio P.U.C. kg/m <sup>3</sup>	1660,587	

**Fuente: Elaboración Propia**

## DISEÑO DE MEZCLA DEL CONCRETO

El método de diseño será del comité 211.1 del ACI. Para efectuar el diseño de una mezcla se deben seleccionar las características del concreto a diseñar dependiendo del uso que se le vaya a dar.

En este método de diseño de mezclas, la estimación de los elementos requeridos para dicho diseño comprende una sección de pasos directos y lógicos en donde involucran las características físicas de los materiales examinados en el laboratorio, podemos observarlo en el siguiente cuadro.

**Tabla 20: Características de los materiales para el diseño de mezcla**

DESCRIPCION	UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
			FINO	GRUESO
Tamaño maximo	pulg.	--	N° 4	1"
Peso Especifico	gr/cm <sup>3</sup>	3.18	2.63	2.82
Peso Unitario Suelto	kg/cm <sup>3</sup>	--	140	1500
Peso Unitario Comactado	kg/cm <sup>3</sup>	--	1648	1660
Contenido de Humedad	%	--	4.28	0.22
Absorcion	%	--	1.08	0.6
Modulo de Fineza	--	--	2.07	3.88

**Fuente: Elaboración Propia**

### Selección de la resistencia promedio

Para hallar la resistencia promedio emplearemos de la siguiente tabla, ya que no tenemos unas investigaciones similares que nos facilite los datos

**Tabla 21: Resistencia a la compresión promedio**

<b>f'c (kg/cm2)</b>	<b>f'cr (kg/cm2)</b>
Menos de 210	f'c + 70
210 a 350	f'c + 84
Sobre 350	f'c + 98

Fuente: ACI 211.1

EL f'c requerido es de 210 kg/cm2. Pero empleando el cuadro anterior hallamos la Resistencia a la compresión promedio

$$F'cr = 210 + 84 = 294 \text{ kg/cm}^2$$

### Elección del tamaño máximo nominal del agregado

*Tamaño Máximo Nominal: 1"*

### Elección del asentamiento

*Slump: 6" a 7" (Mezcla plástica)*

### Selección de volumen unitario de agua de diseño

Para hallar el Volumen Unitario de Agua de Diseño, se debe utilizar el siguiente cuadro, teniendo datos previos del slump y el Tamaño Máximo Nominal, además esta es una mezcla sin aire incorporado

**Tabla 22: Volumen Unitario de Agua de diseño**

ASENTAMIENTO	Agua, en lt/m <sup>3</sup> , para los tamanos Maximo Nominales de Agregados gruesos y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>Concreto Sin Aire incorporado</b>								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	
<b>Concreto con Aire incorporado</b>								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	

Fuente: ACI 211.1

### Selección del contenido de aire

*Tabla 23: Contenido de Aire Atrapado*

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	AIRE ATRAPADO
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

Fuente: ACI 211.1

## 1.1. SELECCIÓN DE LA RELACIÓN AGUA-CEMENTO

**Tabla 24: Relación Agua – Cemento por resistencia**

f'cr ( 28 días)	Relacion Agua- Cemento de diseño en peso	
	Concreto Sin Aire Incorporado	Concreto con Aire Incorporado
150	0.80	0.71
200	0.70	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	---
450	0.38	---

Fuente: ACI 211.1

En este caso como no encontramos datos exactos, se debe interpolar, teniendo una resistencia promedio de 294 kg/cm<sup>2</sup> en un concreto sin aire incorporado, se encuentra relación agua-cemento por resistencia de 0.56

Factor cemento

Factor cemento: volumen unitario de agua / razón agua y cemento

Ejempló:

Factor cemento =  $202/0.56 = 360.70 \text{ kg/m}^3 = 8.50 \text{ bolsas/m}^3$

### Contenido de Agregado Grueso

Tabla 25: Peso del Agregado grueso por unidad de volumen del concreto

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL	Volumen de Agregado grueso, seco y compacto, por unidad de volumen del concreto, para diversos modulos de Fineza del Agregado Fino			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72

Fuente: ACI 211.1

Para hallar el peso del agregado fino por unidad de volumen necesitamos el módulo de fineza del Agregado fino teniendo como dato 2.97, pero como no encontramos datos exacto para ello es necesario interpolar, como resultado

2.80	0.67	
2.97	X	
3.00	0.65	<b>x= 0.65</b>



**$PESO A.G. = b/b_o * \text{Peso unitario seco compactado grueso}$**

**$\text{Peso del agregado Grueso} = 0.65 \times 1660 = 1079 \text{ kg/m}^3.$**

### **Cálculo de volúmenes absolutos**

Teniendo como dato el peso del cemento, agua y agregado grueso, y además habiendo calculado con ayuda de algunas tablas el volumen de aire, se prosigue con el cálculo de la adición de volumen absolutos de los elementos empleados.

#### **VOLUMEN ABSOLUTO DE:**

- CEMENTO:

$$C = \frac{\text{Contenido de cemento (kg)}}{\text{Peso específico} \times 1000}$$

**$\text{Cemento: } 360.7 / (3.18 \times 1000) = 0.113 \text{ m}^3$**

- AGUA

$$A = \frac{\text{Contenido de Agua } \frac{\text{lt}}{\text{m}^3} \text{ o kg}}{1000 \text{ kg/m}^3}$$

**$\text{Agua: } 202 / 1 \times 1000 = 0.202 \text{ m}^3$**

- AIRE

$$A = \frac{\text{Contenido de Aire atrapado (tabla)}}{100}$$

**$\text{Aire: } 0.015 / 1 \times 1 = 0.015 \text{ m}^3$**

- AGREGADO GRUESO

$$A. G. = \frac{\text{Peso del agregado grueso kg}}{\text{Peso Especifico del agregado grueso kg/m}^3}$$

**$\text{Agregado Grueso: } 1079 / 2.82 \times 1000 = 0.383 \text{ m}^3$**

- SUMA DE VOLÚMENES CONOCIDOS:

$$C_e + A + A + G = X$$

$$C_e' + A + A + G = 0.698 \text{ m}^3$$

## 1.2. CONTENIDO DE AGREGADO FINO

Volumen absoluto

$$A. \text{ Fino} = 1 - 0.698 = 0.302 \text{ m}^3$$

CALCULAR EL PESO DEL AGREGADO FINO

$$\text{Peso A. Fino} = \text{Vol. a. fino} * \text{Peso Especifico}$$

$$B. \text{ Peso del A. Fino Seco} = 0.302 \times 2.48 \times 1000 = 748.96 \text{ kg/m}^3$$

## 1.3. CANTIDAD DE MATERIALES POR M3 EN PESO

$$\text{Cemento: } 360.7 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua de diseño } 202.00 \text{ Lt/m}^3$$

$$\text{Agregado Fino seco: } 739.18 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso seco: } 1079 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso de la mezcla: } 2380.88 \text{ kg/m}^3$$

## 1.4. CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO

$\text{Correccion para agregados} = \text{Peso seco de agregado fino o grueso} * \left( \frac{W\%}{100} + 1 \right)$
--

Peso húmedo del:

$$\text{Agregado Fino} = 739.18 \times (1 + 0.0428) = 587.44 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = 1079 \times (1 + 0.0022) = 1081.37 \text{ kg/m}^3$$

## 1.5. CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS

$$\frac{(\% w - \% abs.) * Agregado seco}{100}$$

### a. Humedad superficial de los Agregados

$$(\% w - \% abs.)$$

$$\text{Agregado Fino} = 4.28 - 1.08 = 3.20\%$$

$$\text{Agregado Grueso} = 0.22 - 0.60 = -0.38\%$$

$$\text{Total} = 2.82\%$$

### b. Aporte de humedad de los Agregados

$$\frac{(\% w - \% abs.) * Agregado seco}{100}$$

$$\text{Agregado Fino seco: } 739.18 * (0.032) = 23.65 \text{ Lt/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso seco: } 1079 * (-0.0038) = -4.10 \text{ Lt/m}^3$$

$$\text{Aporte de humedad de los Agregados: } 19.55 \text{ Lt/m}^3$$

$$\text{Agua efectiva: } 202 - (19.55) = 182.45 \text{ Lt/m}^3$$

## 1.6. CANTIDAD DE MATERIALES CORREGIDOS POR M3 DE CONCRETO

$$\text{Cemento: } 360.7 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua efectiva: } 182.5 \text{ Lt/m}^3$$

$$\text{Agregado Fino húmedo: } 770.82 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso húmedo: } 1081.37 \text{ kg/m}^3$$

## 1.7. PROPORCIONES EN PESO DE LOS MATERIALES CORREGIDOS

$$\text{Cemento} = 360.7/360.7 = 1$$

$$\text{Agregado Fino} = 770.82 / 360.7 = 2.13$$

$$\text{Agregado Grueso} = 1081.37/360.7 = 2.99$$

$$\text{Agua} = 182.6/360.7 = 0.50$$

## 1.8. CANTIDAD DE MATERIALES CORREGIDOS POR BOLSA

EJEMPLO

$$\text{Cemento} = 1.00 \times 42.5 = 42.50 \text{ Kg/Bls}$$

$$\text{Agua efectiva} = 0.50 \times 42.5 = 21.25 \text{ Lt/Bls}$$

$$\text{Agregado Fino} = 2.13 \times 42.5 = 90.50 \text{ Kg/Bls}$$

$$\text{Agregado Grueso} = 2.99 \times 42.5 = 127.08 \text{ Kg/Bls}$$

## 2. DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO PARA DIFERENTES PORCENTAJES DE NANOSÍLICE.

De acuerdo con los datos obtenidos anteriormente en el diseño de mezclas de concreto, se establecieron las dosificaciones definitivas para el CP, 0.5NS, 1.0NS y 1.5NS que corresponde a 0%, 0.5%, 1.0%, 1.5% de Nanosílice con respecto al peso del cemento. Así mismo se establece que de acuerdo a las recomendaciones del ingeniero de la empresa Ulmen especifica que no es necesario disminuir el agua en estos casos ya que las dos primeros adiciones son mínimas lo cual lo no causara muchas modificaciones en la mezcla, y en base a que esta es una investigación y se debe realizar una comparación, se estableció la siguiente dosificación.

*Tabla 26: Peso de concretos, contenido por m3 de mezcla*

DESCRIPCION	CONCRETO PATRON	0.5% N.S.	1% DE N.S.	1.5% DE N.S.
<b>Cemento</b>	360.7	360.7	360.7	360.7
<b>Agregado Fino</b>	770.82	770.82	770.82	770.82
<b>Agregado Grue</b>	1081.37	1081.37	1081.37	1081.37
<b>Agua (lt)</b>	182.6	182.6	182.6	182.6
<b>Nanosilice (%)</b>	0	1.804	3.607	5.411

Fuente: Fuente Propia

*Tabla 27: Cálculo de Material a utilizar*

DESCRIPCION	VOLUMEN (m3)	CANTIDAD	RESULTADO
Probeta (4"*8")	0.0016	12	0.0192
Cono de Abraham	0.0055	1	0.0055
Molde contenido de aire	0.007	1	0.007
			0.0317

**Fuente: Fuente Propia**

**Desperdicio = 0.0317 \* 1.15 = 0.0365**

**Calculo:**

**Cemento:** 360.71 kg/m3 \* 0.0365 = 13.17

**H2O :** 202.00 kg/m3 \* 0.0365 = 7.373

**Agreg. Fino:** 786.97 kg/m3 \* 0.0365 = 28.72

**Agreg. Grueso:** 1081.4 kg/m3 \* 0.0365 = 39.47

**TOTAL = 88.37 kg**

## ELABORACIÓN DE CONCRETOS

La producción de la mezcla de concreto se ejecutó en base al método descrito anteriormente. Se pesó los materiales de acuerdo a las cantidades de especímenes de concreto, en una mezcladora de concreto tipo trompo de 6 pies cúbicos se mezclaron los agregados en un tercio de agua. Posteriormente se añadió el cemento, a continuación, se añadió el agua restante con el aditivo Nanosílice, finalmente se mezcló durante 4 minutos, tras lo cual se ejecutó la prueba de asentamiento, peso unitario del concreto fresco y contenido de aire, para que finalmente se elaboren las probetas para los ensayos en estado endurecido.

### Equipo necesario

- ❖ Trompo para mezclar concreto de capacidad de 6 Pie3
- ❖ Un volquete buggy para cargar el concreto en estado fresco

- ❖ Cono de Abrams.
- ❖ Barra compactadora con pico redondo de 5/8" de diámetro y 60cm
- ❖ Cucharón y regla de albañilería.



*Figura 41: Equipos necesarios y materiales*



*Figura 42: Mezclado de materiales*

## ENSAYO DE CONCRETO EN ESTADO FRESCO

### **Slump – Asentamiento del concreto (ASTM C143-NTP 339.035)**

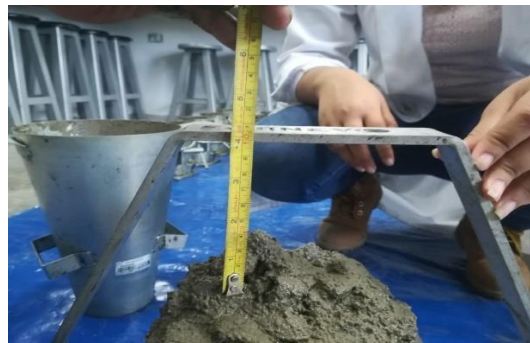
Slump es la medida de la consistencia del concreto cuando se encuentra en estado fresco, este procedimiento se realiza por medio del cono de abrams. Se colocó las distintas mezclas en un recipiente cilíndrico metálico trococonico de 30 cm de altura y 10 y 20 cm de diámetro,

se llenó el cono por tres capas de mezcla en cada capa se compacta con la varilla generando 25 golpes. Finalmente retira el exceso del concreto, se enrasa con ayuda de una regla y se procede a quitar el molde con mucho cuidado, levantándolo en forma vertical en un movimiento continuo.

Para medir el asentamiento se coloca el cono al lado y se mide la diferencia de altura en un punto medio.



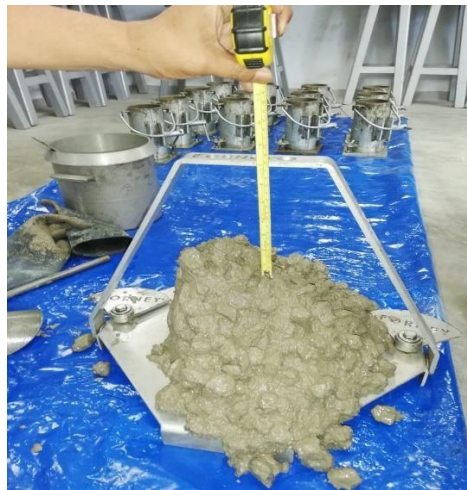
**Figura 43\_:** Procedimiento para hallar el slump



**Tabla 28: : Slump Concreto Patrón**



***Tabla 29: Slump Concreto Patron + 0.5% N.S.***



***Tabla 30: Slump Concreto Patron + 1% N.S***



***Tabla 31: Slump Concreto Patrón + 1.5% N.S.***



### **Peso unitario del concreto fresco (ASTM C138/ NTP 339.046)**

Este ensayo se realizó para cada mezcla de concreto: CP, CP+0.5%, CP+1.0%, CP+1.5%, con el cual podemos obtener la densidad del concreto en estado fresco.

Para realizar este ensayo se llenó el molde con la mezcla en tres etapas, así mismo en cada etapa se compacto con la varilla apisonadora golpeando 25 veces de manera vertical.

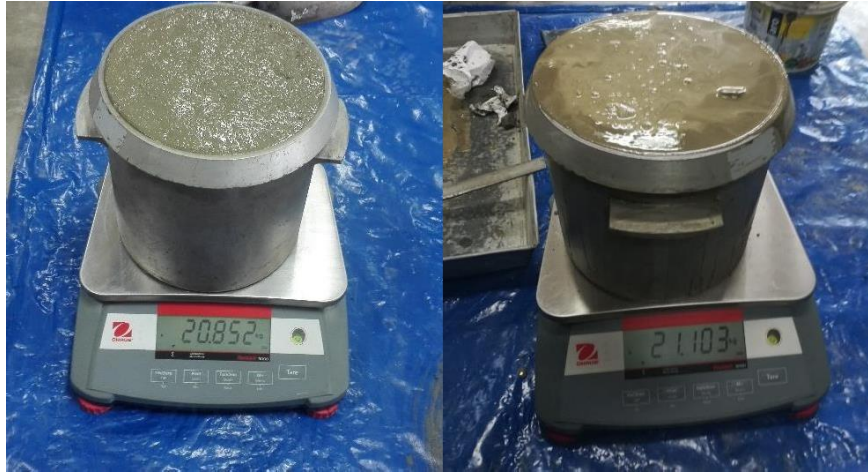
Finalmente se enrasa con ayuda de una regla, se limpia toda la mezcla no utilizada y se pesa.

### **Equipo necesario**

- ❖ Trompo para mezcla del concreto con capacidad de 6 Pie<sup>3</sup>
- ❖ Una carretilla buggy que servirá para trasladar el concreto fresco.
- ❖ Molde
- ❖ Barra compactadora de 60 cm de largo con pico redondo de 5/8" de diámetro.
- ❖ Cuchara para el muestreo y regla de albañilería



*Tabla 32: Peso del molde + muestra del concreto CP y CP+0.5%*



**Tabla 33; Peso del molde+ muestra del concreto CP 1.0% y CP+1.5%**

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m} \dots (1)$$

$$M_{neta} = M_c - M_m \dots (2)$$

Donde:

D=Densidad o peso unitario (Kg/m<sup>3</sup>)

M<sub>c</sub>= Masa del molde lleno de concreto. (Kg)

M<sub>m</sub>= Masa del molde vacío. (Kg)

V<sub>m</sub>= Volumen del molde. (m<sup>3</sup>)

M<sub>neta</sub>= Masa neta, masa del concreto. (Kg)

**Tabla 34: Peso Unitario del Concreto**

DATOS	CP	CP+0.5%	CP+1.0%	CP+1.5%
Peso del Molde (g)	2717	2717	2717	2717
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	9267.81	9267.81	9267.81	9267.81
Peso del Molde + Concreto (gr)	20775	20809	20852	21103
Masa del concreto (gr)	18058	18092	18135	18386
Densidad	1.95	1.95	1.96	1.98

Fuente: Fuente Propia

## Contenido de aire- método de presión (ASTM C231 Y NTP 339.080)

Habitualmente el aire invade del 1% al 3% del volumen de la mezcla. De acuerdo al diseño de mezcla nos corresponde un contenido de aire de 1.5% por el tamaño máximo nominal.



*Figura 44: Contenido de aire de CP y CP+ 0.5%*



*Figura 45: Contenido de aire de CP+ 1.0% y CP+ 1.5%*

*Tabla 35: Contenido de Aire*

MUESTRA	CONTENIDO DE AIRE
CONCRETO PATRON	2%
CP + 0.5%	1.50%
CP+1.0%	1.50%
CP+1.5%	0.90%

**Fuente: Fuente Propia**

En algunos casos nos resulta un contenido de aire distinto a la mezcla, el caso puede ser ya que se puede ver afectado por la adición del Nanosílice, siendo una combinación demasiado plástica.

### **Probetas de concreto**

Para los ensayos de caracterización mecánica y de durabilidad se utilizó probetas ó briquetas de 4" \* 8" (100 mm de diámetro x 200 mm de alto). Las probetas y la producción de especímenes de concreto cumplen la norma NTP 339.033. Para realizar el ensayo del concreto sometido a sulfatos, se fabricaron en las mismas probetas mencionadas en el anterior párrafo.

#### **Moldeado de los cilindros de prueba**

- ❖ Colocar los moldes cilíndricos en una zona que tenga el mismo nivel.
- ❖ Engrasar toda la pared del molde con aceite para evitar que el material se pegue a la superficie del molde.
- ❖ Llenar el molde cilíndrico con mezcla en tres etapas similares con ayuda de la cuchara.
- ❖ Compactar generando 25 golpes de manera uniforme en el área, con la barra de acero.
- ❖ Eliminar el material excedente enrazando el área superior con ayuda de la varilla o alguna espátula de albañilería.
- ❖ Para finalizar, se marcó la superficie colocando un código y la fecha de del día, la resistencia de diseño entre otros.



**Figura 46: Moldes vaciados de un grupo de concreto**

### **CURADO DEL CONCRETO**

Después realizar las probetas cilíndricas utilizadas para los ensayos de caracterización, se mantuvieron en sus respectivos moldes durante las primeras 24 horas. Después de las 24 horas, las probetas *que no se sometieron al agua de mar*, se desmoldaron e introdujeron en una piscina de curado durante 7, 14 y 28 días.

Después de las 24 horas, las probetas *que se sometieron al agua de mar*, se desmoldaron e introdujeron en una piscina de curado, los primeros 7 días cantidad mínima para concretos convencionales según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) en la norma E 0.60. Después de los siete días son sometidos al agua de mar exponiéndolo a las sales y sulfatos, simulando un ambiente severo durante los periodos de 14 días, 28 días y 35 o 42 días.



**Figura 47: Colocado de las probetas en la piscina de curado**



*Figura 48: Concreto sometido al agua de mar después de los siete días de curado*

## ENSAYOS DE CONCRETO ENDURECIDO

### **Ensayo de resistencia a la compresión (ASTM C39 Y NTP 339.04)**

Los ensayos de resistencia a compresión se realizaron en base a la norma del ASTM C39 y la NTP 339.034. Se emplearon briquetas cilíndricas de 100 mm de diámetro y de 200 mm de alto. Para cada tipo de concreto se ensayaron 6 probetas a 7, 14 y 28 días; ya sea para probetas sin y sometidos agua salada



**Figura 49: Ensayo de Resistencia a la compresión**

Así mismo para los concretos que fueron sometidos a agua salada se realizara la ruptura de probeta a los 14, 28 y 35 o 42 días, después de haber sido curado los primeros 7 días cantidad mínima para concretos convencionales según el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) en la norma E 0.60.



**Figura 50: Probeta sometida a 14 días a agua salada**

En la Figura 50, se puede observar claramente que tan solo a 14 días de haber sido sometida la probeta al agua de mar, estas sales penetran rápidamente en la superficie, en caso sea un concreto poroso ingresa dentro del cuerpo y genera daños irreparables en el concreto.

### Ensayo de Pérdida de Masa del concreto

Este ensayo es una manera de estudiar la degradación del concreto cuando está expuesto a agua salada que tiene como principal componente los sulfatos, es por medio de la diferencia de masas de la probeta. Para realizar este ensayo se tiene como datos el peso seco de la probeta antes de ser sumergida al agua salada totalmente seca y después de ser sumergida (Ws) de esta manera podremos hacer una comparación en base al peso de la muestra e inferir acerca del daño. Para ello utilizaremos la siguiente formula

La disminución porcentual en peso seco se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Disminución \% parcial en peso seco} = \left( \frac{m_i - m_f}{m_i} \right) \cdot 100(\%)$$

mi: masa o peso inicial

mf: masa o peso final

### Equipo necesario

- ❖ Balanza electrónica
- ❖ Franela
- ❖ Pinzas



*Figura 51: Podemos Observar probetas antes de ser sumergida y después*



De acuerdo a la figura, podemos observar que la muestra 1 ( CP – 1) curada por siete días en agua potable y luego expuesta a agua salada durante un periodo de 14 días, se puede observar claramente que existe una variación de peso aproximadamente de 0.0035 gramos. Por lo cual podemos deducir que el agua de mar si causa daños en el concreto, en poco tiempo.

### **Ensayo variación de Ph**

La finalidad de obtener el valor de Ph en el concreto es evaluar la calidad del concreto. El pH es una medida utilizada en la química para evaluar la acidez o alcalinidad de una sustancia por lo general en su estado líquido. Si el ph está en el rango de 0 a 6, se considera que la solución es acida, cuando está en 7 es neutro y de 7 a 14 es una sustancia alcalina.

El concreto necesita mantenerse en un rango de ph de (11 a 13) ya que con su ambiente altamente alcalino protegerá al acero contra la corrosión

### **Equipo necesario**

- ❖ pHmetro -modelo HI 8424 New
- ❖ balanza calibrada
- ❖ Vaso graduado

Para proceder a realizar este ensayo se saca muestras de 10 gr de polvillo de concreto de las muestra a ensayar, ya que por medio de esta forma permitirá mayor interacción de los iones con el agua y la superficie presente, se pesa la muestra en una balanza calibrada, luego se vierte 75 ml de agua desionizada a cada muestra, se homogeniza y se deja reposar por un par de minutos. Luego se estabiliza el medidor de ph y se proceder a realiari las lecturas introduciendo el hisopo, debidamente lavado con agua destilada.



**Figura 51: Polvillo de Concreto**



**Figura 52: Medición de ph en el concreto endurecido**

### **Ensayo de Porosidad del concreto**

Para generar los resultados de este ensayo se utiliza la ecuación (1) (página 16). Este ensayo tiene como objetivo medir la afectación del agua de mar a nivel de la microestructura del concreto.

Los ensayos se ejecutaron en el laboratorio de tecnología de los materiales, con el siguiente procedimiento:

La norma ASTM C642 densidad absorción y espacios vacíos, indica que este ensayo se realiza en porciones pequeñas de concreto de la muestra total, luego se somete al secado al horno a una temperatura de 100° y 110°C, la inmersión en agua durante 48 horas.

Es por ello, que al realizar el ensayo de porosidad del concreto, con ayuda de una mototrozadora con disco diamantado se cortó cada probeta de distinta dosificación y sumergida a distintos días en el agua salada, a una longitud de dos pulgadas respecto a la altura de la probeta (forma de aro). Así mismo después de ello, se cortó por la mitad, quedando una figura de media luna. Las muestras son simétricas.



*Figura 53: Corte de la probeta en forma de discos*



*Figura 54: Probetas en forma de Luna expuestas a 14 días al agua salada*

### **Equipo necesario**

- ❖ Mototrozadora con disco diamantado
- ❖ Balanza que pueda soportar cantidad máxima de 3kg y con precisión de 0.1g.
- ❖ Canasta de armadura alambrado, con agujeros.
- ❖ Horno, capaz de conservar un calor equivalente de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- ❖ Balanza Hidrostática
- ❖ Bandeja

Para obtener la porosidad del concreto endurecido, se realizó el siguiente procedimiento, luego de tener los discos cortado en media luna de cada muestra (CP, CP+ 0.5%, CP+1.0%, CP+1.5%) durante el periodo sumergido a agua salada de 14 días, 28 días y 35 días,

inicialmente se situamos los discos en el horno a un ambiente de 110°C para secarlo durante 24 horas y obtener la muestra totalmente seca, y a continuación se colocaron los discos en un balde y se cubrió de agua dejando reposar por 48 horas (inmersión). Después del tiempo transcurrido los discos se sacaron del agua para luego secarlo levemente con ayuda de una tela por la superficie, en seguida se pesó y se obtuvo el peso Saturado Superficialmente seco(Wsss), así mismo se procedió a colocar cada muestra a la balanza hidrostática, teniendo como dato el peso Sumergido de la muestra, finalmente las muestras se colocaron en una bandeja y se procedió a colocarlos en el horno durante 24 horas, así finalmente completaremos los datos con el Peso Seco de cada muestra.

Procedemos a realizar el cálculo respecto a la fórmula de porosidad que nos brinda Páez en su revista de ingeniería, y finalmente tendremos la porosidad en porcentaje.

Respecto a los resultados obtenido se hará una evaluación y además identificara que concreto es más poroso, por lo cual sabemos que un concreto poroso no es acto para este tipo de ambiente severo cerca de las zonas marinas ya que estas sales penetran y causan daños en poco tiempo.



**Figura 55: Peso Saturados Superficialmente Seco**



*Figura 56: Peso Sumergido de la Muestra*



*Figura 57: Muestras al Horno por 14 horas*

## **2.6. Métodos de análisis de datos**

Este método se inicia posterior a la recopilación de la información del instrumento de recolección que se empleara para ser analizada la muestra.

"En estos estudios, a diferencia de los estudios cuantitativos se desea recolectar información sobre las peculiaridades de los fenómenos investigados. Su forma de trabajar es no sistematizar la forma que se emplea en la recolección de datos, independiente de la técnica que se trabajó". (León y Montero, 2003).

Para validar la hipótesis del mí tema de investigación, es necesario realizar pruebas y ensayos en laboratorios, pero es necesario tomar en cuenta la parte económica es decir el presupuesto de la presente investigación.

El enfoque que se utilizara es cuantitativo, la que se indagara los datos de manera numérica.

## 2.7. Aspectos éticos

La ética es un tipo de conocimiento del que se busca dirigir la acción del ser humano sentido racional, a lo largo de nuestra vida. Es decir, en esencial, la ética de lo que se ocupa es del uso de nuestra libertad, como nosotros escogemos por realizar distintas cosas y que razones tenemos nosotros para ello. Por ello la ética es un saber que nos brinda pauta para conocer cómo orientar nuestra libertad, las pautas se basan en la razón y en los buenos argumentos. En el rubro de la investigación es importante tener en cuenta un aspecto muy importante, cuando se cuestiona la finalidad de la investigación, el cual es necesario ser claro en las razones que se mencionen.

Declaro que:

- 1) La tesis es de mi propia autoría.
- 2) Se realizó cumpliendo con la norma ISO 690 (International Organization for Standardization); teniendo en consideración la normativa actual que rige y es estandarizada por la Universidad César vallejo. Por ende, no se ha cometido plagio de la tesis por el investigador.
- 3) Se reafirma que la presente tesis no ha incurrido en ningún modo de plagio ni tampoco será auto plagiada, es por ello, que no se halla ningún tipo de publicación antes en otros trabajos relacionados al tipo de investigación realizada, a la vez, esta investigación no será presentada ni publicada en un futuro, para obtener algún tipo de grado sea de pregrado académico o post grado académico.
- 4) Todas las informaciones incluidas en los resultados serán totalmente reales, sin falsificaciones ni replicas, y por consiguiente todos los resultados que se demostrarán en la tesis serán contribuciones a la existencia y actualidad estudiada.

Si se verifica información engañosa, copia (plagio, colocar datos y no citar), auto plagio (proponer un trabajo nuevo, que ya fue publicado), piratería (uso no adecuado de información) o falsificación (colocar de manera errada información ajena), me hago responsable de las consecuencias y sanciones que de mis actos provengan, de acuerdo a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

### **III. Resultados**

## RESULTADOS DE ENSAYOS DE CONCRETO E ESTADO ENDURECIDO

### Asentamiento

En la tabla 36, muestra los resultados del ensayo de asentamiento, realizados según la norma ASTM C143, manteniendo un rango de 5 a 7 slump, en el cuadro nos muestra que para cada dosificación existen distinto slump, es decir la adición del aditivo al concreto genera mayor trabajabilidad. Se deduce que la adición óptima para tener un concreto trabajable y adecuado es la CP+1.0% N.S. ya que fue un concreto que nos dio un slump 6.5 pulgadas y que estuvo dentro del parámetro de diseño de mezcla, además a comparación con las otras dosificaciones tuvo mejor consistencia y mayor trabajabilidad.

**Tabla 36: Peso de resultados de Slump**

MUESTRA	SLUMP
CONCRETO PATRON	5
CP + 0.5%	5.5
CP+1.0%	6.5
CP+1.5%	7

**Fuente: Fuente Propia**

## RESULTADOS DE ENSAYOS DEL CONCRETO EN ESTADO ENDURECIDO

### Resistencia a la Compresión

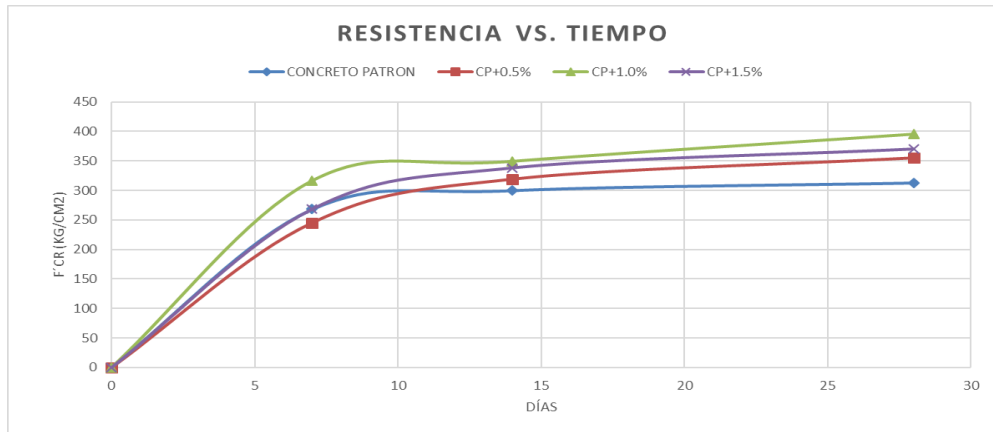
La Tabla 37 y figura 57, podemos observar el producto de promedios de la resistencia a compresión de concreto sin estar sometidos a agua de mar a los 7; 14 y 28 días de edad.

**Tabla 37: Resistencia promedio a la compresión del concreto**

DIAS	DOSIFICACIONES			
	CP	CP+0.5%	CP+1%	CP+1.5%
0	0	0	0	0
7	268	245	316	268
14	300	319	349	338
28	313	355	395	370

**Fuente: Fuente Propia**





**Figura 58: Diagrama de resistencia a la compresión**

En el cuadro y grafico podemos apreciar, mientras la incorporación del aditivo Nanosílice desarrolla mayor resistencia a la compresión.

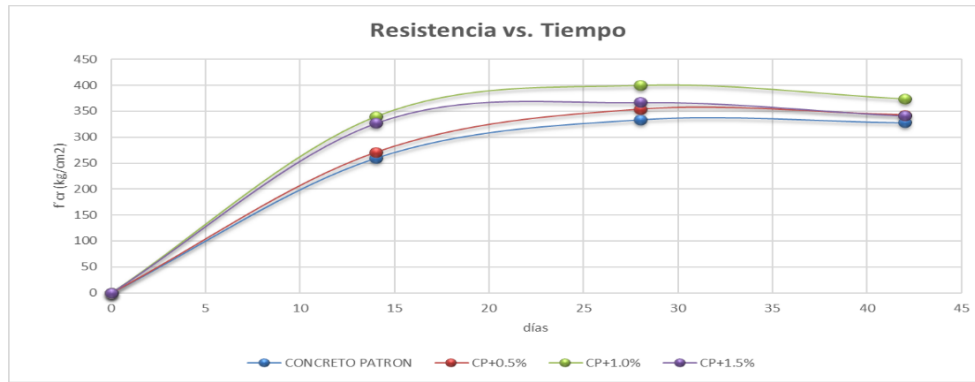
**Resistencia a la compresión de concretos sometidos a sulfatos en el agua de mar**

La tabla 39 y grafico 58 dan a conocer los promedios de la resistencia a 14, 28 y 42 días de haber sido sometidos al agua de mar.

**Tabla 38: Resistencia del concreto después del ensayo de inmersión**

DIAS	DOSIFICACIONES			
	CP	CP+0.5%	CP+1%	CP+1.5%
0	0	0	0	0
14	260	271	340	327
28	334	354	400	367
42	328	343	374	341

**Fuente: Fuente Propia**



**Figura 59: Resistencia del concreto sometido a agua de mar**

### Ensayo de Pérdida de Masa

En el siguiente cuadro podemos observar la pérdida de masa de las probetas luego del ensayo de inmersión en el agua de mar de la zona de estudio.

**Tabla 39: Disminución de peso Seco (%)**

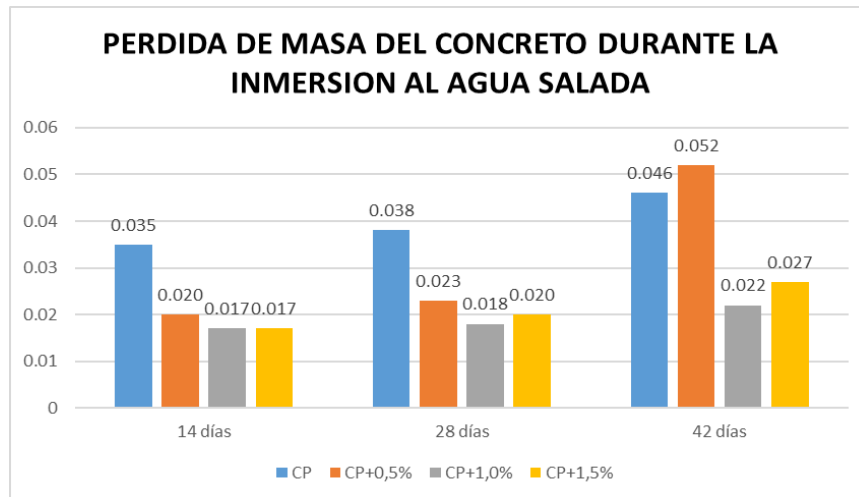
	DISMINUCION DE PESO SECO (%)		
	14 días	28 días	42 días
<b>CONCRETO PATRON</b>	0.0091	0.0097	0.0117
<b>CP + 0.5%</b>	0.005	0.0057	0.0132
<b>CP+1.0%</b>	0.0043	0.0045	0.0055
<b>CP+1.5%</b>	0.0041	0.005	0.0068

**Fuente: Fuente Propia**

**Tabla 40; Pérdida de masa en los distintos periodos**

	PERDIDA DE MASA		
	14 días	28 días	42 días
<b>CONCRETO PATRON</b>	0,035	0,038	0,046
<b>CP + 0.5%</b>	0,020	0,023	0,052
<b>CP+1.0%</b>	0,017	0,018	0,022
<b>CP+1.5%</b>	0,017	0,020	0,027

**Fuente: Fuente Propia**



**Figura 60: Grafico de pérdida de masa del concreto durante la inmersión**

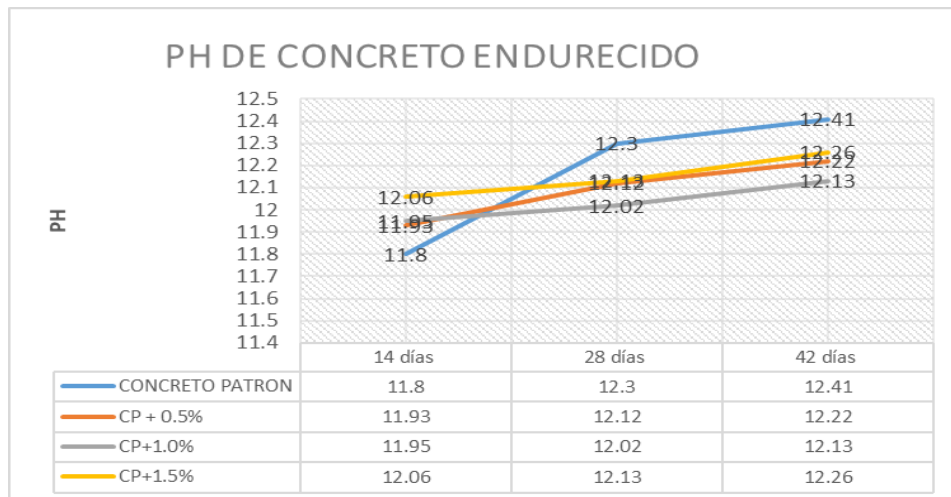
### Ensayo de variación de Ph

En el siguiente cuadro podemos observar la variación del ph en el concreto en distintos periodos de estar expuestos a agua de mar.

**Tabla 41: Variación de ph en el concreto**

PH DEL CONCRETO ENDURECIDO			
	14 días	28 días	42 días
CONCRETO PATRON	11.8	12.3	12.41
CP + 0.5%	11.93	12.12	12.22
CP+1.0%	11.95	12.02	12.13
CP+1.5%	12.06	12.13	12.26

La variación de ph ocurrida durante el ensayo de inmersión indica que se produce una reacción química entre los sulfatos y las probetas de concreto debido a que la reacción genera nuevos componentes que modifican la solución. Los sulfatos reaccionan con el aluminato tricalcico hidratado para formar las famosas etringita. Finalmente, los productos de la reacción son etringita, lo que genera la variación de ph, es decir la obtención de ph se a la formación de hidróxido de calcio, ya que es un componente totalmente alcalino con ph 12.5 interfiere en nuestros resultados. Para los resultados de las probetas concreto patrón y Cp+1.5% en que sus valores tienen mayor variación indican que al ser un material con mayor porosidad es mas fácil que el agente agresivo pueda ingresas a la masa y generar mayor impacto.



**Figura 61: Gráfico de variación de ph**

### **Ensayo de Porosidad de Concreto sometido a sulfatos en el agua de mar**

En el siguiente cuadro tenemos el promedio en porcentaje de la porosidad del concreto luego de ser sometido al agua de mar durante los intervalos de tiempo de 14, 28 y 42 días, después de haber sido curado por 7 días en agua normal.

**Tabla 42: Porosidad abierta del concreto**

POROSIDAD ABIERTA			
	14 días (%)	28 días (%)	42 días (%)
<b>CONCRETO PATRON</b>	2,18	2,19	2,23
<b>CP + 0.5%</b>	2,16	2,17	2,19
<b>CP+1.0%</b>	1,75	1,75	1,76
<b>CP+1.5%</b>	2,51	2,52	2,55

**Fuente: Fuente Propia**

#### IV. Discusión

- Según los autores López y Mamami (2017), señala que la adición de Nanosílice mejora la resistencia del concreto, ya que al realizar sus ensayos obtienen resultados favorables. En este trabajo de investigación se consiguieron resultados similares, en base a la resistencia a la compresión del concreto a los 7 y 28 días, los cuales son:

Resistencia a Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )				
	CP	CP+0,5%	CP+1,0%	CP+1,5%
7 días	166.9	192.9	236.92	298.73
28 días	233.82	305.37	443.88	490.72

Fuente: Lopes y Mamani (2017)

Resistencia a Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )				
	CP	CP+0,5%	CP+1,0%	CP+1,5%
7 días	268	245	316	268
28 días	313	355	395	370

Fuente: Fuente Propia

Se concluye que, para ambas investigaciones, gracias al uso de nanosilice se puede desarrollar altas resistencia, ya que ambas en base a su concreto patrón obtienen resistencia mayor. Así mismo se puede apreciar que a los 7 días los resultados de nuestra investigación son mayores y a los 28 días son menores, esto puede ser causa de los agregados de distinta zona o al uso distinto de cemento, además del apisonado.

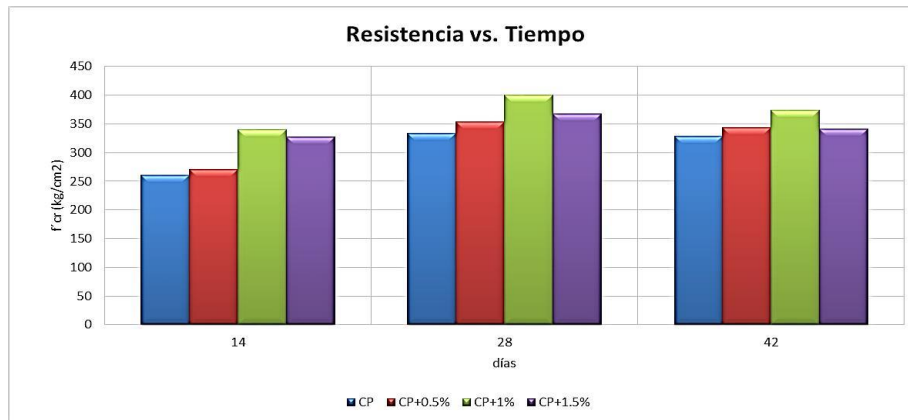
- Según Molina y Garzón (2017) en su libro “Properties of concretes and mortars modified with nanomaterials”I indican que : La incorporación de nanosílice al concreto mejora distintas propiedades convencionales y proporciona novedosas propiedades, dentro de las tiene mejora significativa en el rendimiento del concreto, disminuye la porosidad reduciendo la impregnación de sustancias del exterior que en muchos casos causan daños irreparables en el hormigón, en base a lo mencionado por los autores podemos respaldar nuestros resultados de resistencia a la compresión de concretos expuestos a agua de mar, mencionando que la adición óptima para un ambiente severo es de 1.0% N.S. con un resultado 374kg/cm<sup>2</sup> durante los 42 días de estar expuesto a agua de mar.
- Los resultados encontrados en el presente trabajo de investigación con similares con el autor Vega (2010), en su tesis “Efectos del sulfato de Calcio en la Durabilidad de

mortero con adición de nanomoléculas de sílice”, quien señala que la relación A/C 0.55 con adición 1% N.S. presenta menor pérdida de masa con 0.070 % en relación al peso seco en el último periodo de 42 días cuando se encuentra inmerso en agua preparada con cal, lo cual coincide con nuestro resultado que para una relación A/C 0.55 de nuestro diseño inicial la dosificación con menor porcentaje de pérdida de masa es CP+1.0% N.S. con una pérdida mínima de 0.0055 % a comparación de las otras muestras. Por otro lado, comparando ambos resultados en el mismo tiempo se observa que entre ambos el porcentaje mayor de pérdida de masa es del autor citado, así mismo se justifica que la variación se da porque el investigador preparó un ambiente muy severo con alto contenido de sulfato de calcio, lo que puede ser un factor que genere daños más rápidos en sus muestras estudiadas.

- Los resultados encontrados en el presente trabajo de investigación coinciden con los autores López y Mamami (2017), en su tesis “Influencia del Nanosílice y superplastificante en la durabilidad del concreto sometido a ciclos de congelamiento y deshielo de la ciudad de Puno”, lo que evidencian que la porosidad menor fue con la dosificación de 1.0% Nanosílice con una porosidad de 1.73 % a los 43 días de haber sido sometida a ciclos de congelamiento, mientras que nuestros resultados son muy similares y después de haber sido sometida por 42 días a agua de mar se analizaron los resultados deduciendo que la adición de 1.0% N.S. presenta un resultado similar a la tesis mencionado con un valor de 1.76 % , lo que indica CP+1.0% es la dosificación que tiene mejor comportamiento en ambos ambientes severos.

## V. Conclusiones

- En esta investigación de acuerdo a los resultados se deduce que el Nanosílíce tiene influencia positiva en la durabilidad del concreto cuando se encuentra expuesto a reacciones químicas de sulfatos del agua de mar, demostrando que la adición optima de Nanosílíce (HP-300) es de 1.0%N.S. , ya que se obtiene resultados favorables en los siguientes ensayos:



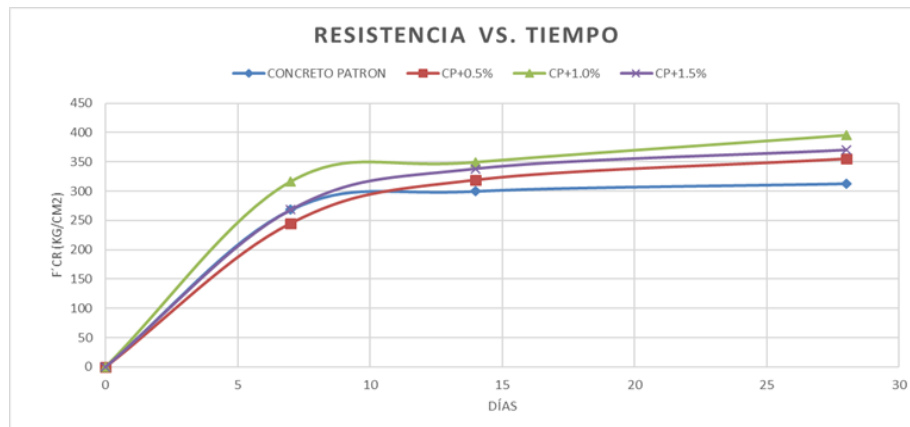
	DISMINUCION DE PESO SECO (%)		
	14 días	28 días	42 días
CONCRETO PATRON	0,0091	0,0097	0,0117
CP + 0.5%	0,005	0,0057	0,0132
CP+1.0%	0,0043	0,0045	0,0055
CP+1.5%	0,0041	0,005	0,0068

	PH DEL CONCRETO ENDURECIDO		
	14 días	28 días	42 días
CONCRETO PATRON	11,8	12,3	12,41
CP + 0.5%	11,93	12,12	12,22
CP+1.0%	11,95	12,02	12,13
CP+1.5%	12,06	12,13	12,26

	POROSIDAD ABIERTA		
	14 días (%)	28 días (%)	42 días (%)
CONCRETO PATRON	2,18	2,19	2,23
CP + 0.5%	2,16	2,17	2,19
CP+1.0%	1,75	1,75	1,76
CP+1.5%	2,51	2,52	2,55

Finalmente, para esta dosificación alcanza mayor resistencia reduce la porosidad y por ende se tiene un concreto de buena calidad evitando la penetración de agentes agresivos.

- La incorporación de Nanosílce en el concreto reportan resistencias a la compresión superiores al concreto patrón, lo que indica que el aditivo tiene influencia positiva en la resistencia del concreto cuando se encuentra expuesto a las reacción químicas de los sulfatos que provienen del agua de mar, obteniendo mayores valores con 1.0% de Nanosílce de 395 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, concluyendo que es la dosificación óptima para concreto con exposición agresivas como agua de mar que contiene alto porcentaje de sulfato.



- En base a la calidad del concreto y a los ensayos realizados que influyen en ello, acotamos que la incorporación del Nanosílce tiene influencia positiva en la calidad de concreto para la dosificación de 1.0% N.S. expuesto a reacción químicas del sulfato que genera cuando se encuentra en un ambiente severo, ya que por medio del resultados de pérdida de masa del concreto las muestras han experimentado un deterioro producto de la acción de un medio químicamente agresivo como el alto contenido de sulfatos en el agua de mar, lo que afecta la superficie del material, teniendo resultados que el concreto patrón y el CP+0.5% presenta mayores pérdidas de masa con 0.046 gr y 0.052gr de su peso inicial seco a los 42 días de estar expuesto, lo que indica que ambas dosificaciones son vulnerables a estas situaciones agresivas, observando que su principal deterioro de las probetas fue en los bordes. Además la dosificación CP+1.0% N.S. presenta pérdidas mínimas de material con 0.022 gr a los 42 días.



	PERDIDA DE MASA		
	14 días	28 días	42 días
<b>CONCRETO PATRON</b>	0,035	0,038	0,046
<b>CP + 0.5%</b>	0,020	0,023	0,052
<b>CP+1.0%</b>	0,017	0,018	0,022
<b>CP+1.5%</b>	0,017	0,020	0,027

De la misma, los valores de ph registrados se mantienen en un rango alcalino y existe una variaciones mínimas, siendo la más destacable de CP y CP+1.5% lo que explica que durante el ensayo de inmersión se produce una reacción química entre los sulfatos y las probetas de concreto debido a que la reacción genera nuevos componentes que modifican la solución, y siendo la más contante la dosificación de CP+1.0%. Finalmente se concluye CP + 1.0% al tener una porosidad baja evita que estos agentes agresivos ingresen a la masa y generen una reacción química, evitando la degradación del concreto y el cambio brusco de Ph, aportando en el objetivo favorable a la calidad del concreto.

- Finalmente, respecto a la porosidad indicamos que el Nanosílice (HP-300) influye positivamente en la porosidad del concreto cuando se encuentra expuesto a la reacción química del sulfato, comparando el concreto patrón con las distintas dosificaciones empleadas:

	POROSIDAD ABIERTA		
	14 días (%)	28 días (%)	42 días (%)
<b>CONCRETO PATRON</b>	2,18	2,19	2,23
<b>CP + 0.5%</b>	2,16	2,17	2,19
<b>CP+1.0%</b>	1,75	1,75	1,76
<b>CP+1.5%</b>	2,51	2,52	2,55

Concluyendo que el concreto patrón expuesto a agua de mar tuvo mayor porosidad en 2.18 %, 2.19% y 2.23% a la edad de 14, 28 y 42 días de estar sometido a agua de mar lo que evidencia una resistencia a compresión baja en comparación con las demás muestras; mientras que en el caso de concreto con incorporación de nano sílice con la dosificación de 1.0% N.S. sometido a sulfatos de agua de mar se evidencia una mejora en la resistencia a la compresión y por ende una menor porosidad en este ambiente agresivo con resultados de 1.75%, 1.75% y 1.76 % a la edad de 14,28 y 42 días de estar expuesto.

## VI. Recomendaciones

- Se recomienda su uso para la dosificación de 1.0% de nanosílice, ya que presenta mejores resultados cuando se encuentra expuesto a agua de mar, lo que indica que es la dosificación óptima para este tipo de ambientes agresivos.
- Continuar esta línea de investigación aumentando la cantidad de muestras, y aumentando el periodo de inmersión a agua salada para que obtener la tendencia de la resistencia y como es afectada la porosidad en etapas mayores a los periodos estudiado en esta investigación.
- Realizar más ensayos relacionados a la durabilidad del concreto en condiciones a exposición a agua salada, así mismo se tendrá mayores respaldos de los resultados y de la dosificación óptima para este tipo de exposición.
- Los resultados obtenidos con el desarrollo del proyecto no son definitivos como respuesta a los concretos expuesto en ambiente severos como es una zona cerca al mar, son solo un primer paso en el análisis de este fenómeno, ya que no se encuentra investigación similar y lo que se pretende es tener una base para que las futuras investigaciones de este campo.
- Finalmente se recomienda seguir con posibles temas de investigación que podrían ampliar culos distintos usos para este aditivo y las ventajas económicas que puede conseguir, en base a ello se puede plantear:
- ✓ Análisis técnico- económico del cemento Tipo V y Cemento Sol con incorporación de Nanosílice para viviendas ubicadas en zonas costera, teniendo como objetivo analizar el comportamiento de ambos concretos frente a un ambiente marino y verificar económicamente que opción es más rentable. Así mismo se plantea el siguiente título: Influencia del Nanosílice en la durabilidad del concreto para obras hidráulicas, este posible título tiene como objetivo verificar el desempeño del concreto en estado fresco y endurecido para estructuras hidrául

## Referencias

ABANTO, Flavio. Tecnología del concreto. Lima: Editorial San Marcos, 2009

ACI 201.2R-07. Guide to durable concrete. American Concrete Institute (ACI). 2000

ACI 211.1-91. Standard Practice for Selecting Proportions for Normal Heavyweight, and Mass Concrete, 2002

ARTIGAS, Wileidys y BELLOSO Chacín, Rafael. "Metodología de la investigación: una discusión necesaria en Universidades Zulianas. Revista Digital Universitaria [en línea]. 1 de noviembre 2010, 11(11) [Consultada: 2 de noviembre de 2010]. Disponible en Internet: <<http://www.revista.unam.mx/vol.11/num11/art107/index.html>>

ISSN: 1607-6079.

ALCARAZ, Jesús. Microestructura del Hormigón (Proyecto final de Carrera). Tesis (título de ingeniero civil). España, Cartagena: Escuela de Arquitectura e Ingeniería de Edificación, Universidad Politécnica de Cartagena, 2015.

BARRIGA, Omar y HENRÍQUEZ, Guillermo. The relation unit of Analysis- unit of Observation-Unit of information: an extension of the notion of Data Matix given by Samaja. *Latin American Journal of Social Research Methodology*. 1(1): 61-69, 2011.

ISSN: 1853-6169

BEHAR, D. Metodología de la investigación. Editorial: Shalom, 2008.

BERNAL, Cesar. Metodología de la investigación para la administración, economía humanidades y ciencia sociales. 2ª ed. Mexico: Leticia Gaona Figueroa, 2006.

ISBN 970-26-0645-4.

CARBALLO, Miriam y Guelmes, Esperanza. Algunas consideraciones acerca de las variables en las investigaciones que se desarrollan en educación. *Revista Universidad y Sociedad*, 8 (1): 140-150, 2016.

ISSN: 2218-3620

CHILENO, Marlon. Relación del aditivo nanosilice en la resistencia del concreto en la urbanización chorrillos- ciudad de Huancayo, 2016. Tesis (título de ingeniero civil). Lima: Universidad Peruana los Andes, 2016.

Comportamiento físico- mecánico y de durabilidad de hormigones con nanosilice por Telléz Girón E. [et. al]. Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la construcción [en línea]. Agosto 2012 [Fecha de consulta: 6 de mayo de 2019] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=427639588004>

ISSN: 2007-6835

COSTA, Artur y APPLETON, James. Chloride penetration into concrete in marine environment--part I: Main parameters affecting chloride penetration. *Materials and Structures*, 32(4):252-259, 1999.

ISSN: 1794-7554

Durability assessment of blended concrete by air permeability por Dhruva Narayana Katpady [et al]. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 12(1):1-11, febrero 2018.

ISSN 1976-0485

EFFECT of nanosilica on durability and mechanical properties oh high-strength concrete por [Prakasam Ganesh](#) [et. al]. *Magazine of Concrete Research*, 68(5): 229-236, 2016.

ISSN: 0024-9831

ENRIQUE RIVA LÓPEZ, Diseño de Mezclas; Fondo Editorial ICG; Primera Edición 2010.

GALLEGO, Adriana. Metodología de la investigación en ingeniería. *Revista Científica*, 29(2): 115, 2015.

ISSN: 0124-2235.

GÓMEZ, Daniel. Impacto económico del uso de aditivos a base de nanosílice en mezclas de concreto con cenizas volantes. Caso: Ahinco S.A., Tesis (título de ingeniero Civil). Escuela de Ingeniería de Antioquia. . 2013

HENRIQUEZ, Elena y ZEPEDA, Maria. Preparacion de un proyecto de investigación. *Revista Ciencia*, (2): 23-28, 2003.

ISSN: 0717-2079.

HERNÁNDEZR, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar .Metodología de la Investigación. 5.<sup>a</sup> ed. México D.F., México: McGraw-Hill, 2010.

ISBN 978-1-4562-2396-0

HERNÁNDEZR, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. México.

ISBN: 978-1-4562-2396-0, 2014.

HUINCHO, Edher. Concreto de alta Resistencia usando aditivo superplastificante, microsílice y nanosílice con cemento portland tipo I. Tesis (pregrado). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2011.

INDUSTRIAS ULMEN S. A. (Noviembre de 2011). INDUSTRIAS ULMEN S. A. Recuperado <http://www.ulmen.es/esp/pdfs/prods/FT%20GAIA%20Nanosilice%20ES.pdf>

Ministerio de Fomento. (2011). EHE-08, Instrucción Española del Hormigón Estructural. Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica Ministerio de Fomento.

JIMÉNEZ, Carlos. *Pedagogía Experimental: Población y muestra*. Madrid: UNED, 1983. 258pp.

ISBN: 9685748667

LAFUENTE, Carmen y MARIN, Ainhoa. Metodologías de la investigación en las ciencias sociales: Fases, fuentes y selección de técnicas. *Revista Escuela de Administracion de Negocios*, (64): 5-18, 2008.

ISSN: 0120-8160

LEDEREROVA, Miriam. Nanomaterials, nanocomposites uses in construction. *Applied Mechanics and Materials*, (824): 108-115, 2016.

ISSN: 1662-7482

LI H, HIAO H, YUAN J & OU J. Microestructure of cement mortar with nanoparticles. *Composites Part B: Engineering*. 51(1):1-384, 2004.

ISSN: 1359-8368

LI, L. G., HUANG, Z. H., ZHU, J., Kwan, A. K. H., CHEN, H. Y. Synergistic effects of micro-silica and nano-silica on strength and microstructure of mortar. *Construction and Building Materials*, 140(1): 229-238, 2017a.

ISSN: 0543-4865

Li, L. G., Zhu, J., Huang, Z. H., Kwan, A. K. H., Li, L. J.: Combined effects of micro-silica and nano-silica on durability of mortar. *Construction and Building Materials*. 157 (1): 337-347, 2017b.

ISSN: 0543-4865

LOPEZ, E. y MAMAMNI, J. Influencia de nanosilice y Superplastificante en la durabilidad del concreto sometido a ciclos de congelamiento y deshielo de la ciudad de Puno. Tesis (título de ingeniero Civil). Puno: Universidad nacional Altiplano, 2017.

LUPING, Tiur. A study of the quantitative relationship between strength and pore size distribution of the porous materials, *Cem. Concr. Res.* 16 (1): 87–96, 1986.

ISSN: 0367-9287

MOLINA-PRIETO, Luis y GARZÓN, Maria. Properties of concretes and mortars modified with nanomaterials: State of the art. *Magazine Arquetipo*, (14): 81-98, 2017.

ISSN: 2215-9444

NAGHI, Mohammad. Metodología de la investigación. 2da ed. Ciudad de México: Limusa, 2005.

NIÑO, Werner. Caracterización mecánica y de durabilidad de concretos de alto desempeño. Tesis (título de ingeniero Civil). Bogotá: Universidad Javeriana, 2013.

NOBORU, Takeuchi. Nanociencia y Nanotecnología. México: Fondo de cultura, 2009. ISBN 978-607-16-0390-6.

NORMA E 0.60 CONCRETO ARMADO. Reglamento Nacional de Edificaciones

NUÑEZ, Maria. Structure and Function in the hypothesis. *Educational investigation*. 11(20), 163-179,2017.

ISSN: 17285852

PASQUEL, Eduardo. *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú* (Segunda edición). Lima, Perú, 1998.

PONNADA, Markandeya y PRASAD, Siva. The effect of marine exposure on the compressive strength of (M85) high strength concrete. *IUP Journal of Structural Engineering*, 9(1), 27-41, 2016.

ISSN: 0974-6528

PÁEZ, Diego, LEAL, Vicente y RESTREPO María. Influencia de los Ciclos Hielo-Deshielo en la Resistencia del Concreto (Caso Tunja). *Revista Ingenierías*, 8(15), 95-110, 2009.

ISSN: 1692-3324

REMACHE, Leila y DJERMANE, Narcerddine. Effect of nanotechnology on physical properties of concrete. *Key Engineering Materials*, (733): 71-75, 2017.

ISSN: 1662-9795

RIVVA, Enrique. Durabilidad y patología del concreto. Lima, Peru, 2006

RODRIGUEZ, Ernesto. Metodología de la investigación. 5.<sup>a</sup> ed. México: Universidad de Juarez Autónoma de Tabasco, 2005. 23pp.

ISBN 968-5748-66-7

SÁNCHEZ DE GUZMÁN, Diego. Durabilidad y Patología del Concreto. 2<sup>a</sup> ed. Asocreto: Bogotá, Colombia, 2003.

SÁNCHEZ, Tecnología del concreto y del mortero. Bogotá, Colombia: Bhandar Editores Ltda, 1996

TAMAYO, Mario. El Proceso de la investigación Científica. 4ta ed. Mexico: Llimusa, ISBN: 968 - 18- 5782-7, 2004.



VEGA, C. Efectos del Sulfato de Calcio en la Durabilidad de moreto con adición de nanomoléculas de sílice. Tesis (título de ingeniero Civil). Chile:Universidad Austral de Chile, (2010).

YUNI, J y URBANO, C. Investigación etnográfica e investigación. 3ª ed. Cordova: Brujas,

ISBN 987-1142-97-8, 2005.

ZANON, R. SCHMALZ y F. G. S. FERREIA. Evaluation of the effects of nanometry on concretes along the action of chloride ions. *Magazine Alconpat*, 8 (2): 138 – 149, 2018.

ISSN: 2007-6835

## Anexos

### Anexos 1: Matriz de consistencia

**TÍTULO:** Influencia del nanosilíce en la durabilidad del concreto sometido a la reacciones químicas de sulfatos en la zona costera de la Av. 2 De Mayo Distrito De Ancón, Lima -2019\*

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES		METODOLOGÍA
<p><b>Problema General:</b> ¿Cómo influye el uso de nano sílice en la durabilidad del concreto sometido a reacciones químicas de sulfatos en la zona costera de la Av. 2 de mayo distrito de Ancón, Lima -2019?</p> <p><b>Problema Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo influye el uso de Nanosilíce en la resistencia del concreto sometido a reacciones químicas de sulfatos en la zona costera de la Av. 2 de mayo distrito de Ancón, Lima -2019?</li> <li>• ¿Cómo influye el uso nanosilíce en la calidad del concreto sometido a reacciones químicas del sulfatos en la zona costera de la Av. 2 de mayo distrito de Ancón, Lima -2019?</li> <li>• ¿Cómo influye el uso Nanosilíce en la porosidad del concreto sometido a reacciones químicas de sulfatos en la zonas costeras de la Av. 2 de mayo distrito de Ancón, Lima -2019?</li> </ul>	<p><b>Objetivo General:</b> Determinar la influencia del Nanosilíce en la durabilidad del concreto sometido a reacciones químicas de sulfatos en la zona costera de la Av. 2 de mayo distrito de Ancón, Lima -2019</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la influencia de la Nanosilíce en la resistencia del concreto sometido a reacciones químicas de sulfatos en la zona costera de la Av. 2 de mayo distrito de Ancón, Lima -2019</li> <li>• Determinar la influencia del nanosilíce en la calidad del concreto sometido a reacciones químicas de sulfatos en la zona costera de la Av. 2 de mayo distrito de Ancón, Lima -2019</li> <li>• Determinar la influencia del nanosilíce en la porosidad del concreto sometido a reacciones químicas de sulfatos en la zona costera de la Av. 2 de mayo distrito de Ancón, Lima -2019</li> </ul>	<p><b>Hipótesis General:</b> La incorporación del Nanosilíce en el concreto tiene influencia positiva en su durabilidad expuesto a reacciones químicas de sulfatos en la zona costera de la Av. 2 de mayo distrito de Ancón, Lima -2019</p> <p><b>Hipótesis Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La incorporación del nanosilíce en el concreto tiene influencia positiva en su resistencia expuesto a reacciones químicas de sulfatos en la zona costera de la Av. 2 de mayo distrito de Ancón, Lima -2019</li> <li>• La incorporación del Nanosilíce tiene influencia positiva en la calidad del concreto expuesto a reacciones químicas de sulfatos en la zona costera de la Av. 2 de mayo distrito de Ancón, Lima -2019</li> <li>• La incorporación del nanosilíce tiene influencia positiva en la porosidad del concreto expuesto a reacciones químicas de sulfatos en la zona costera de la Av. 2 de mayo distrito de Ancón, Lima -2019</li> </ul>	<p><b>Variable 1: Influencia del Nanosilíce.</b></p>		<p><b>Tipo de investigación</b> Tipo Aplicada.</p> <p><b>Diseño de investigación</b> El presente proyecto de investigación tiene un diseño de tipo experimental que tiene como medida realizar una relación causal entre las variables, mediante la manipulación de una variable independiente para evaluar el efecto sobre las variables dependientes.</p> <p><b>Enfoque de investigación</b> Cuantitativa.</p> <p><b>Unidad de Análisis</b> Concreto</p> <p><b>Población</b> Todas las probetas del laboratorio del MTC</p> <p><b>Muestra</b> Las 56 probetas de concreto con Nanosilíce del laboratorio del MTC.</p> <p><b>Técnica</b> Se empleará la <b>observación</b> como una de las técnicas de recolección de datos, todo ello mediante la respectiva visita a la AV. 2 de mayo, se evaluará la zona y se realizarán posteriores análisis.</p> <p><b>Instrumento</b> Para analizar las variables se utilizarán los laboratorios, donde se realizaran ensayos de las briquetas de concreto, así mismo de cada ensayo se obtendrá resultados, gráficos y comparaciones de las briquetas estudiadas y todo aquello referente a la incidencia de mis variables y mis dimensiones</p>
			Dimensiones	Indicadores	
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dosificación del Nanosilíce</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• % del Nanosilíce con respecto al peso del cemento (0)</li> <li>• % del Nanosilíce con respecto al peso del cemento (0.5)</li> <li>• % del Nanosilíce con respecto al peso del cemento (1)</li> <li>• % del Nanosilíce con respecto al peso del cemento (1.5)</li> </ul>	
			<p><b>Variable 2: durabilidad del concreto</b></p>		
Dimensiones	Indicadores				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia a la comprensión del concreto</li> <li>• Calidad de Concreto</li> <li>• Porosidad del concreto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia a la comprensión 7, 14 y 28 días</li> <li>• Pérdida de masa</li> <li>• PH del concreto endurecido</li> <li>• % vacíos en el concreto</li> </ul>				

**Fuente:** Elaboración Propia

## Anexo 1: Hoja de Seguridad Hp 300- Ulmen



### HOJA DE SEGURIDAD

### HP300

Fecha de Emisión: Dic 20, 16  
Revisión:  
Fecha de Revisión:  
Página: 2 de 2

#### SECCION 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado físico	:	Líquido
Color	:	Gris Claro
Olor	:	Característico
pH	:	5 ± 1
Densidad a 20° C	:	1,06 ± 0,02 (g/mL)
Viscosidad (Copa Ford N°4)	:	42 ± 2 seg.
Inflamación, Combustión, Explosión	:	No inflamable, No combustible, No explosivo
Solubilidad	:	Completamente soluble en agua

#### SECCION 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad	:	Estable bajo condiciones normales
Reactividad	:	Ninguna

#### SECCION 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Toxicidad aguda	:	Por ingestión, dosis > 4000 mg/kg
Efectos peligrosos para la salud	:	Ninguno

#### SECCION 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Inestabilidad	:	Estable
Persistencia/ degradabilidad	:	Los métodos para determinación de la biodegradabilidad No son aplicables a sustancias inorgánicas
Bio-acumulación	:	No aplica

#### SECCION 13: CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICIÓN FINAL

Método de eliminación del producto	:	Debe tratarse como líquido inofensivo
Eliminación de envases	:	Depositar en vertedero autorizado según Legislación vigente

#### SECCION 14: INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE

Para Transporte Marítimo	:	Sin regulación
Precauciones para Transporte Marítimo	:	Comprobar que el recipiente este cerrado herméticamente
Clasificación NFPA	:	Salud: 1/Inflamabilidad: 0/Reactividad: 0/Riesgo específico: 0
Clasificación IATA (56th edition, 2015)	:	No es regulado como producto peligroso

#### SECCION 15: NORMAS VIGENTES

Normas internacionales aplicables	:	ASTMC-494
Normas nacionales aplicables	:	Ley N° 28256
Marca en etiqueta	:	Código NFPA

#### SECCION 16: OTRAS INFORMACIONES

El formato de esta hoja de seguridad cumple con ley N° 28256, Ley que regula el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos.

La información contenida se entrega de buena fe y voluntariamente. ULMEN S.A. no se hace responsable por el buen o mal uso de esta información. Considerando que el uso de esta información y de los productos está fuera del control del proveedor, ULMEN S.A. no asume responsabilidad alguna por este concepto. Las condiciones de uso seguro del producto es obligación del usuario.

## Anexo 2: Hoja de Seguridad HP-300



### HOJA DE SEGURIDAD

## HP-300

Fecha de Emisión: Dic 20, 16  
 Revisión: Feb 28, 17  
 Fecha de Revisión:  
 Página 1 de 2

#### SECCIÓN 1: IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DEL PROVEEDOR

Nombre del producto	: <b>HP-300</b>
Clasificación	: Aditivo para Concretos
Vida útil	: 6 meses almacenado en lugar fresco y protegido del sol, recomendado Por nuestro Sistema de Control de Calidad, certificado bajo ISO 9001:2008
Proveedor	: INDUSTRIAS ULMEN S. A.
E-mail	: <a href="mailto:atencionalcliente@ulmen.cl">atencionalcliente@ulmen.cl</a>
Página Web	: <a href="http://www.ulmen.cl">www.ulmen.cl</a>
Fono planta	: (51-1) 7194126
Fono Emergencia	: (56-2) 25952838

*Toda llamada de emergencia dentro y/o fuera del país será reembolsada previa revisión*

#### SECCIÓN 2: COMPOSICIÓN/ INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES

Nombre químico	: Mezcla de nanosilice y ácidos poli-carboxilicos
Fórmula química	: Confidencial
Nº CAS	: No aplica

#### SECCIÓN 3: IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

Marca en etiqueta	: Rombo NFPA Clasificación de Salud (1) / Inflamabilidad (0) Reactividad (0) / Riesgo Especial (0)
Riesgos	: Ninguno
Peligros para la salud	: Ninguno



#### SECCIÓN 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Contacto con los ojos	: Lavar con abundante agua durante 15 min. Referir al médico
Contacto con la piel	: Lavar con agua y jabón
Inhalación	: Dar aire fresco si fuese necesario
Ingestión	: Enjuagar boca con agua tibia. Referir al médico

#### SECCIÓN 5: MEDIDAS PARA COMBATIR EL FUEGO

Agentes extintores	: No inflamable ni combustible. Actuar según tipo de fuego existente
Protección especial	: Ninguna
Proce. Especiales	: No aplica
Riesgo explosión	: No aplica

#### SECCIÓN 6: MEDIDAS PARA CONTROLAR DERRAMES O FUGAS

Medidas de emergencia	: Lavar con agua y trapear
Protección personal	: Antiparras y guantes
Daños al ambiente	: Ninguno, líquido inofensivo
Métodos de eliminación	: Tratar como líquido inofensivo

#### SECCIÓN 7: MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación	: Usar antiparras y guantes
Almacenamiento	: Almacenar en lugar fresco y seco
Embalajes	: Almacenar sólo en envase original

#### SECCIÓN 8: CONTROL DE EXPOSICIÓN/ PROTECCIÓN ESPECIAL

Medidas por exposición	: No se requiere
Protección respiratoria	: No se requiere
Protección de los ojos	: Antiparras

[www.cognosceibletechnologies.com](http://www.cognosceibletechnologies.com)

[www.ulmen.cl](http://www.ulmen.cl)

[atencionalcliente@ulmen.cl](mailto:atencionalcliente@ulmen.cl)

### Anexo 3: Certificado de Calidad- Ulmen



Fabricación y Comercialización de Aditivos para Concretos

#### CERTIFICADO DE CALIDAD

El departamento técnico de INDUSTRIAS ULMEN S.A. Certifica que el producto que se indica cumple los requisitos de uniformidad indicados en la norma ASTM C494 y con nuestros estándares de calidad.

Producto : HP-300  
Lote : 15750219  
Fabricado : 25/02/2019  
Vence : 25/08/2019

Los parámetros controlados se muestran a continuación

ENSAYO	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO
Densidad	1,06 ± 0,02 (g/mL)	1,070
Viscosidad	42 ± 2 (seg)	40 seg
pH	5 ± 1	4,7

El presente aditivo tiene una vida útil de 6 meses almacenado en lugar fresco y protegido del sol, recomendado por nuestro Sistema de Control de Calidad, certificado bajo ISO 9001:2008

  
Encargado Control de Calidad  
Industrias Ulmen S.A.



## Ficha Técnica

### CEMENTO SOL

#### Descripción:

- Es un Cemento Pórtland Tipo I, obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso.

#### Beneficios:

- El acelerado desarrollo de resistencias iniciales permite un menor tiempo en el desencofrado.
- Excelente desarrollo de resistencias en Shotcrete.
- Excelente desarrollo en resistencias a la compresión.
- Buena trabajabilidad.

#### Usos:

- Construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requieren características especiales o no especifique otro tipo de cemento.
- Fabricación de concretos de mediana y alta resistencia a la compresión.
- Preparación de concretos para cimientos, sobrecimientos, zapatas, vigas, columnas y techado.
- Producción de prefabricados de concreto.
- Fabricación de bloques, tubos para acueducto y alcantarillado, terrazos y adoquines.
- Fabricación de morteros para el desarrollo de ladrillos, tarrajes, enchapes de mayólicas y otros materiales.

#### Características Técnicas:

- Cumple con la Norma Técnica Peruana NTP-334.009 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

#### Formato de Distribución:

- Bolsas de 42.5 Kg: 04 pliegos (03 de papel + 01 film plástico).
- Granel: A despacharse en camiones bombonas y Big Bags.



### Recomendaciones

#### Dosificación:

- Se debe dosificar según la resistencia deseada.
- Respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento.
- Realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

#### Manipulación:

- Se debe manipular el cemento en ambientes ventilados.
- Se recomienda utilizar equipos de protección personal.
- Se debe evitar el contacto del cemento con la piel, los ojos y su inhalación.

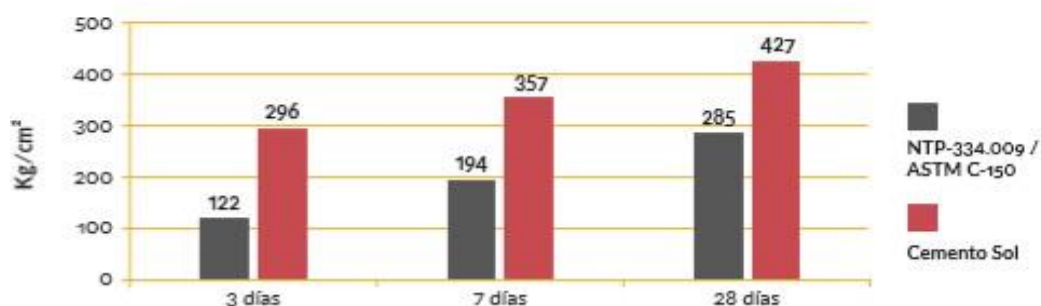
#### Almacenamiento:

- Almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes y pisos. Protegerlas de las corrientes de aire húmedo.
- No apilar más de 10 bolsas para evitar su compactación.
- En caso de un almacenamiento prolongado, se recomienda cubrir los sacos con un cobertor de polietileno y en dos pallet de altura.

## Anexo 5: Propiedades físicas y químicas- cemento Sol

### Requisitos mecánicos

Comparación resistencias NTP-334.009 / ASTM C-150 vs. Cemento Sol



### Propiedades físicas y químicas

Parámetro	Unidad	Cemento Sol	Requisitos NTP-334.009 / ASTM C-150
Contenido de aire	%	6.62	Máximo 12
Expansión autoclave	%	0.08	Máximo 0.80
Superficie específica	m <sup>2</sup> /kg	336	Mínimo 260
Densidad	g/ml	3.12	No específica
<b>Resistencia a la Compresión</b>			
Resistencia a la compresión a 3 días	kg/cm <sup>2</sup>	296	Mínimo 122
Resistencia a la compresión a 7 días	kg/cm <sup>2</sup>	357	Mínimo 194
Resistencia a la compresión a 28 días	kg/cm <sup>2</sup>	427	Mínimo 285*
<b>Tiempo de Fraguado</b>			
Fraguado Vicat inicial	min	127	Mínimo 45
Fraguado Vicat final	min	305	Máximo 375
<b>Composición Química</b>			
MgO	%	2.93	Máximo 6.0
SO <sub>3</sub>	%	3.00	Máximo 3.5
Pérdida al fuego	%	2.2	Máximo 3.5
Residuo insoluble	%	0.7	Máximo 1.5
<b>Fases Mineralógicas</b>			
C <sub>2</sub> S	%	11.9	No específica
C <sub>3</sub> S	%	54.2	No específica
C <sub>3</sub> A	%	10.1	No específica
C <sub>4</sub> AF	%	9.7	No específica

\*Requisito opcional

Anexo 6: Hoja de Seguridad de Cemento



MSDS – Hoja de Datos de Seguridad del Material  
**CEMENTO PORTLAND**

**Sección 1: Identificación de la sustancia**

**Nombre:** Cemento Portland  
**Sinónimos:** Cemento Tipo I, II o V; Cemento Portland Tipo I, II o V; Cemento SOL; Cemento Andino Tipo I, Cemento Andino tipo V.  
**Fabricante:** UNACEM S.A.A. (Unión Andina de Cementos S.A.A.)  
**Dirección:** Av. Atocongo 2440, Villa María del Triunfo – Lima - Perú – América del Sur  
**Teléfono para informes:** (511) 217-0200  
**Teléfono de emergencias:** (511) 217-0221 01-4110000 anexo 2248/2249 (Oficina Lima) 01-4110000 anexo 1225 (Planta Condorcococha)  
**Fecha de elaboración / revisión de la MSDS:** 16/01/2019  
**Apariencia:** Polvo gris verdusco, resulta de la mezcla de Clinker finamente molido con yeso y otros componentes. Se comercializa a granel, en bolsas de 1.5 Ton y 42.5 Kg.  
**Nota:** Esta MSDS cubre varios productos, los componentes individuales varían.

**Sección 2: Composición / información de ingredientes**


Compuesto	Nº CAS	Porcentaje en Peso	Fórmula Química
Silicato Tricálcico	12168-85-3	máx. 62%	3CaO.SiO <sub>2</sub>
Silicato Dicalcico	10034-77-2	máx. 24%	2CaO.SiO <sub>2</sub>
Aluminato Tricálcico	12042-78-3	máx. 12%	3CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Ferrosulfato tetra cálcico	12068-35-8	máx. 15%	4CaO.Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Yeso	13397-24-5	máx. 6%	CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O
Caliza	1317-85-3	máx. 5%	CaCO <sub>3</sub>

**Ingredientes minoritarios:** Durante su análisis químico pueden detectarse mínimas cantidades de sustancias químicas naturales. Estos pueden estar hasta un máximo de 1.5% de residuos insolubles, algunos de los cuales pueden ser sílice cristalina libre; óxido de cal como la cal libre o cal viva, óxido de magnesio y cantidades mínimas de sales de sulfato de sodio y sulfato de potasio.  
 El cemento reacciona con el agua durante la preparación de morteros, concreto o cuando este es humedecido; el cual produce una solución alcalina básica.

**Sección 3: Identificación de los peligros**

Es un polvo gris que presenta riesgos dependiendo del tiempo de exposición, tiempos breves no causan daños graves. La exposición con mezclas de cemento humedecido puede causar graves daños a los tejidos (piel u ojos) en forma de quemaduras químicas o una reacción alérgica.  
 Posibles efectos sobre la salud.  
 • **Contacto con los ojos:** La exposición a partículas de polvo puede causar irritación inmediata o tardía o inflamación. El contacto ocular con grandes cantidades de polvo seco o salpicaduras de cemento húmedo pueden causar irritación ocular moderada, quemaduras químicas y en extremo ceguera. Tales exposiciones requieren primeros auxilios y atención médica inmediata.  
 • **Contacto con la piel:** De acuerdo al tiempo de exposición puede producir alergias e irritación. Procurar minimizar el contacto para evitar lesiones en la piel, especialmente con cemento húmedo. Pueden presentarse efectos hasta horas después de terminado la exposición. Evitar dejar que el cemento humedecido se seque sobre la piel esta condición puede causar sequedad e irritación leve. Exposiciones severas de contacto entre la piel humedad y el cemento húmedo puede causar engrosamiento, grietas o fisuras en la piel. El contacto prolongado con la piel puede causar daño severo en forma de quemaduras químicas (cáustica).  
 • **Ingestión:** No existe información de las cantidades mínimas que puedan ser perjudiciales, cantidades mayores pueden ser nocivas; causar quemaduras en la tráquea y sistema digestivo.  
 • **Inhalación:** La exposición prolongada al polvo de cemento puede causar afecciones pulmonares; irritación de las mucosas de la nariz, garganta y sistema respiratorio superior.



Solución: Junta Oscar Pedraza		Módulo																																																																																			
REPÚBLICA DEL PARAGUAY EN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO SOMETIDO A LA RADICACIÓN QUÍMICA DE SULFATOS EN LA ZONA COSTERA DE LA RÍO 2 DE MAYO DISTRITO DE ANICÓN, URUGUAY 2019																																																																																					
Proyecto: Jefe: Andrés Díaz Quiroz		Fecha: 03/06/2019																																																																																			
 PLANILLA DE DATOS / ADECUADO FMO																																																																																					
1. CONTENIDO DE HUEMEDAD ADECUADO FMO ASTM C-76		3. GRANULOMETRÍA - MÓDULO DE FINESZA ASTM C-136																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Pesa Humeda (g)</th> <th rowspan="2">Pesa Secca (g)</th> <th colspan="2">Estado de Humedad</th> <th rowspan="2">Ponderación Aumentada</th> </tr> <tr> <th>PS</th> <th>PS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>585</td> <td>485</td> <td>4.57</td> <td>4.29</td> <td></td> </tr> <tr> <td>600</td> <td>479</td> <td>4.38</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Pesa Humeda (g)	Pesa Secca (g)	Estado de Humedad		Ponderación Aumentada	PS	PS	585	485	4.57	4.29		600	479	4.38			<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Pesa Muestra + Mide (g)</th> <th rowspan="2">Pesa Muestra Secca (g)</th> <th rowspan="2">Inclusión de Mide (cm<sup>3</sup>)</th> <th rowspan="2">Pesa Bruto de Suelo (gram)</th> <th colspan="2">Tamaño</th> <th rowspan="2">%</th> </tr> <tr> <th>Asesora (mm)</th> <th>Finis (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>8700</td> <td>2717</td> <td>3612</td> <td>1.47</td> <td>30"</td> <td>9.91</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8857</td> <td>2717</td> <td>3612</td> <td>1.47</td> <td>1/4"</td> <td>4.75</td> <td>2.90</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1/8"</td> <td>2.36</td> <td>13.15</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1/16"</td> <td>1.18</td> <td>27.50</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1/32"</td> <td>0.60</td> <td>28.31</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1/64"</td> <td>0.30</td> <td>18.20</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1/128"</td> <td>0.15</td> <td>11.35</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Forada</td> <td>0.07</td> <td>100.21</td> </tr> </tbody> </table>			Pesa Muestra + Mide (g)	Pesa Muestra Secca (g)	Inclusión de Mide (cm <sup>3</sup> )	Pesa Bruto de Suelo (gram)	Tamaño		%	Asesora (mm)	Finis (mm)	8700	2717	3612	1.47	30"	9.91		8857	2717	3612	1.47	1/4"	4.75	2.90					1/8"	2.36	13.15					1/16"	1.18	27.50					1/32"	0.60	28.31					1/64"	0.30	18.20					1/128"	0.15	11.35					Forada	0.07	100.21
Pesa Humeda (g)			Pesa Secca (g)	Estado de Humedad		Ponderación Aumentada																																																																															
	PS	PS																																																																																			
585	485	4.57	4.29																																																																																		
600	479	4.38																																																																																			
Pesa Muestra + Mide (g)	Pesa Muestra Secca (g)	Inclusión de Mide (cm <sup>3</sup> )	Pesa Bruto de Suelo (gram)	Tamaño		%																																																																															
				Asesora (mm)	Finis (mm)																																																																																
8700	2717	3612	1.47	30"	9.91																																																																																
8857	2717	3612	1.47	1/4"	4.75	2.90																																																																															
				1/8"	2.36	13.15																																																																															
				1/16"	1.18	27.50																																																																															
				1/32"	0.60	28.31																																																																															
				1/64"	0.30	18.20																																																																															
				1/128"	0.15	11.35																																																																															
				Forada	0.07	100.21																																																																															
4. PESO UNITARIO COMPACTO DE ADECUADO FMO ASTM C-76		5. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL ADECUADO FMO ASTM C-127																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Pesa Muestra + Mide (g)</th> <th rowspan="2">Pesa Muestra Compacto (g)</th> <th colspan="2">Volúmen de Mide (cm<sup>3</sup>)</th> <th rowspan="2">Pesa Líquida Compacto (gram)</th> </tr> <tr> <th>Mide (cm<sup>3</sup>)</th> <th>Compac (cm<sup>3</sup>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7258</td> <td>2717</td> <td>3553</td> <td>1.95</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7408</td> <td>2717</td> <td>3553</td> <td>1.87</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Pesa Muestra + Mide (g)	Pesa Muestra Compacto (g)	Volúmen de Mide (cm <sup>3</sup> )		Pesa Líquida Compacto (gram)	Mide (cm <sup>3</sup> )	Compac (cm <sup>3</sup> )	7258	2717	3553	1.95		7408	2717	3553	1.87		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Pesa Seca + Agua (g)</th> <th rowspan="2">Pesa Seca + Agua + 300 (H) agua + 202 (H)</th> <th rowspan="2">Pesa Seca + Vol. agua + Vol. vapor (g)</th> <th rowspan="2">Vol. de la muestra (112-100-6g)</th> <th rowspan="2">P.E. Aparado (Mód. 6/6)</th> <th rowspan="2">P.E. 500 (500g)</th> <th rowspan="2">P.E. Muestra (507)</th> <th rowspan="2">Absorción (%) (508-507/10)</th> </tr> <tr> <th>Módulo de Finisza</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>884.5</td> <td>908</td> <td>1164.5</td> <td>464.2</td> <td>2.83</td> <td>2.67</td> <td>2.72</td> <td>1.57</td> </tr> <tr> <td>897.5</td> <td>908</td> <td>1164.5</td> <td>465.1</td> <td>2.83</td> <td>2.68</td> <td>2.76</td> <td>0.99</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Promedio de Pesa Unitario Compacto</td> <td>2.82</td> <td>2.68</td> <td>2.74</td> <td>1.28</td> </tr> </tbody> </table>			Pesa Seca + Agua (g)	Pesa Seca + Agua + 300 (H) agua + 202 (H)	Pesa Seca + Vol. agua + Vol. vapor (g)	Vol. de la muestra (112-100-6g)	P.E. Aparado (Mód. 6/6)	P.E. 500 (500g)	P.E. Muestra (507)	Absorción (%) (508-507/10)	Módulo de Finisza	884.5	908	1164.5	464.2	2.83	2.67	2.72	1.57	897.5	908	1164.5	465.1	2.83	2.68	2.76	0.99	Promedio de Pesa Unitario Compacto				2.82	2.68	2.74	1.28																																
Pesa Muestra + Mide (g)			Pesa Muestra Compacto (g)	Volúmen de Mide (cm <sup>3</sup> )		Pesa Líquida Compacto (gram)																																																																															
	Mide (cm <sup>3</sup> )	Compac (cm <sup>3</sup> )																																																																																			
7258	2717	3553	1.95																																																																																		
7408	2717	3553	1.87																																																																																		
Pesa Seca + Agua (g)	Pesa Seca + Agua + 300 (H) agua + 202 (H)	Pesa Seca + Vol. agua + Vol. vapor (g)	Vol. de la muestra (112-100-6g)	P.E. Aparado (Mód. 6/6)	P.E. 500 (500g)	P.E. Muestra (507)	Absorción (%) (508-507/10)																																																																														
								Módulo de Finisza																																																																													
884.5	908	1164.5	464.2	2.83	2.67	2.72	1.57																																																																														
897.5	908	1164.5	465.1	2.83	2.68	2.76	0.99																																																																														
Promedio de Pesa Unitario Compacto				2.82	2.68	2.74	1.28																																																																														



  
 Margarita Abela C. Martí  
 INGENIERA CIVIL  
 CIP. 81038

Solicitante	Karla Osorio Pedraza	Mostrador	
Proyecto	INFLUENCIA DEL HORMIGÓN EN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO SOBRE LA REACCIÓN QUÍMICA DE SULFATOS EN LA ZONA COSTERA DE LA AV. 3 DE MAYO DISTRITO DE AMOBA, LIMA - 2019		
Responsable	Juan Ernesto Diaz Gutierrez	Fecha	03/04/2019



PLANELA DE DATOS : ASESORADO GRUESO

1. CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO ASTM C-966				2. GRANULOMETRÍA : BLOQUEO DE FINES ASTM C-136				
Peso Humido (kg)	Peso Seco (kg)	Contenido de Humedad		Tamaño		Peso Retenido (kg)	%	
		(%)	Mostrador	Abertura (mm)	Retenido			Acumulado Retenido
3088	2994	6.23	0.21	3"	75.00			
3088	2994	6.79		2"	90.98			
<b>3. PESO UNITARIO SUELO DE AGREGADO GRUESO ASTM C-29</b>								
Peso Muestra (kg)	Peso Mide (kg)	Volumen de Mide (cm <sup>3</sup> )		Peso Unitario Suelo (kg/cm <sup>3</sup> )				
1900	9830	17830	8287.828	1.19				
12810	5820	12800	8287.828	1.58				
Promedio de Peso Unitario Suelo = 1.59								
<b>4. PESO UNITARIO COMPACTO DE AGREGADO GRUESO ASTM C-29</b>								
Peso Muestra (kg)	Peso Mide (kg)	Volumen de Mide (cm <sup>3</sup> )		Peso Unitario Compacto (kg/cm <sup>3</sup> )				
27800	9620	18300	9287.898	1.98				
27820	9620	18400	9287.898	1.95				
Promedio de Peso Unitario Compacto = 1.96								
<b>5. PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO ASTM C-137</b>								
Peso Píedra Seca (kg)	Peso Píedra Sumergida (kg)	Peso Píedra Saturada (kg)	P.E. Aparente (175.1.1)	P.E. Específico Real (190.3)	P.E. Nominal (147.3)	Absorción (P-1140)		
2957	3008	3931.0	2.62	2.84	2.87	8.64		
2950	3008	3943.5	2.62	2.84	2.87	8.97		
Promedio de Peso Específico y Absorción						2.84	2.87	8.89



Alfonso C. Argenteo  
Instituto de OVA  
CIP 10038

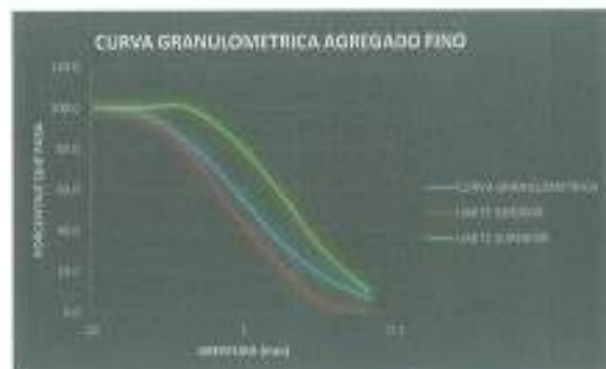


UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

Solicitante:	Carla Osorio Pachana	Muestra:	Agregado Fino
Proyecto:	INFLUENCIA DEL NANOCLAY EN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO SOMETIDO A LAS REACCIONES QUÍMICAS DE SULFATOS EN LA ZONA COSTERA DE LA AV. 2 DE MAYO (DISTRITO DE ANCÓN, LIMA - 2019)		
Responsable:	Julio César Gutiérrez	Fecha:	03/04/2019

**GRANULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO ASTM C-136**

M <sup>o</sup>	Tamaño Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	%			AGREGADO FINO	
			Retenido	Acumulado Retenido	Que Pasa	LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
30"	8.51				100.0	100	100
1/4"	4.75	12.0	2.00	2.00	97.9	95	100
1/8"	2.36	66.5	13.75	15.75	84.2	80	100
N <sup>o</sup> 10	1.90	109.0	23.58	38.75	61.2	50	85
N <sup>o</sup> 20	0.85	121.2	26.21	64.96	35.0	25	60
N <sup>o</sup> 40	0.425	86.0	16.93	81.26	18.7	5	30
N <sup>o</sup> 100	0.15	54.0	11.26	92.54	7.4	0	10
Fondo		32.0	6.07	100.01	0.2		
$\Sigma$		403.2					
Peso total		400					
% Error		-0.7					
Modulo de Finos		2.00					



*Carla*



*Agosto*  
**Argandoña Paola Olaverri**  
 INGENIERA CIVIL  
 CIP. 40500

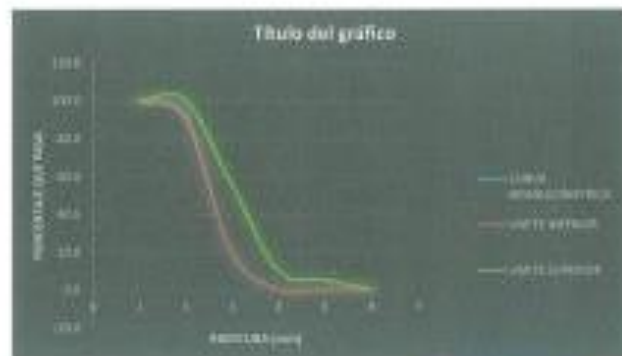


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

Alumno:	KARLA OSWALD PEDRAZA	Materia:	
Proyecto:	AMPLIFICACIÓN DEL RENDIMIENTO EN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO SOMETIDO A LAS REACCIONES QUÍMICAS DE SULFATOS EN LA ZONA COSTERA DE LA AV. J. DE MANO DISTRICTO DE ANCOA, LAM. 2019		
Asesorador:	JULIO DÍAZ GUTIÉRREZ	Fecha:	03/04/2019

**GRAMULOMETRÍA DEL AGREGADO FINO ASTM C-136**




Tamases		Peso Retenido (g)	%			AGREGADO GRUESO	
N°	Abertura (mm)		Retenido	Acumulado Retenido	Que Pasa	%	
						LÍMITE INFERIOR	LÍMITE SUPERIOR
3"	75.00	0			100.0		
2"	50.00	0	0.00	0.00	100.0		
1-1/2"	38.00	0	0.00	0.00	100.0	100	200
1"	25.00	126	1.86	1.86	98.14	90	200
3/4"	19.00	1186	17.37	19.23	80.77	20	55
1/2"	12.00	1072	15.71	34.94	65.06	8	10
3/8"	9.50	3	0.04	35.00	64.96	0	5
Nº4	4.75	0	0.00	35.00	65.00	0	0
TOTAL			0.00	35.00	65.00		
Σ		2981.8					
Peso inicial		2000					
% Error		0.07					
Módulo de Finosa		3.80					



*[Firma manuscrita]*



*[Firma manuscrita]*  
Cargarina Belca Olascho  
INGENIERA CIVIL  
03/04/2019

UCV		FORMATO		FORMA Y UNIDAD																																					
		DISEÑO DE MEZCLAS PARA CONCRETO		FORMA: 21																																					
		ACI (211)		UNIDAD: 21																																					
				FORMA: 21																																					
PROYECTO		INFLUENCIA DEL IMPACTO EN LA DURABILIDAD DEL CONCRETO SOMETIDO A LA REPLICACIÓN DE ÁREAS DE SOSTENEN EN LA ZONA COSTERA DE LA AV. 2 DE MAYO DISTRITO DE AYOCA, LIMA - 2025																																							
AUTORIA																																									
RESPONSABLE		ALEJANDRO GUTIERREZ																																							
FECHA		12/04/2025																																							
OBJETIVO		DISEÑO DE MEZCLA PARA																																							
DISEÑO DE MEZCLA PARA CONCRETO																																									
MATERIAL	TIPO COMERCIAL	MÓDULO DE FLEXIÓN	GRANULOMETRÍA	ABSORCIÓN	P. UNIFORME MÁXIMO	P. UNIFORME COMPLETADO																																			
	kg/m <sup>3</sup>		%	%	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>																																			
CEMENTO PORTLAND TIPO I	4.18																																								
AGREGADO FINO (arena) [Lima]	2.45	257	4.38	1.88	1448	1340																																			
AGREGADO GRUESO [Lima]	2.82		5.11	6.6	1200	1000																																			
AGREGADO TOTAL																																									
<b>A) VALORES DE DISEÑO (ELEMENTOS DE ENTRADA)</b> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>1. MOVIMIENTO</td><td>0.01</td></tr> <tr><td>2. TIEMPO FRECIDA</td><td>1.50</td></tr> <tr><td>3. TIEMPO FRECIDA HORTEL</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>4. RELACIÓN AGUA CEMENTO</td><td>0.50</td></tr> <tr><td>5. FOLIO</td><td>200</td></tr> <tr><td>6. FOLIO DE AGUA AGREGADO %</td><td>1.000</td></tr> <tr><td>7. RESERVA DE AGREGADO GRUESO</td><td>0.000</td></tr> <tr><td>8. RESERVA</td><td>Reserva de agregado del tipo de agregado</td></tr> </table>						1. MOVIMIENTO	0.01	2. TIEMPO FRECIDA	1.50	3. TIEMPO FRECIDA HORTEL	1.0	4. RELACIÓN AGUA CEMENTO	0.50	5. FOLIO	200	6. FOLIO DE AGUA AGREGADO %	1.000	7. RESERVA DE AGREGADO GRUESO	0.000	8. RESERVA	Reserva de agregado del tipo de agregado																				
1. MOVIMIENTO	0.01																																								
2. TIEMPO FRECIDA	1.50																																								
3. TIEMPO FRECIDA HORTEL	1.0																																								
4. RELACIÓN AGUA CEMENTO	0.50																																								
5. FOLIO	200																																								
6. FOLIO DE AGUA AGREGADO %	1.000																																								
7. RESERVA DE AGREGADO GRUESO	0.000																																								
8. RESERVA	Reserva de agregado del tipo de agregado																																								
<b>B) ANÁLISIS DE DISEÑO</b> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td colspan="2">FACTORES CORRECTOS:</td><td>UNIDAD</td><td></td></tr> <tr><td>Factor de ajuste del cemento</td><td>0.90</td><td>kg/m<sup>3</sup></td><td>0.90</td></tr> <tr><td>Factor de ajuste de agua</td><td>1.00</td><td>kg/m<sup>3</sup></td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Factor de ajuste de arena</td><td>1.00</td><td>kg/m<sup>3</sup></td><td>1.00</td></tr> <tr><td>Factor de ajuste de grava</td><td>1.00</td><td>kg/m<sup>3</sup></td><td>1.00</td></tr> <tr><td colspan="2">Valores efectivos de los Agregados:</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Valor efectivo del Agregado grueso</td><td>0.90</td><td>kg/m<sup>3</sup></td><td>0.90</td></tr> <tr><td>Valor efectivo del Agregado fino</td><td>0.90</td><td>kg/m<sup>3</sup></td><td>0.90</td></tr> <tr><td>Valor efectivo de los agregados</td><td>1.000</td><td>kg/m<sup>3</sup></td><td>1.000</td></tr> </table>						FACTORES CORRECTOS:		UNIDAD		Factor de ajuste del cemento	0.90	kg/m <sup>3</sup>	0.90	Factor de ajuste de agua	1.00	kg/m <sup>3</sup>	1.00	Factor de ajuste de arena	1.00	kg/m <sup>3</sup>	1.00	Factor de ajuste de grava	1.00	kg/m <sup>3</sup>	1.00	Valores efectivos de los Agregados:				Valor efectivo del Agregado grueso	0.90	kg/m <sup>3</sup>	0.90	Valor efectivo del Agregado fino	0.90	kg/m <sup>3</sup>	0.90	Valor efectivo de los agregados	1.000	kg/m <sup>3</sup>	1.000
FACTORES CORRECTOS:		UNIDAD																																							
Factor de ajuste del cemento	0.90	kg/m <sup>3</sup>	0.90																																						
Factor de ajuste de agua	1.00	kg/m <sup>3</sup>	1.00																																						
Factor de ajuste de arena	1.00	kg/m <sup>3</sup>	1.00																																						
Factor de ajuste de grava	1.00	kg/m <sup>3</sup>	1.00																																						
Valores efectivos de los Agregados:																																									
Valor efectivo del Agregado grueso	0.90	kg/m <sup>3</sup>	0.90																																						
Valor efectivo del Agregado fino	0.90	kg/m <sup>3</sup>	0.90																																						
Valor efectivo de los agregados	1.000	kg/m <sup>3</sup>	1.000																																						
<b>C) CÁLCULO DE MATERIALES POR M<sup>3</sup> EN PESO</b> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>CEMENTO</td><td>360.71</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>AGUA</td><td>180.35</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>AGREGADO FINO</td><td>124.51</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>AGREGADO GRUESO</td><td>97.91</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td><b>PESO DE MEZCLA</b></td><td><b>753.48</b></td><td><b>kg/m<sup>3</sup></b></td></tr> </table>						CEMENTO	360.71	kg/m <sup>3</sup>	AGUA	180.35	kg/m <sup>3</sup>	AGREGADO FINO	124.51	kg/m <sup>3</sup>	AGREGADO GRUESO	97.91	kg/m <sup>3</sup>	<b>PESO DE MEZCLA</b>	<b>753.48</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>																					
CEMENTO	360.71	kg/m <sup>3</sup>																																							
AGUA	180.35	kg/m <sup>3</sup>																																							
AGREGADO FINO	124.51	kg/m <sup>3</sup>																																							
AGREGADO GRUESO	97.91	kg/m <sup>3</sup>																																							
<b>PESO DE MEZCLA</b>	<b>753.48</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>																																							
<b>D) CORRECCIÓN POR HORMIGÓN</b> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>AGREGADO FINO HORTEL</td><td>180.35</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>AGREGADO GRUESO HORTEL</td><td>137.71</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> </table>						AGREGADO FINO HORTEL	180.35	kg/m <sup>3</sup>	AGREGADO GRUESO HORTEL	137.71	kg/m <sup>3</sup>																														
AGREGADO FINO HORTEL	180.35	kg/m <sup>3</sup>																																							
AGREGADO GRUESO HORTEL	137.71	kg/m <sup>3</sup>																																							
<b>E) CONTRIBUCIÓN DE AGUA DE LOS AGREGADOS</b> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>AGREGADO FINO</td><td>3.2</td><td>LITROS</td></tr> <tr><td>AGREGADO GRUESO</td><td>5.20</td><td>5.20</td></tr> <tr><td><b>AGUA DE MEZCLA CORREGIDA</b></td><td><b>8.40</b></td><td><b>Litros por m<sup>3</sup> de concreto</b></td></tr> </table>						AGREGADO FINO	3.2	LITROS	AGREGADO GRUESO	5.20	5.20	<b>AGUA DE MEZCLA CORREGIDA</b>	<b>8.40</b>	<b>Litros por m<sup>3</sup> de concreto</b>																											
AGREGADO FINO	3.2	LITROS																																							
AGREGADO GRUESO	5.20	5.20																																							
<b>AGUA DE MEZCLA CORREGIDA</b>	<b>8.40</b>	<b>Litros por m<sup>3</sup> de concreto</b>																																							
<b>F) CÁLCULO DE MATERIALES CORREGIDOS POR M<sup>3</sup></b> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>CEMENTO</td><td>360.71</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>AGUA</td><td>181.95</td><td>L/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>AGREGADO FINO</td><td>121.31</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>AGREGADO GRUESO</td><td>92.71</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> </table>						CEMENTO	360.71	kg/m <sup>3</sup>	AGUA	181.95	L/m <sup>3</sup>	AGREGADO FINO	121.31	kg/m <sup>3</sup>	AGREGADO GRUESO	92.71	kg/m <sup>3</sup>																								
CEMENTO	360.71	kg/m <sup>3</sup>																																							
AGUA	181.95	L/m <sup>3</sup>																																							
AGREGADO FINO	121.31	kg/m <sup>3</sup>																																							
AGREGADO GRUESO	92.71	kg/m <sup>3</sup>																																							
<b>G) CÁLCULO DE MATERIALES CORREGIDOS POR BALANCE DE CEMENTO</b> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>CEMENTO</td><td>42.5</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>AGUA</td><td>25.4</td><td>L/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>AGREGADO FINO</td><td>87.7</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> <tr><td>AGREGADO GRUESO</td><td>97.4</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr> </table>						CEMENTO	42.5	kg/m <sup>3</sup>	AGUA	25.4	L/m <sup>3</sup>	AGREGADO FINO	87.7	kg/m <sup>3</sup>	AGREGADO GRUESO	97.4	kg/m <sup>3</sup>																								
CEMENTO	42.5	kg/m <sup>3</sup>																																							
AGUA	25.4	L/m <sup>3</sup>																																							
AGREGADO FINO	87.7	kg/m <sup>3</sup>																																							
AGREGADO GRUESO	97.4	kg/m <sup>3</sup>																																							
<b>PROPORCIÓN EN PESO</b> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>C</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>A/G</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>A/G</td><td>2.2</td></tr> </table>		C	1.0	A/G	1.2	A/G	2.2	<b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN</b> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>C</td><td></td></tr> <tr><td>A/G</td><td></td></tr> <tr><td>A/G</td><td></td></tr> </table>		C		A/G		A/G		<b>PROPORCIÓN VOL. UNITARIO</b> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td>C</td><td></td></tr> <tr><td>A/G</td><td></td></tr> <tr><td>A/G</td><td></td></tr> </table>		C		A/G		A/G																			
C	1.0																																								
A/G	1.2																																								
A/G	2.2																																								
C																																									
A/G																																									
A/G																																									
C																																									
A/G																																									
A/G																																									
<b>3. EQUIPOS DE MEDICIÓN</b> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																																									
<b>4. OBSERVACIONES</b>																																									
																																									
																																									
 <b>Kargaria Rosa Olachea</b> INGENIERA CIVIL C.R.C. 66500																																									





	<b>TÍTULO</b> <b>INMERSIÓN</b> <b>PRUEBAS CLÍNICAS DE CONCRETO</b>	Fecha: Versión: Aprobación: Elaboración:
	PROYECTO: <b>INFORMACIÓN INICIAL DEL DISEÑO DE CONCRETO EN TUBOS Y ALACANTONES SEMI-REPTOS EN LA ZONA PORTUARIA DE TRUJILLO SURTENI</b> INGENIERO: <b>ING. MARGARITA BOZA OLACHEA</b> INSTITUCIÓN: <b>UNIVERSIDAD DE SAN VALLE</b>	

	<b>FORMA</b>
--	--------------

**PLANEO DE MUESTRAS**


N	GRUPO DE MUESTRA	FORMA DE MUESTREO	EXTRACTOS	$f_{cm}$ kg/cm <sup>2</sup>	$f_{td}$ kgf	$f_{td}$ kg	$f_{td}$ kg	$f_{td}$ kg	NÚMERO DE MUESTRAS	FORMA DE MUESTRAS	PROBADA DE MUESTRA	DURACIÓN DE MUESTRA (DÍAS)	
<b>CONCRETO PAVIMENTO</b>													
	CP-1	aleatoria	cubo 15 x 15	100	1000	1000	1000	1000	10	10000000	1000	28	
	CP-2			100	1000	1000	1000	1000	10	10000000	1000	1000	28
	CP-3			100	1000	1000	1000	1000	10	10000000	1000	1000	28
	CP-4			100	1000	1000	1000	1000	10	10000000	1000	1000	28
	CP-5			100	1000	1000	1000	1000	10	10000000	1000	1000	28
	CP-6			100	1000	1000	1000	1000	10	10000000	1000	1000	28
<b>CONCRETO PAVIMENTO - C.A.S.A.</b>													
	CP-1-C.A.S.A. 1	aleatoria	cubo 15 x 15	100	1000	1000	1000	1000	10	10000000	1000	28	
	CP-1-C.A.S.A. 2			100	1000	1000	1000	1000	10	10000000	1000	1000	28
	CP-1-C.A.S.A. 3			100	1000	1000	1000	1000	10	10000000	1000	1000	28
	CP-1-C.A.S.A. 4			100	1000	1000	1000	1000	10	10000000	1000	1000	28
	CP-1-C.A.S.A. 5			100	1000	1000	1000	1000	10	10000000	1000	1000	28
	CP-1-C.A.S.A. 6			100	1000	1000	1000	1000	10	10000000	1000	1000	28
<b>CONCRETO PAVIMENTO - B.C.A.S.A.</b>													
	CP-1-B.C.A.S.A. 1	aleatoria	cubo 15 x 15	100	1000	1000	1000	1000	10	10000000	1000	28	
	CP-1-B.C.A.S.A. 2			100	1000	1000	1000	1000	10	10000000	1000	1000	28
	CP-1-B.C.A.S.A. 3			100	1000	1000	1000	1000	10	10000000	1000	1000	28
	CP-1-B.C.A.S.A. 4			100	1000	1000	1000	1000	10	10000000	1000	1000	28
	CP-1-B.C.A.S.A. 5			100	1000	1000	1000	1000	10	10000000	1000	1000	28
	CP-1-B.C.A.S.A. 6			100	1000	1000	1000	1000	10	10000000	1000	1000	28
<b>CONCRETO PAVIMENTO - C.A.S.A. B.C.A.S.A.</b>													
	CP-1-C.A.S.A. B.C.A.S.A. 1	aleatoria	cubo 15 x 15	100	1000	1000	1000	1000	10	10000000	1000	28	
	CP-1-C.A.S.A. B.C.A.S.A. 2			100	1000	1000	1000	1000	10	10000000	1000	1000	28
	CP-1-C.A.S.A. B.C.A.S.A. 3			100	1000	1000	1000	1000	10	10000000	1000	1000	28
	CP-1-C.A.S.A. B.C.A.S.A. 4			100	1000	1000	1000	1000	10	10000000	1000	1000	28
	CP-1-C.A.S.A. B.C.A.S.A. 5			100	1000	1000	1000	1000	10	10000000	1000	1000	28
	CP-1-C.A.S.A. B.C.A.S.A. 6			100	1000	1000	1000	1000	10	10000000	1000	1000	28

*[Handwritten signature]*



*[Handwritten signature]*  
**Margarita Boza Olachea**  
 INGENIERA CIVIL  
 N.º 10000



	FORMATO	Orden:
	<b>FORJADURAS DEL CONCRETO ASTM C642-97</b>	Versión: Autorizado: Elaborado:

PROYECTO:	APLICACIÓN DE NORMAS DE ENLAZABILIDAD DEL CONCRETO DOMESTO A LA REACCIÓN QUÍMICA DE SULFATOS EN LA ENLAZADURA DE LA AV. DE NEUTRONES EN ARENAL LIMA 2014	FECHA:	14/05/2014
MUESTRA:	ANILLOS DE PROJECCIÓN		
SOLICITANTE:	SARLA OBRAS-RECONSTRUCIÓN		

Nota: Cemento a agua de 1:1

28 Días	Cemento-Pastoso		EP+0.25%		EP+1.0%		EP+1.5%	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Peso seco	441.7	401.2	426.7	375.5	370.2	448.7	424.3	441.1
Peso S.S.S.	388.8	384.9	439.2	377.8	334.2	487.2	479.2	485.8
Peso Sumergido	367.3	373.7	388.8	308.3	322.6	398.7	374	387.7
Porosidad	2.35	2.35	1.36	1.42	2.71	1.76	2.58	2.16
Procedimiento Porosidad %	3.18		2.26		3.75		2.51	

28 Días	Cemento-Pastoso		EP+2.5%		EP+1.0%		EP+1.5%	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Peso seco	439.49	388.9	410.7	395.89	476.19	418.73	495.87	483.97
Peso S.S.S.	444.12	401.5	439.2	394.34	474.95	452.65	471.58	467.75
Peso Sumergido	374.3	368.4	354.67	361.65	338.27	378.47	354.43	368.61
Porosidad	2.13	2.23	1.28	1.28	1.85	1.87	1.88	2.41
Procedimiento Porosidad %	3.18		2.17		1.79		2.51	

28 Días	Cemento-Pastoso		EP+0.25%		EP+1.0%		EP+1.5%	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
Peso seco	457.62	334.71	455.78	454.6	345.57	458.38	471.67	483.14
Peso S.S.S.	461.54	388.76	461.34	469.12	349.89	463.76	470.6	488.91
Peso Sumergido	389.67	369.89	341.81	388.78	338.14	378.41	351.14	378.24
Porosidad	1.18	2.17	1.21	1.17	1.15	1.75	1.82	2.49
Procedimiento Porosidad %	3.18		2.39		1.78		2.58	


\_\_\_\_\_  
 Supervisor
 Aprobado

