

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UPLA
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

TESIS

**“NANOTUBOS DE CARBONO PARA CICLOS DE
CONGELAMIENTO Y DESHIELO EN LA
RESISTENCIA DEL CONCRETO $f'_c=280\text{kg/cm}^2$
EN LA REGIÓN JUNÍN”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERA CIVIL

Presentado por:

Bach. MATOS AMBROSIO, ROCIO OLGA

ASESOR METODOLÓGICO: ING. FIDEL CASTRO CAYLLAHUA

ASESOR TEMÁTICO: ING. MANUEL IVÁN MAITA PÉREZ

Línea de Investigación Institucional: Nuevas Tecnologías y Procesos

HUANCAYO-PERÚ

2022

ASESORES

Ing. Fidel Castro Cayllahua

Ing. Manuel Iván Maita Perez

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen, por ser parte de mi formación,
y ser yo testigo de las bondades que me dio.

A mis padres Olga y Ciro, por brindarme su apoyo
incondicional y moral, que desde que tengo uso
de razón me alentaron a seguir mis ideales.

A mi hermano Javier, por su apoyo y consejos,
que por él pude descubrir mi vocación.

A mi familia, por estar alentándome y
apoyándome, en cada paso que doy en este largo
camino de la vida.

A mis amigos que me tienen los pies en la tierra,
por su apoyo moral, alentarme a seguir y velar por
mi bienestar.

A mi tío abuelo Vicente Agustín J.A., con el
aprendí a valerme más como persona y reafirmar
mi vocación, que desde el cielo el me sigue
guiando.

Bach. Rocio Olga Matos Ambrosio

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento:

A mis padres y mi padrino Vladimiro por estar al margen de la investigación, brindarme su fuerza física y apoyo moral, para que pueda llevarse a cabo esta investigación.

Con mis amigos Jean y Carol, que han estado en esta investigación, animarme a seguir y velar por esta investigación.

Con todas las personas que me apoyaron de manera directa e indirectamente, en esta investigación.

Bach. Rocio Olga Matos Ambrosio

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0104 - FI -2023

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la TESIS; Titulado:

NANOTUBOS DE CARBONO PARA CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO $f'c=280\text{kg/cm}^2$ EN LA REGIÓN JUNÍN

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : BACH. MATOS AMBROSIO ROCIO OLGA
 Facultad : INGENIERÍA
 Escuela Académica : INGENIERÍA CIVIL
 Asesor(a) Metodológico : Mg. CASTRO CAYLLAHUA FIDEL
 Asesor(a) Tematico : Mg. MAITA PEREZ MANUEL IVAN

Fue analizado con fecha 19/12/2023; con 124 págs.; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.	X
Excluye citas.	X
Excluye Cadenas hasta 20 palabras.	X
Otro criterio (especificar)	

El documento presenta un porcentaje de similitud de 25 %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: *Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.*

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 19 de diciembre de 2023.

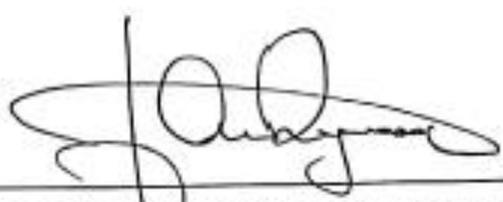


MTRA. LIZET DORIELA MAÑTARI MINCAMI
 JEFA
 Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

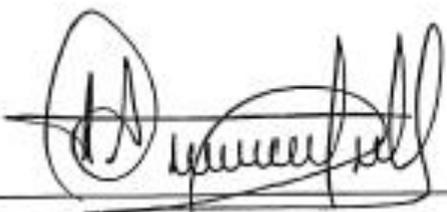
HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO



DR. RUBEN DARÍO TAPIA SILGUERA
PRESIDENTE



MG. REYNOSO OSCANOA JAVIER



MG. ALMONACID ORDOÑEZ LIDIA LEONOR



MG. PAREJAS SINCHITULLO GERSON DENNIS



MG. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA
SECRETARIO DOCENTE

CONTENIDO

RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPITULO I:	18
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	18
1.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	22
1.2.1 Delimitación Espacial	22
1.2.2 Delimitación Temporal	23
1.2.3 Delimitación Conceptual o Temática.....	23
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	23
1.3.1 Problema general	23
1.3.2 Problemas específicos.....	23
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	23
1.4.1 Teórica.....	23
1.4.2 Metodológica.....	24
1.4.3 Práctica.....	24
1.4.4 Social	24
1.5 OBJETIVOS	25
1.5.1 Objetivo general	25
1.5.2 Objetivo específico	25
CAPITULO II:	26
MARCO TEÓRICO	26
2.1 ANTECEDENTES.....	26
2.2 BASES TEÓRICAS O CIENTÍFICAS	30
2.3 MARCO CONCEPTUAL	40

CAPITULO III:	43
HIPÓTESIS	43
3.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	43
3.2 HIPÓTESIS ESPECIFICAS.....	43
3.3 VARIABLES.....	43
3.3.1 Nanotubos de Carbono.....	43
3.3.2 Congelamiento y deshielo.....	43
3.3.3 Operacionalización de las variables.....	44
CAPITULO IV:	45
METODOLOGÍA	45
4.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN: CIENTÍFICO	45
4.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN: APLICADA	46
4.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN: DESCRIPTIVO CORRELACIONAL	47
4.4 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: PRE EXPERIMENTAL	48
4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	49
4.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	50
4.7 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	51
4.8 ASPECTOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN	53
CAPITULO V:	54
RESULTADOS	54
5.1 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO TECNOLÓGICO	54
5.2 DESCRIPCIÓN DE RESULTADO	85
5.3 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS	92
CAPITULO VI:	103
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	103

CONCLUSIONES.....	106
RECOMENDACIONES	107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
ANEXOS	113
ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA	114
ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	116
ANEXO 3: INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN VALIDADO	118
ANEXO 4: FICHA TÉCNICA NANOTUBOS DE CARBONO	122
ANEXO 5: PROTOCOLOS DE LABORATORIO	129
ANEXO 6: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN.....	153

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1.1 Tabla de Temperatura del Concreto.	22
Tabla 1.2 Delimitación Conceptual o Temática.	23
Tabla 2.1 Cuadro de Slump-Trabajabilidad.	35
Tabla 2.2 Componentes del Cemento Portland	36
Fuente: “tópicos de tecnología de concreto” (Pasquel, 1998).....	36
Tabla 2.3 Limite granulométrico para el agregado fino.	37
Tabla 2.4 Requisitos para el agua de mezcla.	37
Tabla 3.1 Operacionalización de las Variables	44
Tabla 4.1 Medición	49
Tabla 4.2 Medición	49
Tabla 4.3 Muestra, para el desarrollo de la resistencia a la compresión	49
Tabla 4.4 Muestra	50
Tabla 5.1 Propiedades del NTC.	54
Tabla 5.2 Propiedades del cemento.	55
Tabla 5.3 Resultado granulométrico del Agregado Fino.	57
Tabla 5.4 Resultado del Peso Específico y Absorción.	62
Tabla 5.5 Resultado del Peso Unitario Suelto.	63
Tabla 5.6 Resultado del Peso Unitario Compactado.	64
Tabla 5.7 Resultado granulométrico del Agregado Grueso.	65
Tabla 5.8 Resultado del Tamaño Máximo.	66

Tabla 5.9 Resultado del Tamaño Máximo Nominal.	67
Tabla 5.10 Resultado del Módulo de Fineza.	67
Tabla 5.11 Resultado del Contenido de humedad.....	69
Tabla 5.12 Resultado del Peso Específico y Absorción.	72
Tabla 5.13 Resultado del Peso Unitario Suelto.	73
Tabla 5.14 Resultado del Peso Unitario Compactado.....	74
Tabla 5.15 Propiedades del agregado.....	74
Tabla 5.16 Diseño de mezcla método ACI, para el concreto Patrón.	75
Tabla 5.17 Diseño de mezcla método ACI, adicionando el 0.5% de NTC.	76
Tabla 5.18 Diseño de mezcla método ACI, adicionando el 1.2% de NTC.	77
Tabla 5.19 Ensayo de Temperatura de la Mezcla.	79
Tabla 5.20 Ensayo de Asentamiento del concreto.	79
Tabla 5.21 Ensayo del Peso Unitario del Concreto.....	80
Tabla 5.22 Ensayo de Contenido de Aire.	81
Tabla 5.23 Ensayo de Contenido de Aire.	85
Tabla 5.24 Promedios de Ensayo de Asentamiento.	86
Tabla 5.25 Porcentaje de Contenido de Aire.	87
Tabla 5.26 Resistencia a la compresión del concreto Patrón.	88
Tabla 5.27 Resistencia a la compresión del concreto adicionado 0.5 %.	89
Tabla 5.28 Resistencia a la compresión del concreto adicionado 1.2 %.	90
Tabla 5.29 Información del Ensayo de SLUMP	93

Tabla 5.30 Análisis de Varianza.....	93
Tabla 5.31 Resumen del Análisis de Varianza.....	93
Tabla 5.32 Información TUKEY HSD/KRAMER.....	94
Tabla 5.33 Información del Ensayo de Contenido de Aire.....	95
Tabla 5.34 Análisis de Varianza.....	95
Tabla 5.35 Resumen del Análisis de Varianza.....	95
Tabla 5.36 Información TUKEY HSD/KRAMER.....	96
Tabla 5.37 Información del Ensayo de Compresión a los 7 días.....	97
Tabla 5.38 Análisis de Varianza.....	97
Tabla 5.39 Resumen del Análisis de Varianza.....	97
Tabla 5.40 Información TUKEY HSD/KRAMER.....	98
Tabla 5.41 Información del Ensayo de Compresión a los 14 días.....	99
Tabla 5.42 Análisis de Varianza.....	99
Tabla 5.43 Resumen del Análisis de Varianza.....	99
Tabla 5.44 Información TUKEY HSD/KRAMER.....	100
Tabla 5.45 Información del Ensayo de Compresión a los 28 días.....	101
Tabla 5.46 Análisis de Varianza.....	101
Tabla 5.47 Resumen del Análisis de Varianza.....	101
Tabla 5.48 Información TUKEY HSD/KRAMER.....	102

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1.1 Las 8 regiones del Perú	19
Figura 1.2 Temperatura sobre el tiempo de fraguado (1a) y la resistencia (1b).	20
Figura 2.1 Ilustración de vectores de formación de diversas formas de NTC.	31
Figura 2.2 (a) Nanotubos de pared simple; (b) Nanotubos de Pared múltiple	32
Figura 2.3 Método de descarga de Arco eléctrico	33
Figura 2.4 Método deposición química.....	34
Figura 4.1 Método Inductivo.....	46
Figura 4.2 Método Deductivo.....	46
Figura 5.1 Nanotubos de Carbono-Henan-China.	54
Figura 5.2 Nanotubos de Carbono de grado de pureza de 95.....	54
Figura 5.3 Cuarteo del agregado fino.....	56
Figura 5.4 Vaciando el agregado a los tamices.....	56
Figura 5.5 Pesando el agregado fino en cada malla.....	57
Figura 5.6 Curva granulométrica Agregado fino.....	58
Figura 5.7 Material llevado al horno por 24 horas.	61
Figura 5.8 Agitamos el picnómetro.....	62
Figura 5.9 Pesamos el material más el molde.	64
Figura 5.10 Curva granulométrica Agregado Grueso.	66
Figura 5.11 Lavado del agregado grueso.	68
Figura 5.12 Peso de la muestra seca.	68
Figura 5.13 Secado de la muestra con una franela.	71
Figura 5.14 Colocando la muestra en la balanza hidrostática.	71
Figura 5.15 Preparación de la mezcla adicionado % de NTC.....	78
Figura 5.16 Tomando datos de la temperatura del Concreto.....	79

Figura 5.17 Medición del Slump.	80
Figura 5.18 Peso del concreto fresco en molde.	81
Figura 5.19 Ensayo del Contenido de Aire del concreto fresco.	81
Figura 5.20 Producción de Especímenes.	82
Figura 5.21 Pozo de curado con control de temperatura automática.	83
Figura 5.22 Toma de Temperatura de la congeladora -8°C a -10°C.	83
Figura 5.23 Probetas a temperaturas de -8°C a -10°C.	83
Figura 5.24 Ensayo a la compresión.	84
Figura 5.25 Probetas ensayadas a compresión.	84
Figura 5.26 Comparación del Slump concreto patrón y adición 0.5 y 1.2 % de NTC.	86
Figura 5.27 Porcentaje de Aire Incorporado y Corregido.	87
Figura 5.28 Línea de Tendencia.	87
Figura 5.29 Resistencia a la Compresión del concreto Patrón.	89
Figura 5.30 Resistencia a la Compresión del concreto Patrón más el 0.5% de NTC.	90
Figura 5.31 Resistencia a la Compresión del concreto Patrón más el 1.2% de NTC.	91
Figura 5.32 Barra de resistencia a la compresión.	91
Figura 5.33 Comparación de la Resistencia a la compresión.	92

RESUMEN

La presente investigación, tuvo como problema general, ¿De qué manera influye el uso de Nanotubos de Carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia del concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ en la Región Junín en el año 2022?, tuvo como objetivo general “Evaluar de qué manera influye el uso de Nanotubos de Carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia del concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ en la Región Junín”, como hipótesis general “El uso de Nanotubos de Carbono influye directamente para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia del concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$ en la Región Junín”. El método el cual se ha realizado la investigación es el método científico, de tipo aplicada, de nivel descriptivo-Explicativo, con un diseño pre experimental, y la muestra fue realizada con especímenes de concreto convencional y concreto modificado, siendo un total de 63 probetas. En base a los resultados obtenidos del concreto patrón, y adición de NTC en 0.5% y 1.2%, se obtuvo como conclusión, que las propiedades del concreto con 0.5% de NTC siendo este el porcentaje óptimo en la mezcla.

Palabras claves: Nanotubos de Carbono, trabajabilidad, contenido de aire, resistencia a la compresión, ciclos de congelamiento-deshielo.

ABSTRACT

The present investigation had as a general problem, how does the use of Carbon Nanotubes for freezing and thawing cycles influence the resistance of concrete $f'_c=280\text{kg/cm}^2$ in the Junín Region in the year 2022? general objective "Evaluate how the use of Carbon Nanotubes for freezing and thawing cycles influences the resistance of concrete $f'_c=280\text{kg/cm}^2$ in the Junín Region", as a general hypothesis "The use of Carbon Nanotubes directly influences for freezing and thawing cycles in the concrete resistance $f'_c=280\text{kg/cm}^2$ in the Junín Region". The method by which the research has been carried out is the scientific method, of an applied type, of a descriptive-explanatory level, with a pre-experimental design, and the sample was made with specimens of conventional concrete and modified concrete, with a total of 63 test tubes Based on the results obtained from the standard concrete, and the addition of NTC at 0.5% and 1.2%, it was concluded that the properties of the concrete with 0.5% of NTC, this being the most optimal percentage in the mixture.

Keywords: Carbon nanotubes, workability, air content, compressive strength, freeze-thaw cycles.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, no se tiene alguna investigación con materiales que se pueda innovar en la industria de la construcción, como por ejemplo la Nanotecnología, que cambia de forma significativa en todos los campos provechosos para la persona como para la sociedad, pero si se le da el uso correcto, para solucionar la situación que se presenta.

La Nanotecnología a abarcado, siendo uno de los elementos el Nanotubo de Carbono siendo un material de propiedades considerablemente positivo, lo que debemos tener en cuenta es que el uso de materiales se rige a ciertas propiedades, en la cual se tiene que manipular considerando las propiedades de la situación.

Tuvo como objetivo general “Evaluar de qué manera influye el uso de Nanotubos de Carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia del concreto $f_c=280\text{kg/cm}^2$ en la Región Junín”, se planteó estudiar el NTC, pero a condiciones de climas fríos, la cual por ser uno de los factores que afecta a la zona del centro del país, en el estado fresco analizando la trabajabilidad, contenido de aire, y las diversas propiedades, y en estado endurecido realizando los ensayos como la resistencia por Compresión tracción y demás.

Se obtuvo el NTC de 95 grados de pureza, este material se obtuvo de Henan-China, siendo este material más fino y de dimensión nano, se consideró la manipulación del material, en la cual se tomó en cuenta el porcentaje en base al cemento siendo este de 0.5% y 1.2% de NTC, para poder conocer la repercusión de este en la resistencia del concreto realizado con el agregado grueso reciclado. Para ello se realizó la presente investigación que se divide en 6 capítulos descritos en los siguientes párrafos:

En el capítulo I del Planteamiento del Problema, se mencionó de la problemática en cierta zona, delimitamos nuestra variable, y los problemas que se presentan, que beneficio se presenta en toda índole.

En el capítulo II en Marco Teórico, se hizo mención los antecedentes nacionales, antecedentes internacionales en la cual se tiene poca información en el Perú, ya que es un tema de investigación poco financiado, definimos las bases teóricas o científicas y marco conceptual de las variables.

En el capítulo III Hipótesis, se describió la Hipótesis general y las Hipótesis específicas, definimos las variables independiente y dependiente.

En el capítulo IV en Metodología, el método usado fue científico, de tipo aplicada, nivel descriptivo-Explicativo y diseño pre experimental, población, muestra, de acuerdo a los ensayos que se ha realizado, técnicas e instrumentos, recolección de datos hasta las técnicas de procesamiento y análisis de datos.

En el capítulo V en Resultados, se describe el diseño tecnológico, se menciona los diversos ensayos en estado fresco y estado endurecido con los resultados obtenidos del laboratorio, se realizó el análisis de Varianza mediante ANOVA y TUKEY, para realizar el contraste de Hipótesis.

En el capítulo VI en Análisis y Discusión de Resultados, se realiza la comparación de esta investigación y los antecedentes mencionados en el marco teórico.

Finalmente, se presenta las conclusiones y recomendaciones de este presente proyecto.

Matos Ambrosio, Rocio Olga

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Hoy en día, el material de construcción más empleado en Latinoamérica y en el mundo es el concreto (APAZA, y otros, 2018). Llevándose a cabo investigaciones por distintas universidades, institutos y empresas de concreto, a favor de modificar o mejorar las propiedades del material en estudio.

El concreto tiene una notoriedad, siendo este un material de construcción, debido a sus ventajas múltiples: disponibilidad mundial de materias primas; precio bajo; facilidad de manejo; fundición durante la construcción; gran potencial cuando se toma como base de diseño; flexibilidad en el sitio y alto rendimiento; y también siendo valiosa en sus propiedades como material estructural en edificios y obras públicas de todo tipo.

El concreto es resistente cuando se trabaja, a condiciones óptimas y favorables, pero cuando se trata de trabajarlo en zonas de extremo friaje, ya no solo depende del diseño de mezcla, sino también en función del medio y de las condiciones de trabajo que es sometido, en este sentido no existe un diseño de concreto durable por sí mismo, ya que será sometido a condiciones de climas de baja temperatura, y no sería resistente.

El Perú se ubica en el Cinturón de Fuego del Pacífico, siendo esta una zona de actividad sísmica continua. (PULGAR VIDAL, 1940) nos afirma que el Perú tiene ocho regiones, destacamos: Puna (4000 - 4800); Sumi (3500 - 4000 msnm); Quechua (2300 - 3500 msnm); Yunga (500 - 2300); Costa Chala(0 - 500 msnm) y Janca Cordillera(4800 - 6768 msnm) siendo esta la altura del nevado Huascarán, además

de los climas de la región selva que son: Omagua (80 – 400 msnm) y Rupa Rupa (400 - 1000 msnm), la diferencia de altitud implica que la temperatura cambia, dando lugar a gradientes térmicos, que se interpretan como gradientes térmicos por la variación entre la temperatura más baja y alta registrada, la cual puede variar en la estación que nos encontremos. La Figura 1 muestra las regiones naturales del Perú.



Figura 1.1 Las 8 regiones del Perú

En la región quechua, se presenta el problema más severo, durante las temporadas en invierno (agosto, julio, junio, y mayo), y precisamente por el bajo índice de hidratación y tiempo de fraguado prolongados o incluso detenidos, el concreto no desarrolla resistencia., la baja temperatura varía de -8 C a 20 °C durante un período de 24 horas, y en la ingeniería civil utilizada, conduce a la contracción y expansión, generando que el concreto se genere grietas (DAMIANI, 2011).

Es necesario comprender una variedad de factores que influyen en las propiedades del concreto para un vertido exitoso en climas fríos. Si la temperatura cae por debajo de 25 °F (-4 °C), el concreto se congelará en su estado plástico. El concreto en estado mencionado sufrirá si se congela porque esto reducirá su resistencia en más del 50% y acortará su durabilidad. Cuando el concreto alcanza una resistencia a la compresión mínima de 500 libras por pulgada cuadrada (3,05 MPa), lo que generalmente requiere al menos dos días después de verterlo a 50 grados Fahrenheit (10 grados Celsius), estará protegido contra la congelación. (DAMIANI, 2011)

Una reacción química llamada hidratación del cemento produce calor. El concreto recién colocado necesita estar suficientemente aislado para conservar su calor y, por tanto, mantener una temperatura ideal de curado. Dado que el

agrietamiento puede ocurrir cuando la diferencia de temperatura entre la superficie del concreto y su masa interior excede los 35 °F (20 °C), se deben evitar grandes diferencias de temperatura. Para evitar choques térmicos, el aislamiento u otras protecciones deben retirarse gradualmente.

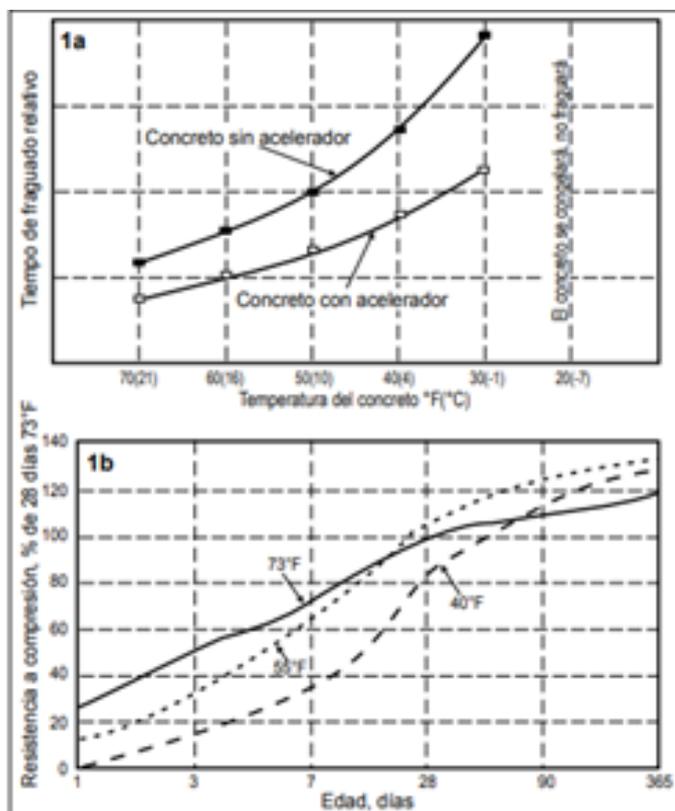


Figura 1.2 Temperatura sobre el tiempo de fraguado (1a) y la resistencia (1b).

Según (La República, 2018), en el sur de Perú ha pasado de calor a frío ya que ha habido granizo, nevadas y fuertes lluvias desde principios de año. Por lo tanto, ya se han registrado deslizamientos de tierra y lodo en Apurímac, Huancavelica, Cusco, Ayacucho y Puno. Las zonas más afectadas por este clima frío se encontraban por encima de los 3000 m.s.n.m. Esto demuestra que, debido al nuevo período de heladas, estamos entre los países más afectados por el cambio climático en el mundo.

(PASQUEL, 1998) en el libro “Tópicos de Tecnología del Concreto”, del concreto menciona los factores que afectan la durabilidad y bajo los cuales se divide en cinco grupos: V) Reacción química de los agregados; IV) Corrosión de metales en el concreto; III) Abrasión; II) Ambiente Químicamente agresivo y I) Congelamiento y descongelamiento. Además, nos da una explicación del fenómeno que provoca la exposición a bajas temperaturas (Congelamiento y

descongelamiento), Del concreto como cemento se refiere a los componentes, agregado y agua e indica lo siguiente.

Primera Teoría "Presión Hidráulica" según (POWERS, 1965) el cual tiene en cuenta que depende de los poros capilares en su nivel nivel de saturación y de los poros de gel, la velocidad descongelación de la pasta y su permeabilidad, cuándo se congela el agua en los poros, se expande en volumen y aplica presión al agua aun estando aún es líquido, provocando en la estructura resistente las tensiones que superan los esfuerzos máximos de la pasta, dando lugar al agrietamiento, y posteriormente con presencia de humedad se produciría un agrietamiento constante.

Segunda Teoría " Presión Osmótica" (HELMUTH, 1962) nos menciona que es similar a la hidráulica, pero supone que cuando el agua se congela en los poros, su alcalinidad cambia incluso cuando todavía está líquida. En consecuencia, tiende a trasladarse a áreas heladas de menor alcalinidad para comenzar en disolución, lo que crea una presión osmótica de agua líquida sobre agua sólida que provoca presiones internas en la estructura estable de la pasta con efectos similares a la primera teoría.

Dependerá de la resistencia del concreto en gran medida del cuidado que tenga durante la fase de curado, además de esta solución pensamos en utilizar aditivos absorbentes de aire, en ser así evitaremos que el concreto se vea sometido a la acción hidráulica, evitando que el concreto sufra en sus primeras etapas de vida y arrastre en base a la introducción de una estructura adicional de vacíos inconexos en la mezcla, esto permitirá que los desplazamientos sean absorbidos por congelamiento, eliminando los esfuerzos. Este fenómeno ocurre no solo en el hormigón recién vertido, sino también en productos que están expuestos a una humedad constante durante toda su vida útil, y la fatiga que se produce con el tiempo también daña los productos.

Durante la época fría, del concreto al momento del vaciado su temperatura no debe ser inferior a los valores indicados en la tabla 1, además, se deben evitar las temperaturas extremas a la edad temprana del concreto, la temperatura se mantendrá cercana a la temperatura recomendada para la instalación durante el período de protección indicado en la tabla, la finalidad es que esté suficientemente protegido de las heladas hasta que alcance una resistencia a la compresión de al menos 35 kg/cm² y, en su caso, no se vea afectado por los ciclos de heladas, cuando se requiere resistencia del concreto corto plazo, se requiere protección a temperaturas superiores a 10°C.

Tabla 1.1 Tabla de Temperatura del Concreto.

Línea	Temperatura del Aire	Dimensiones de la sección, dimensión mínima (mm.)			
		300	300-900	900-1800	1800
Temperatura mínima del concreto colocado y para mantenimiento					
1	-	13°C	10°C	7°C	5°C
Temperatura mínima del concreto para la mezcla de acuerdo a la temperatura del aire					
2	-1°C	16°C	13°C	10°C	7°C
3	-18°C a -1°C	18°C	16°C	13°C	10°C
4	-18°C	21°C	18°C	16°C	13°C
Máxima temperatura permitida en las primeras 24 hrs. al final del período de protección					
5	-	28°C	22°C	17°C	11

Es así como, la tecnología en el mundo mejora al paso de los años, los diversos laboratorios, han realizado mejoras desde aditivos químicos hasta productos orgánicos como, la cascarilla de arroz, plastificantes diversos, todo ello con el objetivo de mejorar significativamente las propiedades, en esta oportunidad se realizará adicionando Nanotubos de Carbono, para realizar el estudio, los debidos ensayos, con respecto al congelamiento y deshielo.

Así se propone hacer uso de un aditivo como el Nanotubo de carbono, el cual se realizará estudios, nos permitirá también a que grado de diseño de concreto con respecto a las cantidades, y por supuesto ver resultados óptimos y que provea con nuestro objetivo de tener una alta resistencia del concreto en época de frío, durante el vaciado, curado y como estructura.

Bajo este contexto geográfico existe la necesidad de diseñar infraestructuras con diferentes consideraciones de diseño, sin fórmula para resolver problemas y necesidades en la construcción, es decir, depende de la ubicación de cada proyecto, habrá que analizar su ubicación, independientemente del diseño y cálculos estructurales, para la correcta construcción.

Es así que, actualmente no se han realizado investigaciones en el Perú acerca de la influencia de los NTC en la mezcla de concreto para ciclos de congelamiento y deshielo, y se pretende conocer el aditivo en sus diversas situaciones.

1.2 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Delimitación Espacial

Los ensayos con respecto a esta investigación se efectuaron en el Laboratorio de ensayos de materiales MASTERLEM S.A.C., ubicado en el distrito de Huachipa, donde se analizó y comparó los resultados obtenidos en cada prueba.

1.2.2 Delimitación Temporal

El tiempo que se a requerido, para realizar las diversas pruebas en esta investigación, se llevó a cabo desde el 10 de septiembre al 25 de diciembre del año 2022.

1.2.3 Delimitación Conceptual o Temática

El presente estudio pretende conseguir resistencias equivalentes del concreto o mayor al del convencional (280 kg/cm²), de acuerdo con las variables.

Tabla 1.2 Delimitación Conceptual o Temática.

INDEPENDIENTE	DEPENDIENTE
Nanotubos de Carbono	Ciclos de Congelamiento y Deshielo.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1 Problema general

¿De qué manera influye el uso de Nanotubos de Carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia del concreto $f'c=280$ kg/cm² en la Región Junín en el año 2022?

1.3.2 Problemas específicos

1. ¿De qué manera influye el uso de Nanotubos de Carbono en la trabajabilidad en la resistencia del concreto $f'c=280$ kg/cm² en la Región Junín?
2. ¿De qué manera influye el uso de Nanotubos de Carbono en el contenido de aire en la resistencia del concreto $f'c=280$ kg/cm² en la Región Junín?
3. ¿De qué manera influye el uso de Nanotubos de Carbono en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm² en la Región Junín?

1.4 JUSTIFICACIÓN

1.4.1 Teórica

La justificación teórica se relacionó con el interés del investigador en profundizar el enfoque teórico para abordar el problema a explicar con el fin de avanzar en la adquisición de conocimiento en una línea de investigación. (BAENA, 2017)

Esta investigación se centra en un tema no abordado a detalle en los estudios realizados hasta ahora, que es determinar la influencia del Nanotubo de Carbono en el comportamiento del concreto en estado fresco como también en endurecido, sometido a ciclos de congelamiento y deshielo, el cual se desarrolló a través de ensayos en el laboratorio donde se desprendió un análisis físico.

Esta investigación aporta conocimientos valiosos para futuras investigaciones en donde se requiera implementar nuevas formas de mejorar la resistencia del concreto y adicionando en porcentaje el Nanotubos de Carbono en relación con el cemento, hasta llegar a la resistencia y ser mayor $f'c=280$ kg/cm², en la cual, en condiciones de climas de temperaturas bajas, se tendría que usar aditivos.

1.4.2 Metodológica

Una investigación se justifica metodológica en caso se proponga o desarrolla un nuevo método o estrategia con el fin de obtener evidencia válida o confiable. (BERNAL, 2010)

En este estudio se aplicó el método científico aplicada, nivel descriptivo correlacional y diseño pre-experimental, es claro que la aplicación en base de procedimientos normados, y la aplicación en los instrumentos, materiales de investigación que ayudó en la presente investigación, para el diseño del concreto patrón y el concreto adicionando el NTC al 0.5% y 1.2%. El desarrollo de esta investigación obtuve resultados en escala cuantitativa, en cada uno de los ensayos, para finalmente tomar en discusión los resultados de cómo influye el NTC en el concreto patrón. El proceso de esta investigación se realizó en el laboratorio de ensayos de materiales MASTERLEM S.A.C.

1.4.3 Práctica

(BERNAL, 2010), mencionan Sus estudios tienen justificación práctica si su desarrollo contribuye a la solución de un problema., o al menos sugiere una estrategia que realmente ayuda a resolver un problema.

La importancia de esta investigación es la optimización de la adición del NTC en el concreto, se averiguó qué porcentaje es óptimo en su estado fresco y endurecido en la producción de concreto en ciclos de congelamiento y deshielo.

1.4.4 Social

(SALINAS MERUANE, y otros, 2009) considera que toda investigación debe tener alguna relevancia social, lograr trascender en la sociedad e implicar alcance o proyección social.

La investigación se justificó, con la adición del NTC, mejorando las propiedades física y mecánicas del concreto patrón, abarcando en condiciones de climas variados, haciendo que su uso sea masivo, ser aplicado en futuros estudios.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo general

Evaluar de qué manera influye el uso de Nanotubos de Carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia del concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ en la Región Junín.

1.5.2 Objetivo específico

1. Estimar de qué manera influye el uso de Nanotubos de Carbono en la trabajabilidad en la resistencia del concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ en la Región Junín.
2. Estimar de qué manera influye el uso de Nanotubos de Carbono en el contenido de aire en la resistencia del concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ en la Región Junín.
3. Estimar de qué manera influye el uso de Nanotubos de Carbono en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ sometido a ciclos de congelamiento y deshielo

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1. Nacionales

(GALÁN, y otros, 2021), desarrollaron la investigación de *“Propuesta de mejora de la permeabilidad del concreto expuesto a sulfatos mediante el uso de los nanotubos de carbono para obras portuarias, en la provincia constitucional del Callao, Perú”*. Mediante el examen de varias propiedades físicas y mecánicas, así como la viabilidad comercial del concreto con CNT, el trabajo mencionado tiene como objetivo reducir en el hormigón la permeabilidad en las estructuras portuarias situadas en áreas de marea y salpicadura. La investigación es aplicada porque pretende abordar el tema de la permeabilidad del hormigón expuesto a sulfatos. De método deductivo porque se observó en numerosas investigaciones que la adición de nanotubos al hormigón mejora su comportamiento mecánico en comparación con el hormigón convencional. Siendo tipo de investigación cuantitativo porque las variables son cuantificables, mostrando el análisis y el resultado en porcentaje. Entre las principales conclusiones: La adición de NTC usados en esta investigación es de 0.05%, 0.1% y 0.15% de NTC. En esta inscripción pudo analizar, que cuanto mayor es el porcentaje de NTC, el Slump disminuye notablemente, en caso de la Resistencia, en estos porcentajes propuestos hay un aumento de la resistencia a los 28 días, de $f'c = 410 \text{ kg/cm}^2$ a 463 kg/cm^2 , siendo favorable.

(CABANILLAS GUILLÉN, 2020) desarrolló la investigación *“Concreto de alta resistencia, utilizando nanosílice y superplastificante”*. Determinar en cuanto varia la resistencia de un concreto diseñado con $f'c = 500 \text{ Kg/cm}^2$ utilizando adición de nanosílice y aditivo superplastificante reductor de agua. El método que usaron fue

científico, fue una investigación tipo aplicada, siendo descriptivo – explicativo y de un diseño experimental. Usaron la dosificación del nanosílice y superplastificante por separado en porcentajes de 1.0 y 1.5% de NTC. Entre las principales conclusiones: En el ensayo de SLUMP, los resultados se fueron reduciendo, haciendo ver que los superplastificantes no perjudica la trabajabilidad. Que, la resistencia aumenta con el superplastificante, llegando a mayor resistencia a edades tempranas en 7 días, con el uso de Plastificantes, existe una pequeña variación para la trabajabilidad, y supera la resistencia promedio.

(VALERIO, 2019), desarrollo la investigación *“Preparación de Probetas de Concreto con Nanotubos de Carbono para el Mejoramiento de sus Propiedades”*. Este estudio examina la Carbonización, propiedades mecánicas, morfológicas, estructurales y eléctricas del concreto dopado con nanotubos de carbono, para evaluar sus beneficios para los próximos proyectos de construcción. Para seguir desarrollando esta investigación se creó una cámara de carbonatación y probetas cilíndricas y cúbicas. Además, es importante la investigación de los CNT (Nanotubos de Carbono). Una de las conclusiones menciona expresa que los poros son en gran medida responsables de la permeabilidad del CO₂ tanto en pastas de cemento como en morteros, porque cuando disminuyen aumenta la impermeabilidad, y cuando aumenta la porosidad ocurre lo contrario. En esta investigación usaron 0.05, 0.10 y 0.15% de NTC, la cual obtuvieron en el ensayo de Slump que va reduciendo.

(APAZA, y otros, 2018) desarrollaron la investigación *“Mejoramiento de propiedades mecánicas del concreto con adición de nanotubos de carbono”*. Este estudio demuestra el progreso que puede generar la adición de nanotubos de carbono a las mezclas de concreto hechas con dos tipos diferentes de cemento: cemento Yura tipo IP y cemento Wari tipo I, respectivamente. El método utilizado para determinar el progreso que puede aportar la adición de nanotubos de carbono a mezclas de concreto siendo elaboradas con dos tipos diferentes de cemento, concretamente mezclas elaboradas con cemento tipo Yura IP y cemento Wari tipo I. Una de las conclusiones nos comenta Debido a su gran área de superficie específica que absorbe fácilmente el agua, los 0.05, 0.10 y 0.15% de NTC disminuyen la trabajabilidad del concreto proporcionalmente a su adición; sin embargo, este efecto se reduce significativamente por el proceso de dispersión por sonorización y la ayuda de una aminoradora plastificante superplastificante. En esta investigación realizó ensayos con respecto a dos tipos de cemento, en la cual, en los 2 casos, pero gracias al adicionar

el plastificante no es tan pronunciado la disminución del Slump con el cual de los 2 tipos de cemento WARI TIPO I, con el que obtuvieron mayor Slump de 8.53 , en el caso de la resistencia a la compresión, El porcentaje quien alcanza la resistencia a los 28 días, en caso con el cemento Tipo IP-YURA, adicionando el 0.10% NTC llegó a una $f^c=447.21 \text{ kg/cm}^2$; en caso con el cemento Tipo I-WARI, adicionando el 0.05% NTC, llega a una $f^c=770.14 \text{ kg/cm}^2$

(AMPUERO, y otros, 2017), desarrollaron la investigación *“Influencia del nanosílice y superplastificante en la Durabilidad del Concreto sometidos a ciclos de congelamiento y deshielo de la Ciudad de Puno”*. El objetivo de este trabajo fue: mejorar su comportamiento mecánico - físico; y economizar su costo de fabricación. El trabajo uso el siguiente esquema metodológico: En este caso, se utilizó un diseño experimental porque es fundamental que se deben recopilar datos bibliográficos para respaldar los diversos aspectos de la investigación. Estos datos permitirán desarrollar diversas actividades, siendo las cantidades de cada material necesarias para producir hormigón, que, tras una serie de experimentos, nos permitirán calcular la resistencia. Entre las principales conclusiones: ha demostrado que agregar más nanosílice al concreto lo mejora su durabilidad cuando se expone a ciclos de congelación y descongelación al aumentar la resistencia a la compresión del concreto y reducir su porosidad. Por lo que se puede rescatar de esta investigación, dieron uso de 0.5, 1.0 y 1.5% de Nanosílice y el superplastificante, llega a ser optimo en el estado fresco del concreto estando en el intervalo de 6-7 pulgadas; con respecto a la resistencia a la compresión, existe una variación poco significativa, la cual va en aumento en los días de curado, pero en ciclos de congelamiento esta debajo de esta variación.

2.1.2. Internacionales

(LLANOS, 2018), desarrollo la investigación *“Los nanotubos de carbono como nueva alternativa de aplicación para mejorar la resistencia a la fatiga o reducir fisuramiento en diseño de pavimentos rígidos con concreto hidráulico”*, Su objetivo fue la de es la de diseñar una mezcla de concreto incorporando el NTC de pared múltiple, la cual analizaron los efectos en la resistencia a la tracción y de mejorar la durabilidad al agrietamiento por fatiga. El desarrollo experimental de la presente investigación se divide en tres etapas cuyos resultados corroboran la hipótesis planteada en las propiedades de los elementos que componen, la segunda la elaboración de los especímenes y los equipos que usaron que están debidamente calibrados. Las propiedades mecánicas de los NTC cambiaron la estructura del

hormigón convirtiéndolo en un material más resistente-rígido a la flexión por tracción. En esta investigación vemos la mejora de la resistencia a la fatiga y reduce el fisuramiento, demostrando que el diseño de mezcla adicionando el NTC, mejora sus propiedades.

(ARAUJO, 2019), desarrollaron la investigación *“Desempenho de concretos produzidos com nanotubos de carbono sintetizados diretamente sobre o clínquer”*. como principal objetivo, mejorar las propiedades del mortero adicionado con el NTC sintetizado sobre el Clinker, la cual se quiere ver las pruebas de trabajabilidad, resistencia a la compresión, tracción, compresión diametral, módulo de elasticidad y absorción de agua. La metodología utilizada en la fase experimental en la cual realizaron muestras comparativas con el concreto patrón y adicionando el 0.15% y 0.30% de NTC y concreto autocompactante, en relación a la masa del cemento. Una de las conclusiones nos menciona que afectó a la trabajabilidad, pero si redujo la absorción de agua por capilaridad y aumento la resistencia a la tracción, compresión diametral y el módulo de elasticidad. Al ser el NTC una dosificación absorbente, se necesita para la mezcla más agua o un plastificante para que tenga la trabajabilidad óptima.

(CARDONA VALDEZ, 2020) desarrolló la investigación *“Evaluación de la resistencia mecánica de morteros de cemento tipo portland con diferentes dosis de nanotubos de carbono de pared múltiple oxidados (MWNCT'S OX) y análisis comparativo con respecto a MWCNT prístinos”*, Su objetivo fue evaluar su resistencia mecánica del concreto con diferentes porcentajes de NTC de Pared Múltiple, mediante la metodología tradicional es decir científica y comparar, en porcentajes de 0.01, 0.03, y 0.05% de NTC en relación al peso del Cemento siendo esta de dispersión usando el equipo de ultrasonido, Se utilizaron cinco muestras cúbicas para la evaluación de la resistencia mecánica estándar ASTM de muestras de cemento a los 3, 7 y 28 días. Luego evaluaron las propiedades de resistencia mecánica y crearon un gráfico de control usando la información para identificar la comparación de resistencia mecánica más alta para cada mezcla. Concluyeron que presentaron una mejor absorción de agua y mayor resistencia, en ensayo universal de 3, 7 y 28 significativo con 0.01% de NTC, y con respecto MWNTC's-prístinos, muestra menor resistencia, como podemos ver en esta investigación ha sido favorable la adición de NTC al 0.01%, con el método de dispersión Sónica.

(FARIAS DE MEDEIROS, y otros, 2021) desarrollaron la investigación: *“Compósitos de cemento Portland com adição de nanotubos de carbono (NTC): Propriedades no estado fresco e resistência à compressão”*, Sus objetivos fue aumentar la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión, el módulo elástico, y reducción de la permeabilidad. La metodología utilizada en la fase experimental. Usaron 2 tipos de nanomateriales en la investigación como nanotubos de carbono y partículas de silicato de calcio hidratado, para probar la influencia que puede ocurrir en la microestructura, concluyeron que el concreto con NTC representa del 0,1 al 0,5% con respecto a la masa total de cemento. En este estudio, encontramos que el concreto texturizado con NTC es más compacto y resistente a los aumentos de concreto, lo cual es un tamaño de dato importante para este estudio., tomando en cuenta que está a condiciones de clima normal.

(DEL MORAL DELGADO, 2022), desarrollo la investigación *“Aplicación práctica de un material cementicio conductor como sensor de deformaciones, mediante la adición híbrida de nanotubos de carbono y polvo de grafito, en elementos a escala real”*. Tuvo como objetivo, aplicar en un material cementicio un sensor de deformaciones adicionando nanotubos y polvo de grafito. La Investigación es de metodología experimental. Llegaron a la conclusión: Comprobaron la viabilidad de utilizar pasta de cemento con un aditivo híbrido como sensor de deformación de nanotubos de carbono y del polvo de grafito, sometiendo a esfuerzos de compresión o flexión incluso sometido también elementos estructurales reales. Por lo expresado por el autor, se puede rescatar que el polvo de grafito y el NTC si es viable para emplearse en el concreto estructural, por lo que realizaremos la investigación a condiciones de temperaturas bajas.

2.2 BASES TEÓRICAS O CIENTÍFICAS

2.2.1. Nanotubos de Carbono

Los NTC son láminas de grafito (llamado grafeno) envueltas en si misma formando un cilindro. (TARAZONA, y otros, 2012).

Según (LIJIMIA, 1991) los nanotubos de carbono (del inglés Carbon Nanotube o CNT) son alótropos de un mismo elemento con nanoestructuras cilíndricas. Los alótropos son la capacidad de algunos elementos químicos para aparecer en diferentes formas químicas. Tomando el carbono como ejemplo, sus alótropos incluyen fullereno, grafeno, diamante y grafito.

2.2.1.1. Estructuras de los Nanotubos de Carbono

Una lámina de grafeno se envuelve para formar un NTC de pared simple, y varias láminas de grafeno se envuelve juntas para formar un NTC de pared múltiple. Los NTC de pared múltiple consisten en una matriz de nanotubos de carbono coaxiales. (TARAZONA, y otros, 2012)

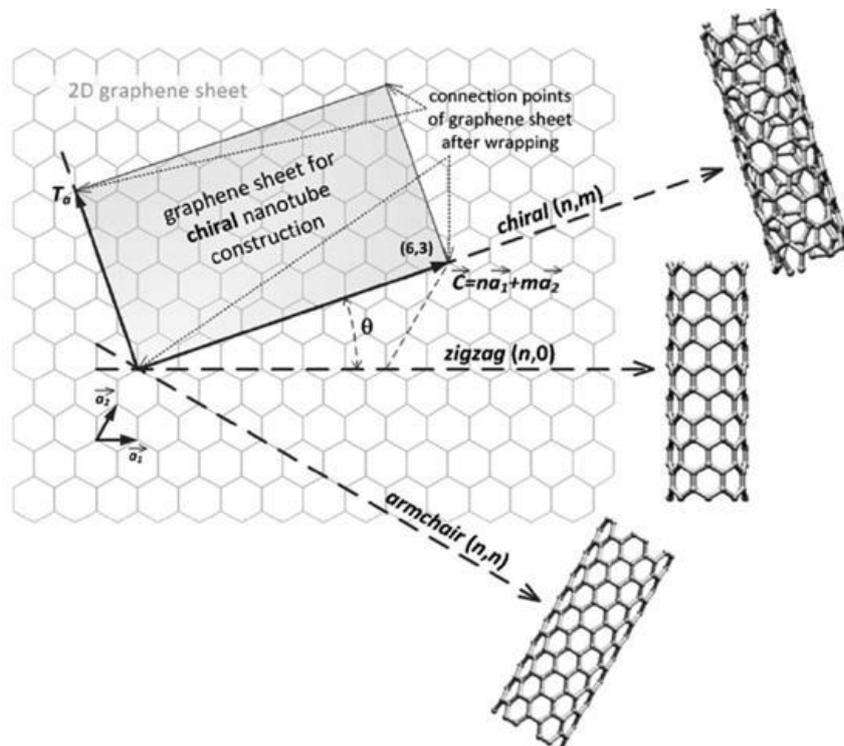


Figura 2.1 Ilustración de vectores de formación de diversas formas de NTC.

2.2.1.2. Tipos de Nanotubos de Carbono

A. Nanotubos pared única o SWCNT (del inglés single –walled nanotube)

Se describe que los NTC de pared simple (SWCNT) se forman enrollando una pieza de grafito (llamada lámina de grafeno) en un cilindro sin costura (lámina de grafeno envuelta). (AQEL, y otros, 2010)

B. Nanotubos pared múltiple o MWNT (del inglés multi-wallwd nanotube)

Los NTC de pared múltiple (MWCNT), se forma enrollando diversas hojas de grafito concéntrico con diámetros diferentes. (AQEL, y otros, 2010)

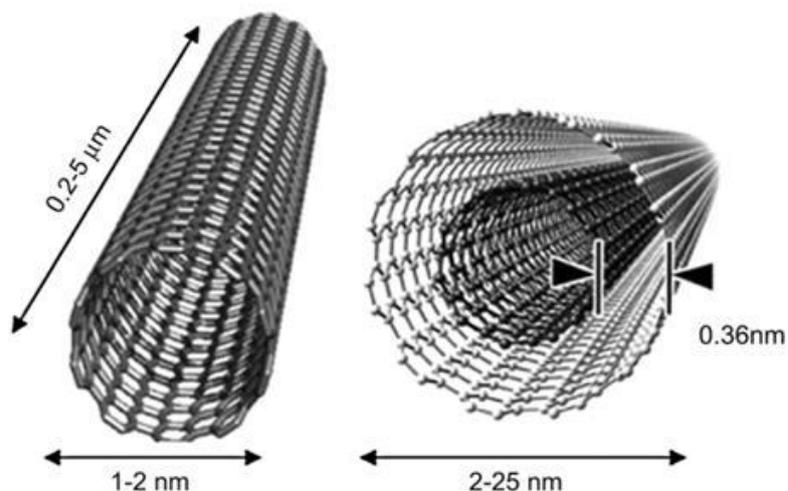


Figura 2.2 (a) Nanotubos de pared simple; (b) Nanotubos de Pared múltiple

2.2.1.3. Propiedades de Nanotubos de Carbono

A. Propiedades Mecánicas

Los nanotubos son las fibras más fuertes jamás descubiertas, según la investigación teórica y práctica. También se ha observado que los nanotubos pueden cambiar de forma para adaptarse a fuerzas externas que los deforman sin sufrir cambios irreversibles en su composición molecular. Los nanotubos se han torcido, aplastado y aplanado en muchos experimentos, pero siempre han vuelto a su forma original. (TARAZONA, y otros, 2012)

B. Propiedades Eléctricas

Esta es la propiedad que más se ven afectada por la forma y estructura del tubo, por lo que en la práctica se puede decir que los nanotubos pueden ser aislantes, semiconductores o metales, según se desee. Se debe enfatizar la altísima conductividad de hasta mil millones de amperios por centímetro cuadrado, o 1000 veces mejor que el alambre de cobre. (E-CONSTRUIR.com, 2021)

2.2.1.4. Método de proceso de elaboración de NTC

1991, el Dr. Sumio Iijima Observó y caracterizó extrañas nanofibras incrustadas en el hollín. Estas macromoléculas de carbono cilíndricas delgadas se llaman nanotubos. formado a altas temperaturas, (TERRONES, 2004)

A. Cámara de descarga de arco eléctrico

Consiste en dos electrodos de grafito conectados a una fuente de alimentación y separados por unos pocos milímetros. Cuando los electrodos se sumergen en una atmósfera de helio o argón a baja presión y se les aplica una corriente de 100 amperios, saltan chispas y se genera plasma. El carbono del ánodo se vaporiza en el plasma debido a la alta temperatura alcanzada, pero se deposita de nuevo sobre el ánodo. El material depositado consiste en nanotubos y otras nanopartículas de carbono. El NTC obtenidos son de Pared Simple. (CASTAÑOS, 2016)

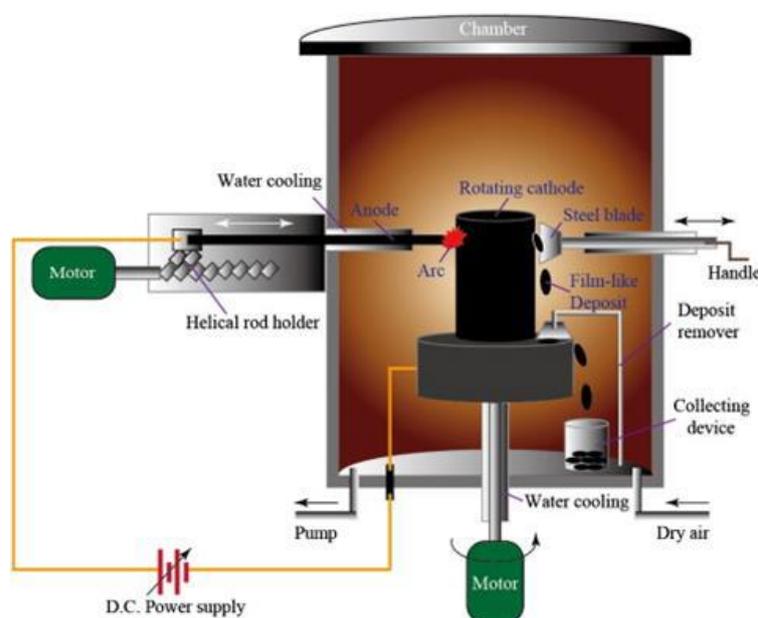


Figura 2.3 Método de descarga de Arco eléctrico

B. Depósito Químico Vapor (CDV)

Un sustrato calentado (aproximadamente 700 °C) con una capa de partículas metálicas catalíticas (Fe, Co, Ni, etc.). Luego, la cámara se llena con un gas hidrocarburo como el metano. A medida que el gas se descompone, se libera los átomos de carbono y se depositan en partículas de catalizador dentro del sustrato formando nanotubos. El tamaño de partículas de metal afecta al diámetro de los NTC formados. Puede administrarse este tamaño aplicando un patrón metálico (o máscara). (CASTAÑOS, 2016)

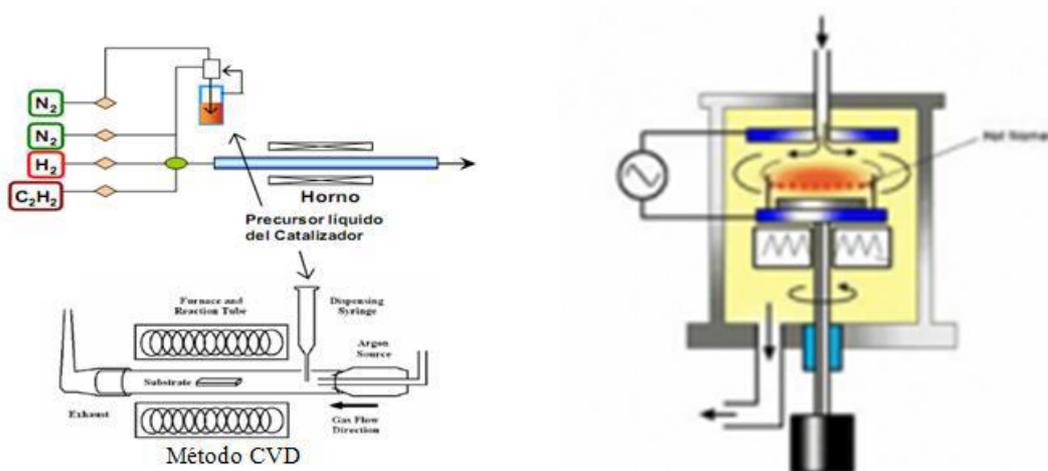


Figura 2.4 Método deposición química.

Haciendo uso de este método industrial, es el método más sencillo. Sin embargo, los NTC producidos de esta manera suelen ser de paredes múltiples y cantidad de defectos.

2.2.2. Concreto

El concreto se fabrica a partir de una mezcla de cemento, agua, agregados y aditivos opcionales e inicialmente tiene una estructura plástica, maleable, y luego desarrolla una consistencia sólida con aislamiento y durabilidad. (RIVVA LÓPEZ, 2000)

2.2.2.1. Tipos de concreto

A. Concreto Simple

Es una mezcla de agua, áridos finos y gruesos, cemento portland y agua. El agregado fino tiene la función de llenar los vacíos entre el agregado grueso, que tiene la función de mezclarse con el cemento. (ABANTO, 1997 pág. 12)

B. Concreto armado

Es el concreto simple, pero con acero añadido, ya que ambos materiales trabajan juntos, por lo que se supone que el acero actúa como refuerzo, dicho refuerzo; esta puede ser la resistencia a la tracción, así como la resistencia a la compresión de vigas, columnas u otros elementos estructurales. (ABANTO, 1997 pág. 13)

C. Concreto Estructural

En cuanto se transporta y coloca el concreto puro en la zona del componente correspondiente, hablamos de hormigón estructural, que debe cumplir con la resistencia especificada en el proyecto. Y en general, la estructura a base de

este hormigón debe cumplir con la resistencia especificada por las normas. (ABANTO, 1997 pág. 13)

D. Concreto Ciclópeo

Esto no es más que agregar rocas de 10” al concreto simple, pero solo en un volumen del 30%. Las piedras deben enjuagarse antes de mezclarlas. (ABANTO, 1997 pág. 13).

2.2.2.2. Propiedades del Concreto de Concreto Fresco

A. Trabajabilidad

(ABANTO, 1997), manifiesta que es la facilidad con la que se puede mezclar, colocar, compactar y acabar el concreto fresco sin segregación ni fugas durante estas operaciones.

La prueba de asentamiento o cono de Abrams se utiliza para medir la trabajabilidad de las mezclas, siguiendo la normativa (ASTM C143/C143M) y (NTP 339.035, 2022).

Tabla 2.1 Cuadro de Slump-Trabajabilidad.

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

B. Segregación

(ABANTO, 1997), esta es una propiedad del concreto fresco que implica que se descomponga en sus componentes, lo que equivale a separar el agregado grueso del mortero.

C. Exudación

(ABANTO, 1997), Esto se define como el ascenso de parte del agua de la mezcla a la superficie como resultado de la sedimentación de sólidos.

D. Contracción

(PASQUEL, 1998), es la más importante de las propiedades en función de los problemas de la fisuración. El cemento inevitablemente se encoge debido a la disminución del volumen inicial del agua causado por la unión química, contracción intrínseca, proceso la cual es irreversible.

Existe también la contracción inherente también con respecto al cemento, también llamada contracción por secado, que es responsable de la mayoría de

los problemas de agrietamiento, ocurre tanto en el estado plástico como en el endurecido.

2.2.2.3. Propiedades del Concreto de Concreto Endurecido

A. Elasticidad

(PASQUEL, 1998) nos menciona que es la capacidad del concreto en deformarse bajo carga, sin deformación permanente. El concreto no es un material verdaderamente elástico, ya que no muestra un comportamiento lineal en ninguna parte del diagrama de tensión-compresión-deformación del concreto "Módulo estático de elasticidad".

B. Resistencia

(PASQUEL, 1998), nos menciona que la resistencia se determina por la capacidad de soportar cargas y esfuerzos, siendo el mejor comportamiento a compresión debido a las propiedades adhesivas de la pasta de cemento, en relación Agua/Cemento en peso.

C. Extensibilidad

(PASQUEL, 1998), nos dice que es la propiedad del concreto para deformarse sin agrietarse. Se determina sobre la base de la máxima deformación unitaria que el concreto puede soportar sin fisurarse.

2.2.2.4. Materiales que componen el concreto

A. Cemento

“Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas, de manera de obtener un polvo muy fino.” (PASQUEL, 1998).

Los principales componentes del cemento son cinco, y se presentan en la siguiente:

Tabla 2.2 Componentes del Cemento Portland

Nombre del componente	categoría	contenido
Silicato tricálcico	$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	45-60
Silicato Bicalcico	$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	5-30
Aluminato Tricálcico	$3\text{CaO}\cdot\text{AlO}_3$	6-25
Aluminoferrato	$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$	6-8
Yeso	$\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	xx

Fuente: “tópicos de tecnología de concreto” (Pasquel, 1998)

B. Agregado Fino

Se define, aquel que proviene de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en el tamiz N° 200.

El agregado estará dentro de los límites indicados en las Normas (NTP 400.037, 2021) o (ASTM C33/C33M-18).

Tabla 2.3 Limite granulométrico para el agregado fino.

Malla	Porcentaje que pasa
3/8"	100
N° 4	95 - 100
N° 8	80 - 100
N° 16	50 - 85
N° 30	25 - 60
N° 50	10 - 30
N° 100	2 - 10

Fuente: Norma ASTM C 33.

C. Agregado Grueso

Se define como aquel que queda retenido en el tamiz N° 4 como resultado de la descomposición natural de las rocas o artificial de la roca (NTP 400.037, 2021). Los agregados se clasifican en términos generales en grava y piedra triturada. La grava es un agregado grueso producido por la descomposición natural y la abrasión de la piedra. La piedra triturada y la grava son áridos que se obtienen triturando rocas artificialmente.

D. Agua

Este elemento se utiliza para la preparación y curado del concreto en la cual debe cumplir con los requisitos de la Norma (NTP 339.088, 2021) y de ser preferencia, potable.

Tabla 2.4 Requisitos para el agua de mezcla.

Sustancias disueltas	Valor máximo admisible(ppp)
Cloruros	300
Sulfatos	300
Sales de Magnesio	150
Sales Solubles	150
PH	Mayor a 7
Sólidos en suspensión	1500
Materia Orgánica	10

Fuente: Norma Técnica Peruana (NTP 339.088, 2021)

2.2.2.5. Colocación del Concreto en Climas fríos

A. Mecanismo de Congelamiento y Deshielo

La principal hipótesis que explica los daños al concreto causados por la congelación, se basa principalmente en que cuando se congela el agua, aumenta en un 9% su volumen, y dado que no hay espacio libre para absorber la expansión, esta genera una tensión de tracción en las paredes de la red capilar que pueden llegar a fisurar y romper el material. Por lo tanto, solo el concreto con una saturación superior al 91,7 % se verá afectado por las heladas, y también el concreto con una saturación superior al 80 % también puede verse afectado. En tales casos, su funcionalidad también se ve comprometida, lo que acelera el ritmo de deterioro por otras causas como el desgaste y la erosión. (ALAEJOS, y otros, 2003)

B. Presión hidráulica

La presión ejercida sobre el agua dentro de los poros capilares del hormigón aumenta a medida que disminuye su diámetro, lo que también reduce el punto de congelación del agua. Como resultado, el agua en los poros con diámetros más grandes se congela antes que los que tienen los más pequeños, lo que hace que los cristales de hielo que se han formado en los poros más grandes impidan que el agua se expanda al congelarse en los más pequeños. Esto hace que se acumule presión hidráulica en las paredes de los poros, lo que puede causar que el concreto se agriete. (CANOVAS, 2007)

C. Presión osmótica

(LITVAN, y otros, 1976) nos propone y aclara la teoría de la presión osmótica como mecanismo de deterioro, como una forma de explicar por qué se forma hielo a temperaturas constantes por debajo de 0°C. Esto se debe a que el agua presente en los poros del hormigón se encuentra en forma de solución alcalina, con lo cual, hasta que no se alcanza el punto de congelación, no se produce la formación de hielo. Esta presión es lo que fuerza a las moléculas de agua desde los poros no helados hacia las cavidades heladas. La concentración de sales disueltas aumenta en la porción del agua que no está congelada.

2.2.2.6. Factores que afectan la Resistencia del Concreto a los Ciclos de Congelamiento y Deshielo

Los factores principales que afectan al concreto por congelamiento y deshielo.

A. Grado de saturación del concreto

Esto ocurre en un nivel crítico de saturación, según CEB 1996, a partir de un umbral del 85% de humedad se produce un ataque de congelación-descongelación, y la saturación de los poros de mayor diámetro se incrementa al aumentar los ciclos de congelación. y descomprimir. (ALAEJOS, y otros, 2003) .

B. Relación a/c curado

La relación a/c incide a la porosidad de la pasta y por lo tanto a todas las propiedades de durabilidad del concreto (PIGEON, y otros, 1995), conviene que se emplee la relación A/C mínima posible. Cuanto mayor sea esta relación, mayor será el volumen de poros en la pasta de cemento hidratada donde hay agua, más fácil será de congelar y mayor será la permeabilidad. (NEVILLE, y otros, 1998)

C. Contenido de aire en el concreto

Contiene un cierto porcentaje de huecos creados por el aire atrapado en la masa y la evaporación del agua que se amasó. A las bajas temperaturas que provocan el proceso de congelación y descongelación, las burbujas de aire en la masa actúan como cámaras de expansión que contrarrestan el aumento de volumen a medida que el agua se convierte en hielo. Las burbujas de aire pueden reducir la tensión interna provocada por la congelación o prevenir el deterioro progresivo. (ROMERO MENDOZA, 2011)

D. Influencia del agregado

Una búsqueda en la literatura revela numerosos estudios que busca el efecto de resistencia del agregado sobre el concreto durante los ciclos de hielo-deshielo. Sin embargo, cuando se produjeron diferentes tipos de agregados, sus propiedades no se detallaron completamente al comparar los resultados. Sin embargo, los agregados que generalmente no son resistentes a las heladas según lo especificado en ACI 201 absorben agua y durante la congelación se expande, destruyendo la pasta de cemento.

E. Resistencia a la compresión del concreto

Aunque no es un factor crítico, la resistencia del concreto en los ciclos de congelamiento-deshielo depende en gran medida de la resistencia a la

compresión y a la tracción del material en el momento del primer ciclo, es deseable que el hormigón tenga una resistencia a la compresión de al menos 7,5 MPa antes la primera congelación prolongada con saturación crítica. (NEVILLE, y otros, 1998)

2.2.2.7. Características del ciclo de congelamiento y deshielo.

La resistencia al congelamiento-descongelamiento del concreto se ve afectada por el tiempo del ciclo, las temperaturas extremadamente altas alcanzadas durante el ciclo y la velocidad de enfriamiento.

En sus ensayos, Jacobsen (1997), encontraron que el agrietamiento interno aumenta con el aumento de la tasa de congelación y la formación de incrustaciones aumenta con la disminución de la tasa de congelación cuando el hormigón se somete al mismo número de ciclos de congelación y descongelación. Además, a medida que empeoraba el agrietamiento interno, empeoraba el desgaste. Así que parece que la descalcificación está controlada por un mecanismo que tarda en acumular una presión destructiva, y que un cambio lento de temperatura actual amplifica este efecto dañino. Por otro lado, la presión provocada por la rápida congelación del agua parece tener un mayor impacto en el agrietamiento interno.

2.2.3. Diseño de Mezcla

2.2.3.1. Método ACI

El Comité ACI 211 ha creado un diseño de mezcla sencillo que, basado en algunas tablas, permite obtener valores de diferentes materiales que integra una unidad cúbica de concreto.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

A. Agua:

La función de este componente en el enlace químico depende del agua, ya que ésta es necesaria para la hidratación del cemento y su desarrollo de sus propiedades. (NTP 339.088, 2021)

B. Agregados:

También conocidos como áridos, son materiales inertes que se combinan con aglomerantes. El significado de radica en que son alrededor del % por volumen de la mezcla típica concreto. (ABANTO, 1997)

C. Asentamiento:

Está definido por el contenido de humedad de la mezcla y principalmente depende de la cuantificación de agua utilizada. Para ello, se realiza la prueba del Slump y poder evaluar el comportamiento del concreto fresco. Este ensayo se realiza mediante el denominado cono de Abrams. (ABANTO, 1997)

D. Cemento:

Es un aglomerante hidrófilo, resultante de la calcinación de rocas calizas, areniscas y arcillas. (PASQUEL, 1998)

E. Concreto:

Consiste en una mezcla de cemento, agua, áridos y aditivos en proporciones específicas, que inicialmente tiene una estructura plástica y maleable para luego adquirir una consistencia sólida. (PASQUEL, 1998)

F. Contenido de aire:

Se conoce como aire atrapado, la cual depende de la contribución de materiales, en condiciones de operación, granulometría y tamaño máximo, en este caso tiende a reducir la resistencia del concreto por incremento en la porosidad. (RIVVA LOPEZ, 2019)

G. Curado:

El endurecimiento se puede definir tales como mantenimiento humedad y temperatura apropiadas en concreto en etapa inicial. Este es el tiempo que la probeta (hormigón) está sumergida en el agua, determinando así la resistencia del hormigón. (RIVVA LÓPEZ, 2000)

H. Granulometría:

Es la distribución por tamaños de las partículas de arena. La distribución del tamaño de partículas se determina por separación con una serie de mallas normalizadas. (ABANTO, 1997)

I. Consistencia:

Está definida por el grado de humedecimiento de la mezcla, depende principalmente de la cantidad de agua usada. (ABANTO, 1997)

Ensayo de consistencia del Concreto Llamado también de revenimiento o “slump test”, es utilizado para caracterizar el comportamiento del concreto fresco. (ABANTO, 1997)

J. Nanotubos de Carbono:

Consisten en capas de grafito apiladas una encima de otra para formar cilindros con un diámetro exterior de 0,4 a 5 nm. (NIKOLAEV, y otros, 1997)

K. Resistencia:

Es la capacidad de fuerza y carga, que es mejor en compresión que en tracción, debido a las propiedades adhesivas del mortero de cemento. (PASQUEL, 1998)

L. Trabajabilidad:

Muestra que el concreto recién mezclado es fácil de mezclar, colocar, reforzar y terminar con poca pérdida de homogeneidad. Las medidas se realizan mediante el slump de asentamiento se toman en el Cono de Abrams (ASTM C143/C143M)

CAPITULO III: HIPÓTESIS

3.1 HIPÓTESIS GENERAL

El uso de Nanotubos de Carbono influye directamente para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia del concreto $f^c=280 \text{ kg/cm}^2$ en la Región Junín

3.2 HIPÓTESIS ESPECIFICAS

1. El uso de Nanotubos de Carbono influye directamente en la trabajabilidad en la resistencia del concreto $f^c=280 \text{ kg/cm}^2$ en la Región Junín.
2. El uso de Nanotubos de Carbono influye directamente en el contenido de aire en la resistencia del concreto $f^c=280 \text{ kg/cm}^2$ en la Región Junín.
3. El uso de Nanotubos de Carbono influye directamente en la resistencia a la compresión del concreto $f^c=280 \text{ kg/cm}^2$ en la Región Junín.

3.3 VARIABLES

3.3.1 Nanotubos de Carbono

Definición Conceptual: La estructura de CNT consiste en una hoja cilíndrica enrollada de grafito (llamado grafeno), enrollada en un cilindro sin costura con un diámetro del orden de un nanómetro. El CNT, como miembro relativamente nuevo en los alótopos del carbono, se entiende como un material entre los fullerenos y el grafito. (AQEL, y otros, 2012)

Definición Operacional: Se operacionaliza mediante su dimensión que es el porcentaje con relación al peso del cemento.

3.3.2 Congelamiento y deshielo

Definición Conceptual: En el concreto, el agua contenida en los poros capilares del concreto se congela como factor de deterioro que se produce en climas fríos. En general, este fenómeno se caracteriza por inducir tensiones internas en el concreto, que pueden conducir a la fisuración repetida y el consiguiente colapso. (PASQUEL, 1998)

Definición Operacional: Se operacionaliza mediante sus dimensiones de: Trabajabilidad, el contenido de Aire y la Resistencia a la compresión.

3.3.3 Operacionalización de las variables

Tabla 3.1 Operacionalización de las Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
V.I.: Nanotubo de Carbono	La estructura CNT consiste en una lámina cilíndrica de grafito (llamada grafeno) enrollada formando un cilindro sin costuras de aproximadamente 1 nanómetro de diámetro. El CNT, como miembro relativamente nuevo en los alótropos del carbono, se entiende como un material entre los fullerenos y el grafito	Se operacionaliza mediante su dimensión que es el porcentaje con relación al peso del cemento.	D1: % de Nanotubos de Carbono	I1: 0.5% I2: 1.2%	Ficha recopilación de Datos Ficha recopilación de Datos	Intervalo
V.D.: Ciclos de Congelamiento y Deshielo	En el concreto, el agua contenida en los poros capilares del concreto se congela como factor de deterioro que se produce en climas fríos. En general, este fenómeno se caracteriza por inducir tensiones internas en el concreto, que pueden conducir a la fisuración repetida y el consiguiente colapso.	Se operacionaliza mediante sus dimensiones de: Trabajabilidad, el contenido de Aire y la Resistencia a la compresión	D1: Trabajabilidad D2: Incorporación de Aire D3: Resistencia a la Compresión	I1: Propiedad del concreto en estado Fresco I2: Propiedad del concreto en estado Fresco I3: 7 días I2: 14 días I3: 28 días	Ficha recopilación de Datos Ficha recopilación de Datos Ficha recopilación de Datos	Intervalo

CAPITULO IV: METODOLOGÍA

4.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN: CIENTÍFICO

Los métodos de investigación según (BEHAR, 2008)“La palabra método, proviene de las raíces meth significa meta y, dos significa vía; por tanto, el método es una forma de conseguir un fin, el fin de toda ciencia es adquirir conocimientos, y elegir un método adecuado que nos permita ver la realidad es fundamental.”.

Método General

El método general se utilizó el **método científico**; (BONILLA, y otros, 2000), el método científico se entiende como un conjunto de supuestos, reglas y normas para estudiar y resolver problemas de investigación, institucionalizados por la llamada comunidad científica reconocida.

Método Específico

Antes de describir los métodos utilizados en este estudio, aclaramos previamente que el enfoque utilizado fue cuantitativo. Se utilizaron **enfoque cuantitativo**, para los procedimientos de recopilación y análisis de información.

Como método de investigación se usó el método **inductivo - deductivo** contribuyen a la resolución de problemas porque pueden sugerir posibles soluciones a los problemas planteados.

Según (BERNAL, 2010), este método de razonamiento se basa en la lógica y el estudio de los hechos individuales, pero en un sentido es deductivo (de lo general a lo particular) y en el sentido opuesto es inductivo (de lo particular a lo general).

(ALAN, y otros, 2017), señala que el método inductivo se basa en razonamientos que parten de aspectos específicos y construyen juicios y argumentos generales. Las teorías y leyes científicas se formulan mediante este método. Los

métodos inductivos crean, organizan y categorizan observaciones para sacar conclusiones de escala universal a partir de la acumulación de determinados datos.

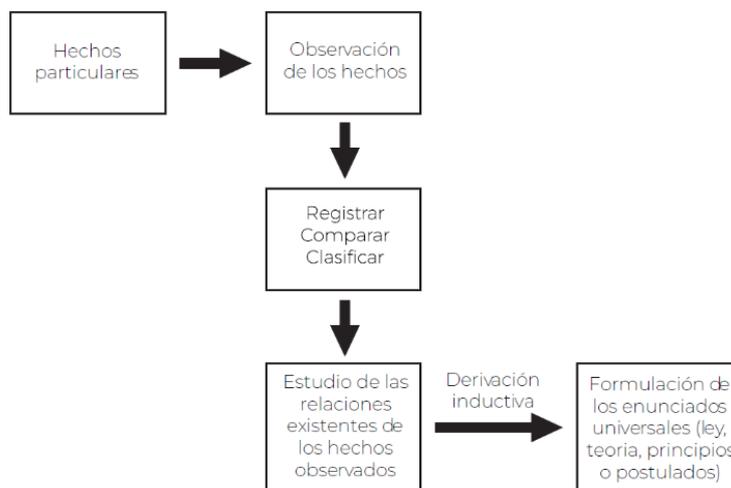


Figura 4.1 Método Inductivo.

Señalan que el método deductivo se basa en razonamientos que nos permiten formular juicios basados en argumentos generales con el fin de revelar, comprender y explicar aspectos específicos de la realidad.



Figura 4.2 Método Deductivo.

Como pueden ver, tanto el método inductivo como el deductivo son técnicas de razonamiento lógico, la inducción utiliza premisas específicas para llegar a una conclusión general y la deducción utiliza principios generales para llegar a una conclusión específica. Estos se basan en los precedentes de estudios anteriores y, a través de conclusiones lógicas, pueden determinar las condiciones básicas que determinan la falta de control de la investigación. Como en el párrafo anterior, podemos suponer que sí “Un método no tiene como función básica garantizar la verdad, sino ser utilizado de manera creativa y adaptada a cada situación, por lo tanto, existe una diversidad de técnicas y estrategias que utiliza.

4.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN: APLICADA

El tipo de investigación que se utilizó es la **investigación tecnológica y/o aplicada**. La investigación tecnológica en ingeniería exhibe una serie de características que los conectan naturalmente con la innovación tecnológica. Sugiere que el ejemplo de financiar proyectos de investigación iniciales y evaluar la investigación tecnológica se pueda utilizar como herramienta para fomentar la innovación.

Como indica (Bello, 2015), al mencionar que “La investigación técnica tiene como objetivo resolver problemas y situaciones en las que el conocimiento científico está integrado por los requerimientos de la tecnología. Por tanto, su propósito no es descubrir nuevas leyes o coincidencias, sino reconstruir procesos a partir de descubrimientos ya realizados”.

(BAENA, 2017) nos menciona que la investigación aplicada es el estudio de los problemas para poder actuar. La investigación aplicada puede proporcionar nuevos hechos. El nuevo conocimiento puede ser útil y valioso para la teoría si la investigación aplicada se diseña lo suficiente como para confiar en los hechos descubiertos.

4.3 NIVEL DE INVESTIGACIÓN: DESCRIPTIVO CORRELACIONAL

Dependiendo de la complejidad de la investigación que se esté realizando y de los objetivos planificados, la investigación tendrá un nivel de correlación descriptivo. nivel de descripción. Se describe una situación o evento (cómo es el fenómeno en estudio, cómo se manifiesta) y se miden con precisión diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno en estudio y se evalúan. En este caso, al igual que ocurre con los sistemas de control interno, se puede determinar si existen estándares de seguridad para la prevención y el seguimiento.

Al respecto, los autores (Cortez & Iglesias, 2004) mencionan que El propósito de la investigación descriptiva es identificar características, características y perfiles importantes de individuos, grupos, poblaciones, comunidades u otros fenómenos que sean objeto de análisis. El énfasis está en describir situaciones, eventos y hechos y recopilar datos sobre una variedad de temas y mediciones. Este tipo de investigación intenta describir e interpretar en profundidad lo que está sucediendo en un momento determinado.

En este nivel, se intenta dar al lector la sensación de estar mirando una fotografía de un objeto o fenómeno particular en la realidad, y se intenta caracterizar

los rasgos importantes de cada fenómeno analizado. Nivel Correlacional, puesto que (VERA, 2021) nos indica que en investigación científica significa entender por qué ocurre un fenómeno, pero representa un resultado, más no corresponde al punto de partida de la investigación correlacional, dicho punto de partida está en la suma de niveles, si es el caso, la investigación debe primero reconocer el fenómeno, que en este caso consta de dos variables, que comparamos más adelante, luego pasar al paso de descripción de variable para obtener una perspectiva. consecuencias y acciones, introduciendo aquí la parte clave de la correlación, que estima el efecto que una variable puede tener sobre otra.

4.4 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: PRE EXPERIMENTAL

El diseño de investigación se realiza previo al experimento de acuerdo con sus objetivos, ya que el diseño preexperimental, posee un control mínimo de variables.

(VERA, 2021), nos menciona que el estudio la experimentación no es total, como indica su nombre es aproximada a la totalidad, posee características esenciales de la experimentación científica, la cual no está sujeta a todas, pero en concordancia con ello se puede planear de diferentes formas.

Los grupos mencionados son: "Un grupo experimental que recibe un estímulo o tratamiento. El grupo de control sirve sólo como comparación porque no recibe ningún tratamiento" (ALAN, y otros, 2017).

Este estudio demuestra un diseño pre-experimental debido a que se ha manipulado las variables en condiciones controladas para determinar el comportamiento de la trabajabilidad, contenido de aire y la resistencia a la compresión con la adición de porcentaje de NTC.

Por lo que la fórmula de diseño de la investigación se representó de la siguiente manera:

$$O_1 - (X_1) - O_2$$

$$O_1 - (X_2) - O_2$$

Nomenclatura de la fórmula:

O_1 : Concreto patrón $f^c = 280 \text{ kg/cm}^2$

O_2 : concreto patrón con adición de NTC.

X_1 : Adición del 0.5% de NTC.

X_2 : Adición del 1.2% de NTC.

4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA

2.2.1. Población

(ALAN, y otros, 2017) Indica que la población o universo incluye la totalidad de sujetos u objetos que se estudian. La selección se basa en ciertas características que le ayudan a obtener información relevante para investigar el problema.

Nuestra población estuvo conformada por los ensayos de trabajabilidad, contenido de aire y resistencia a la compresión. La cantidad de muestras en trabajabilidad fueron de 3 por dosificación en su estado fresco, siendo 9 en total; en contenido de aire fueron de 3 por dosificación en su estado fresco, haciendo un total de 9; y de compresión 5 probetas por cada edad de ensayo del concreto patrón y sus porcentajes de nanotubos de carbono adicionado, dando como resultado un total de 45 muestras.

Tabla 4.1 Medición

	Ensayo de trabajabilidad (Slump)
Concreto Patrón	3
NTC 0.5%	3
NTC 1.2%	3
CANTIDAD TOTAL	9

Tabla 4.2 Medición

	Ensayo de Contenido de Aire
Concreto Patrón	3
NTC 0.5%	3
NTC 1.2%	3
CANTIDAD TOTAL	9

Tabla 4.3 Muestra, para el desarrollo de la resistencia a la compresión

TIPO DE MUESTRA	7 días	14 días	28 días	N° DE PROBETAS
	C.C.A.	C.C.A.	C.C.A.	
Concreto Patrón	5	5	5	15
NTC 0.5%	5	5	5	15
NTC 1.2%	5	5	5	15
CANTIDAD TOTAL				45

2.2.2. Muestra

(ALAN, y otros, 2017) Esto indica que es un subgrupo que representa casos o elementos de la población. Basado en requisitos especificados (sobre la base de estos argumentos), la selección se realiza de forma intencionada o en base a criterios a criterio del investigador. Así Cortés (2004) menciona que: “En el muestreo intencional se selecciona un conjunto de criterios que se consideran necesarios o muy adecuados para obtener las unidades de análisis que mayor beneficio tienen para los objetivos que se persiguen en el estudio”.

En el presente trabajo de investigación se tuvo 9 muestra se trabajabilidad; 9 muestras de contenido de aire y 45 muestras en compresión.

Tabla 4.4 Muestra

	Ensayo de trabajabilidad (Slump)
Trabajabilidad	9
Contenido de Aire	9
Resistencia a la compresión	45
CANTIDAD TOTAL	63

4.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

2.2.3. Técnicas de Recolección de Datos

Observación Directa:

Es uno de las técnicas primordiales, Con el fin de recopilar datos de los laboratorios en el momento en que se realizó cada prueba.

Según Vengaría, M. y Valdés la observación es “El proceso de recopilación de información con fines de investigación. El acto de mirar algo inalterado con la intención de interpretarlo y sacar conclusiones de ello.”.

Según (ALAN, y otros, 2017) Se caracteriza por el contacto directo con el objeto o fenómeno objeto de estudio por parte del investigador. El observador ve el comportamiento del fenómeno con sus propios ojos sin necesidad de que otros le informen sobre ello, por lo que el investigador orienta y orienta el proceso de observación.

2.2.4. Instrumentos de Recolección de Datos

Para la revisión documental

Las hojas de revisión de documentos fueron utilizadas y validadas por expertos analíticos y de diseño en esta investigación da uso de la ASTM.

Para la Observación

Se usó las Fichas Técnicas de observación el cual fue validado por expertos en el análisis y diseño de mezcla, se adjunta en esta presente investigación.

Confiabilidad del Instrumento

Nos menciona (HERNANDEZ, y otros, 1996) que la confiabilidad del instrumento se refiere a la medida en que la aplicación repetida al mismo objeto o sujetos produce los mismos resultados

Para determinar la confiabilidad del instrumento en la hipótesis análisis de la Varianza (ANOVA), siglas para análisis de Variación (ANalysis Of VAriance), ANOVA es una técnica estadística de contraste de hipótesis, que sirve para decidir/determinar si las diferencias que existen entre las medias de tres o más grupos (niveles de clasificación) son estadísticamente significativas, Con estas técnicas se manejan simultáneamente más de dos variables, y la dificultad del aparato matemático se incrementa proporcionalmente con el número de variables involucrados.

La prueba de Tukey, que lleva el nombre de Jhon W. Tukey, es una prueba estadística de uso común y, en combinación con ANOVA, la prueba de Tukey se usa en experimentos que involucran una gran cantidad de comparaciones. En esta prueba se determina la diferencia entre las medias muestrales y se compara con la denominada "Diferencia honestamente significativa".

Validez de los Instrumentos

La eficacia del dispositivo se realizó a juicio de expertos, y tanto las pruebas piloto como las finales se realizaron de forma independiente. Ellos tienen la autoridad científica para decidir si el contenido del medio es completo o, por el contrario, si se necesita profundizar, identificar o profundizar en un tema en particular.

4.7 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

El análisis se define como el proceso de pensamiento de examinar algo de manera sistemática y metódica para determinar sus partes, las relaciones entre las partes y su relación con el todo. Por lo tanto, en este estudio, comenzamos con los patrones en los datos, tal como menciona (NIÑO ROJAS, 2011) el análisis y recopilación de datos "Comprender y desarrollar conceptos basados en patrones de datos, no recopilar datos para evaluar hipótesis o teorías preconcebidas."

Asimismo, (NIÑO ROJAS, 2011) Señala tres aspectos que deben considerarse al desarrollar una investigación cualitativa (recopilación y análisis de información):

- 1) Identificar estructuras de significado y perspectivas.
- 2) Prestar atención a los eventos que ocurren en diferentes niveles para identificar posibles relaciones de impacto.
- 3) Reunir redundancias para poder determinar personalidades típicas o atípicas con relación al contexto.

El análisis de datos utilizó modelos gráficos y numéricos para estadísticas descriptivas y modelos de regresión para estadísticas inferenciales para obtener los resultados del uso de NTC en las propiedades del concreto.

2.2.5. Técnicas de Procesamiento:

Para obtener la información de esta investigación se recurrió a las siguientes normativas del ASTM.

A. Normativas para Ensayos de las Propiedades Físicas de los agregados:

ASTM C136/C136M-19: Análisis granulométrico de los agregados.

ASTM C29/ C29-17^a: Peso unitario suelto y varillado del agregado.

ASTM C 566-19: Contenido de humedad.

ASTM C127-15: Informe gravedad específica del agregado grueso.

ASTM C128-15: Informe gravedad específica del agregado fino.

B. Normativas para Ensayos del Concreto Fresco:

ASTM C143/C143M-15^a: Ensayo de asentamiento de concreto.

ASTM C1064/C1064M-17: Ensayo de temperatura mezcla fresca de concreto.

ASTM C138/C138M-17^a: Ensayo de peso unitario del concreto fresco.

ASTM C231/C231M-17^a: Ensayo de contenido de aire concreto fresco.

C. Normativas para Ensayos del Concreto Endurecido:

ASTM C39/C39M-21: Informe resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto

2.2.6. Análisis de Datos:

Para realizar el análisis con los datos recolectados se aplicó y utilizó lo siguiente:

Microsoft Excel: Se exporta una tabla de pruebas realizadas en el laboratorio, se obtiene las estadísticas de resultados y datos; y se aplicó la estadística de ANOVA y TUKEY, para varios tipos de muestras.

Microsoft Word: Redacción de la información detallada del procedimiento, recopilación de información de artículos, descripción prueba de los ensayos, plasmamos la obtención de datos y resultados de laboratorio, e interpretamos los resultados.

4.8 ASPECTOS ÉTICOS DE LA INVESTIGACIÓN

Para la realización de esta investigación se ha considerado el debido proceso conforme a los principios éticos y la iniciación y terminación del procedimiento de acuerdo con el Reglamento de Investigación de la Universidad Peruana de Los Andes. En el art. 38 indican que, si en la elaboración de tesis se incurre en plagio u otro hecho de gravedad se someterá al interesado a procesos administrativos, (UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES, 2019)

Los registros, información y datos utilizados en el trabajo de investigación serán confiables. Considerando que, para evitar cometer delitos éticos como plagio, falsificación de datos, no citar fuentes bibliográficas, etc. desde la Presentación del Proyecto al Apoyo a la Investigación, se está teniendo en cuenta fundamentalmente. Someto el contenido del proyecto a las pruebas de validación correspondientes. Se tendrá cuidado para garantizar que cada participante haya dado su consentimiento informado antes de realizar cualquier investigación para tener en cuenta las consideraciones éticas. Del mismo modo, se velará por que las pruebas realizadas permanezcan en el anonimato y se destruyan una vez finalizado el tratamiento de los datos.

CAPITULO V: RESULTADOS

5.1 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO TECNOLÓGICO

5.1.1. Adquisición del Nanotubo de Carbono

Este Material Nanotecnológico Nanotubos de Carbono, fue empleado en la presente investigación, es un producto importado de la Ciudad de Henan-China.



Figura 5.1 Nanotubos de Carbono-Henan-China.



Figura 5.2 Nanotubos de Carbono de grado de pureza de 95

Tabla 5.1 Propiedades del NTC.

Propiedades	NTC
Diámetro	0,4-5nm
Densidad	1.33 – 1.40 g·cm ³
Fuerza de tensión	45·10 ¹² Pa
Resistencia	Pueden ser doblados en ángulos grandes y volver a su estado normal sin sufrir daño
Transmisión de calor Estabilidad a la temperatura.	CaSO ₄ · 2H ₂ O Estable a >2800°C en vacío y a >750°C en aire.

5.1.2. Propiedades del Cemento

Para la mezcla de concreto del estudio se utilizó cemento Sol Tipo I porque siempre se usa en la construcción en esta región y cumple con las normas.

Tabla 5.2 Propiedades del cemento.

Parámetro	Unidad	Cemento Sol tipo I	Requisitos NTP-334.009/ASTM C-150
Contenido de Aire	%	6.62	Máximo 12
Densidad	g/ml	3.12	No especifica
Resistencia a la Compresión			
Resistencia a la Compresión a los 3 días	kg/cm ²	310	Mínimo 122
Resistencia a la Compresión a los 7 días	kg/cm ²	377	Mínimo 194
Resistencia a la Compresión a los 28 días	kg/cm ²	438	Mínimo 285

5.1.3. Agregados Pétreos

Para los estudios realizados se utilizaron agregados de la cantera de la ciudad de Lima, por ser factible en mi situación.

5.1.3.1. Agregado fino

El agregado fino utilizado en la investigación se obtuvo de la Cantera San Pedrito se realizaron caracterizaciones físico-mecánicas del agregado evaluada y utilizada en la investigación según la Normativa. (ASTM C33/C33M-18)

A. Granulometría

Se realizó el ensayo bajo la norma (ASTM C136/C136M-19). Para ello, se clasifica por granulometría del agregado fino se utilizó los tamices calibrados Este ensayo realizado tiene como finalidad determinar el tamaño de las partículas de agregado fino para una muestra de peso conocido, además de que para que el agregado cumpla con el módulo de finura debe haber sido mayor a 2.3.

Procedimiento:

1. Se tomo de la muestra una cierta cantidad, para realizar los ensayos del agregado fino, teniendo una muestra separada, se realiza a extender, y luego se empieza a cuartear (dividirlo en con una barra en forma de cruz).



Figura 5.3 Cuarteo del agregado fino.

2. Ordena los tamices de mayor abertura de la malla a menor según sus dimensiones de apertura con la ayuda de un pincel. N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100.
3. Vaciar la muestra de agregado fino sobre los tamices, el agregado procede a pasar por cada una de las mallas, y fue colocado en la tamizadora industrial.



Figura 5.4 Vaciano el agregado a los tamices.

4. Se espera que zarandee por un tiempo de 1 minuto, la cual realiza el pase por las aberturas de la malla, siendo retenido o pasa la malla.
5. Luego se procede a pesar el contenido de agregado en cada uno de los tamices zarandeado, la cual se registra los datos de esta prueba.



Figura 5.5 Pesando el agregado fino en cada malla.

Con base a la granulometría, se obtuvieron los siguientes resultados del análisis de agregados finos, los cuales deben estar de acuerdo con ASTM (ASTM C33/C33M-18), la cual podemos ver los resultados del análisis de agregado fino en la siguiente tabla y figura.

Tabla 5.3 Resultado granulométrico del Agregado Fino.

AGREGADO FINO - ARENA GRUESA ASTM C 33/C33M-18							
Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Peso Retenido Acumulado (%)	% Pasa Acumulado	ASTM "Lim Sup"	ASTM "Lim Inf"
4"	101.60	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
3 1/2"	88.90	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
2"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
1"	25.40	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/4"	19.05	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
1/2"	12.70	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
3/8"	9.53	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
#4	4.75	34.1	3.4	3.4	96.6	95	100
#8	2.36	107.0	10.6	14.0	86.0	80	100
#16	1.18	199.7	19.8	33.9	66.1	50	85
#30	0.59	233.0	23.1	57.0	43.0	25	60
#50	0.30	287.5	28.6	85.6	14.4	5	30
#100	0.15	102.9	10.2	95.8	4.2	0	10
Fondo		42.40	4.2	100.0	0.00	0	0
		1006.6					

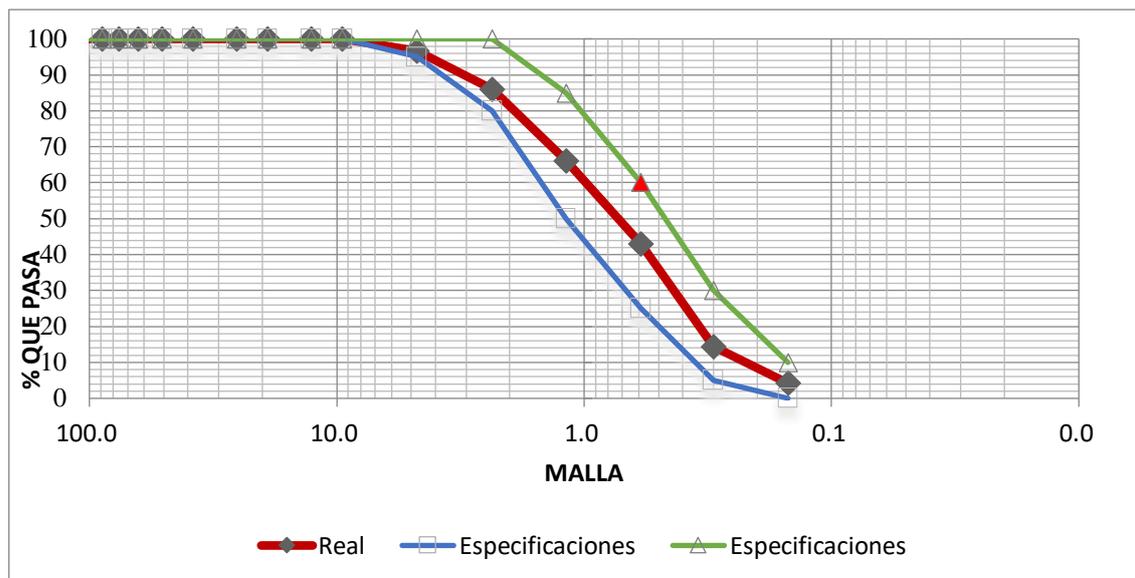


Figura 5.6 Curva granulométrica Agregado fino.

Interpretación: de la figura 5.6, muestra que la curva cumple con la normativa (ASTM C136/C136M-19), y se encuentra dentro de los límites superior e inferior.

B. Módulo de fineza (ASTM C33/C33M-18) (NTP 400.011)

Suma el porcentaje retenido en los tamices 3/8", N° 4, 8, 16, 30, 50, 100 y divide entre 100.

$$\text{Mod. de fineza} = \frac{\sum \text{Peso Retenido Acum}(3/8", \text{N}^\circ 4, 8, 16, 30, 50, 100)}{100}$$

$$\text{Mod. de fineza} = 2.90$$

De igual forma, la norma (ASTM C33/C33M-18) indican que el factor de finura del agregado fino debe cumplir con las especificaciones 2.30 y 3.10, siendo mayores cantidades aumentan la gradación.

En conclusión, las arenas en el rango 2.2 y 2.8 producen concreto con buena trabajabilidad y baja segregación. Los valores entre 2,8 y 3,1 son los mejores para hormigón de alta resistencia (Abanto, 1994).

$$2.3 < \text{Modulo de fineza} < 3.1$$

$$2.3 < 2.9 < 3.1$$

C. Contenido de humedad (ASTM C566-19)

La proporción de agua contenida en un elemento en su estado natural está determinada por el peso (porcentaje) de la muestra seca. Esta es una propiedad importante porque cambia la relación agua-cemento en el diseño

de la mezcla y puede contribuir a la resistencia y otras propiedades del concreto.

$$\textit{Contenido de humedad} = \frac{(\textit{Peso Húmedo} - \textit{Peso Seco})}{\textit{Peso Seco}} \times 100$$

Procedimiento:

1. Tomamos una porción de agregado fino natural, la cual lo pesamos, y esta es nuestro dato de Peso Húmedo.
2. Lavar el agregado fino con malla #200, se pueden utilizar recipientes adicionales para determinar la cantidad de arena fina, para no perder el material para el ensayo correspondiente, se realiza el lavado reiterada veces, hasta que el agua quede aproximadamente cristalina, teniendo cuidado en la pérdida del material mediante el proceso.
3. Colocamos la muestra en una bandeja y se lleva al horno para que proceda a secarse la muestra utilizada por un tiempo de 24 horas.
4. Se retira la muestra secada en el horno y tomamos la información del peso del material secado en horno.
5. Sustituya los datos en la expresión anterior para obtener el resultado.

$$\textit{Contenido de humedad} = \frac{(\textit{Peso Húmedo} - \textit{Peso Seco})}{\textit{Peso Seco}} \times 100$$

$$\textit{Contenido de humedad} = \frac{(1925.2 - 1886.0)}{1886.0} \times 100 = 2.1$$

D. Peso Específico y Absorción (ASTM C128-15)

Determina el método de ensayo para hallar, la muestra de partículas debe remojar en agua durante 24 horas.

- **Peso específico(densidad):** La gravedad específica los valores agregados proporcionan información sobre la calidad del material. Esto es para ilustrar que los valores más altos son el factor óptimo que los valores más bajos, que a menudo son agregados más absorbentes y débiles.
- **Peso específico de la masa seca:** Una relación masa-temperatura constante de aire por unidad de volumen de material incluye las cavidades absorbentes y permeables que tiene el material para una masa de aire de la misma densidad que el agua desgasificada purificada.

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

Donde:

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

V : Volumen del frasco (cm³).

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

- **Peso específico de la masa saturado superficialmente seco:** Se da como la relación de la masa en el aire a una temperatura constante volumen unitario de material permeable (incluidos los huecos de H₂O completamente absorbidos o los poros permeables que contienen el elemento), Basado en la masa en el aire de igual densidad de un volumen igual de agua purificada sin gas.

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

Donde:

V : Volumen del frasco(cm³).

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

- **Peso específico aparente:** Se define como la relación masa de aire de una unidad de volumen de una sustancia a temperatura constante Una masa de aire con la misma densidad que el volumen de agua purificada, si la sustancia es sólida, su volumen no absorbe agua.

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

Donde:

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

V : Volumen del frasco (cm³).

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

- **Absorción:** La absorción es la proporción de agua que un material agregado varían desde secos hasta superficialmente saturados con respecto a la materia seca y se expresan como porcentaje.

$$\% \text{Absorción} = \frac{(500 - W_o)}{W_o} \times 100$$

Donde:

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

Preparación de la muestra:

1. Colocar la muestra (aproximadamente 500g) en la balanza.
2. La muestra se seca a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas, y el peso del material se mide dos veces consecutivas durante 1 hora, y la variación de los resultados no deben variar a más de 0.1
3. El material se coloca en un recipiente hondo, inmediatamente se agrega agua a toda la muestra sobrepasando y luego se deja durante 24 horas a reposar.
4. Se cambio a una bandeja la muestra y se extiende, Calentar hasta que los áridos finos ya no se peguen entre sí.



Figura 5.7 Material llevado al horno por 24 horas.

El agregado fino se vierte suelto en un molde cónico, compactarlo golpeando la parte superior 25 veces con un pisón y luego se retira el molde verticalmente. Debido a que el material aún está húmedo, el cono de agregado fino conserva su forma. Cuando retiramos el cono vemos que el árido fino ha llegado a un estado de saturación seco, y se comprueba que es libre de agua.

Procedimiento:

1. Se colocó 85.5 g de la muestra preparada (WSSS) en el del picnómetro, luego se adicionó el agua hasta alcanzar la línea de 500 cm³ y la temperatura fue de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.
2. A continuación, agite ligeramente el frasco de vidrio por un lapso de 15 a 20 minutos, para retirar los globos de aire, luego colocó posteriormente en un baño a una temperatura estable de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.



Figura 5.8 Agitamos el picnómetro.

3. Después de aprox. 60 segundos, se agregó agua hasta 500 cm³ y se verificó el peso total de agua colocada en el matraz con una precisión de 0,1 g.
4. El agregado fino se retiró del matraz a una temperatura constante de 100°C a 110°C, se dejó enfriar a una temperatura normal y se procedió a secar por 1 hora y finalmente se pesó el material seco.

Tabla 5.4 Resultado del Peso Específico y Absorción.

N°	Reporte	Unidades	
1	Peso específico de la masa	g/cc	2.622
2	Peso específico saturado superficie seca S.S.S.	g/cc	2.670
3	Peso específico aparente	g/cc	2.752
4	Porcentaje de absorción	%	1.8

E. Peso Unitario (ASTM C29/ C29-17a)

El peso unitario es el producto del peso del material seco por el inverso del volumen del contenedor, expresado en kg/m³.

Existen 2 tipos de pesos unitarios:

- **Peso Unitario Suelto (P.U.S.):** El peso del material es por unidad de volumen. Puedes cambiar el tamaño de peso a volumen usando pesas.

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

Preparación de la muestra y procedimiento:

1. Se colocó en un molde metálico.
2. Para el peso unitario suelto, el molde se llenó de agregado con la ayuda de una cuchara de acero de forma de caída libre sin que choque con el

molde permitiendo que el árido fino se asiente hasta rebosar, el exceso de material se enrazó con la ayuda de una varilla.

Se tiene la siguiente información:

Volumen del molde - A.F.: 0.00283 m³

Peso del molde - A.F.: 1.64 kg

Peso específico seco A.F.: 2621 Kg/cm³

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

$$P.U.S. = \frac{4.47 \text{ Kg}}{0.00283 \text{ m}^3} = 1580 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Tabla 5.5 Resultado del Peso Unitario Suelto.

N°	CONDICIÓN SUELTA		
	Peso muestra + molde (kg)	Peso de la muestra(kg)	Peso Unitario (kg/cm3)
1	6.11	4.47	1580
2	6.11	4.47	1578
	Promedio		1579
	PESO UNITARIO SUELTO kg/m3		1579
	VACIOS %		39.6

- **Peso Unitario Compactado: (P.U.C.):** Se conoce el peso del material por unidad de volumen. Cuando los elementos están en su estado natural, este experimento puede dar una buena idea del grado de apisonamiento que tienen.

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

El peso unitario cambia según el tamaño y la apariencia del agregado, la relación entre el tamaño consolidado y la ubicación del contenedor. Coloqué la muestra a un tercio del interior del molde, luego corté la masa con un palo de 5/8 de pulgada y golpeé la superficie uniformemente 25 veces.

Al llenar dos tercios del área, sigue el mismo procedimiento y compacta golpeándola 25 veces con una varilla, luego coloca la parte restante hasta que rebose, golpéala 25 veces para compactarla y utiliza la varilla para quitar el exceso. material, se arranca y luego se mide el peso neto del árido en el contenedor



Figura 5.9 Pesamos el material más el molde.

Se tiene la siguiente información:

Volumen del molde – A.: 0.00283 m³

Peso del molde - A.F.: 1.64 kg

Peso específico seco A.F.: 2621 Kg/cm³

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

$$P. U. C. = \frac{4.88 \text{ Kg}}{0.00283 \text{ m}^3} = 1725 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Tabla 5.6 Resultado del Peso Unitario Compactado.

N°	CONDICIÓN COMPACTADA		
	Peso muestra + molde (kg)	Peso de la muestra (kg)	Peso Unitario(kg/cm ³)
1	6.52	4.88	1725
2	6.55	4.91	1733
	Promedio		1729
	PESO UNITARIO COMPAC kg/m ³		1729
	VACÍOS%		33.8

5.1.3.2. Agregado Grueso

Se extrajo el agregado de la cantera La Gloria.

A. Granulometría (ASTM C136/C136M-19)

La granulación de agregados es importante en la trabajabilidad durante la colocación y acabado del concreto, ya que afecta la cantidad y segregación de agua y cemento. Estos componentes determinan las propiedades del concreto cuando está fresco, pero también afectan la resistencia y la durabilidad.

Procedimiento:

1. Se tomó una muestra por cuarteo.
2. Las mallas deben limpiarse con un cepillo, y luego colocarlos en orden desde el tamaño de malla más grande hasta el tamaño de malla más pequeño.
3. Se finalizó el procedimiento de zarandeo, en el tiempo de 1 minuto.
4. Luego se realizó a pesar el material retenido en cada una de las mallas.
5. Podemos ver los resultados en la siguiente tabla para un mayor análisis y verificación de la toma de datos después de usar la fórmula y obtener los resultados.
6. En base en las mediciones del tamaño de partículas, se obtuvieron resultados del análisis de agregado grueso que deben cumplir con (ASTM C136/C136M-19), lo cual podemos observar en la siguiente tabla y figura.

Tabla 5.7 Resultado granulométrico del Agregado Grueso.

AGREGADO GRUESO HUSO # 56 ASTM C 33/C33M-18							
Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Peso Retenido Acumulado (%)	% Pasa Acumulado	ASTM "Lim Sup"	ASTM "Lim Inf"
4"	101.60	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
3 1/2"	88.90	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
2"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
2 1/2"	63.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
1"	25.40	354.1	3.2	3.2	96.8	90	100
3/4"	19.05	3048.6	27.6	30.8	69.2	40	85
1/2"	12.70	3936.2	35.7	66.5	33.5	10	40
3/8"	9.53	2292.2	20.8	87.3	12.7	0	15
#4	4.75	1270.9	11.5	98.8	1.2	0	5
#8	2.36	65.7	0.6	99.4	0.6	0	0
#16	1.18	34.2	0.3	99.7	0.3	0	0
#30	0.59	16.4	0.1	99.8	0.2	0	0
#50	0.30	10.1	0.1	99.9	0.1	0	0
#100	0.15	5.0	0.0	100.0	0.0	0	0
Fondo		2.00	0.0	100.0	0.00	0	0

Tabla 5.9 Resultado del Tamaño Máximo Nominal.

1 1/2"	38.10	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
1"	25.40	354.1	3.2	3.2	96.8	90	100

Tamaño máximo nominal	1"	Pulgada
-----------------------	----	---------

D. Módulo de fineza (MF)

El módulo de fineza del agregado grueso, la cantidad de arena utilizada en el ensayo viene determinada en la suma del porcentaje retenido en cada malla.: 3 1/2", 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 finura se utiliza para determinar el tamaño promedio general del Tamiz en el cual ha sido retenido.

$$MF = \frac{\sum \text{Peso Rete Acum}(3 \frac{1}{2} ", 1 \frac{1}{2} ", 3/4", 3/8", N^{\circ} 4, 8, 16, 30, 50, 100)}{100}$$

$$\text{Mod. de fineza} = 7.16$$

Tabla 5.10 Resultado del Módulo de Fineza.

Módulo de fineza	7.16
------------------	------

E. Contenido de humedad (ASTM C566-19)

El porcentaje de agua en estado natural viene determinado por el peso porcentual de la muestra seca. Esta es una propiedad importante que cambia la relación agua-cemento en el diseño de la mezcla y contribuye a la resistencia y otras propiedades del concreto.

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}} \times 100$$

Procedimiento:

1. Se tomó porción de agregado grueso, se pesó.
2. Se realizó el lavado del agregado, reiteradas veces, hasta que el agua quede aproximadamente cristalina.



Figura 5.11 Lavado del agregado grueso.

3. Se colocaron en el horno para que proceda a secar la muestra utilizada por 24 horas.
4. Pesar la pieza de material secada en el horno



Figura 5.12 Peso de la muestra seca.

5. Reemplazamos los datos en la ecuación y se obtuvo los resultados.

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{(\text{Peso Húmedo} - \text{Peso Seco})}{\text{Peso Seco}} \times 100$$

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{(4804.5 - 4775.8)}{4775.8} \times 100 = 0.6$$

Tabla 5.11 Resultado del Contenido de humedad.

Descripción	Unidades	Datos
Peso del suelo húmedo	g	4804.5
Peso del suelo seco	g	4775.8
Peso de agua		28.7
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.6

F. Peso Específico y Absorción (ASTM C127-15)

Define el método de prueba para obtener la gravedad específica (densidad). Gravedad específica de la superficie seca saturada, gravedad específica aparente y absorbancia después de remojar el agregado grueso durante 24 horas.

Las muestras de partículas deben remojar en agua durante 24 horas

- **Peso específico:** El peso específico del agregado muestra la calidad de material, porque explica que los valores más altos pertenecen a los elementos con un desempeño óptimo frente a valores bajos que suelen ser más absorbentes y débiles.
- **Peso específico de la masa seca:** La relación de temperatura constante entre la masa de aire de una unidad de material, que consta de las cavidades absorbentes y conductoras naturales del material, y la masa de aire de un volumen igual de agua purificada y desgasificada.

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

Donde:

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

V: Volumen del frasco (cm³).

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

- **Peso específico de la masa saturado superficialmente seco:** Se da como la relación de la masa en el aire a una temperatura constante de una unidad de volumen del material permeable, incluidos los vacíos de absorción o los poros permeables, que está completamente saturado con H₂O, que contiene el elemento, con base en la masa en

el aire de igual densidad de un volumen igual de agua purificada sin gas.

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

Donde:

V: Volumen del frasco (cm³).

- **Peso específico aparente:** Define como la relación entre la masa de aire por unidad de material a temperatura constante y la masa de aire de densidad igual al volumen de agua purificada en estado sólido del material, de modo que el volumen de la pieza es no absorbido agua.

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

Donde:

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

V: Volumen del frasco (cm³).

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

- **Absorción:** La absorción es la proporción de agua retenida por una sustancia añadida desde la superficie seca hasta la superficie seca en relación con la sustancia seca, expresada como porcentaje.

$$\% \text{Absorción} = \frac{(W_{SSS} - W_o)}{W_o} \times 100$$

Donde:

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

W_{SSS}: Peso de la muestra saturada superficialmente seca(g).

Preparación de la muestra:

1. Se tomó una cantidad de la muestra y se dividió en 4 partes, luego se eligió ¼ de la muestra que tenga como peso aprox. de 2kg, finalmente se eliminó el material que pasó por el tamiz N° 4.

2. Se lavó la muestra seleccionada, eliminar el polvo y las pequeñas partículas que pasaron a través de la malla N°4 y luego se colocó el material en un recipiente con agua y se dejó durante 24 horas \pm 4 horas.
3. Después de un tiempo sumergido se retiró la muestra y se procedió a secar con ayuda de una franela absorbente, de manera que se mantenga libre de agua superficialmente. Inmediatamente se pesó el material ya que este se evapora el agua de la superficie lo cual causara un dato no valido en el ensayo.
4. Luego se toma la muestra (W_{SSS}), se coloca en una canasta, se sumerge en agua y se pesa usando una balanza hidrostática.
5. Luego se colocaron las muestras en un horno a una temperatura de 100°C a 110°C durante un tiempo 24 horas. Pasado este tiempo, se midió el peso para determinar el peso del material seco.



Figura 5.13 Secado de la muestra con una franela.



Figura 5.14 Colocando la muestra en la balanza hidrostática.

Obteniendo la siguiente información del agregado grueso.

Tabla 5.12 Resultado del Peso Específico y Absorción.

N°	Reporte	Unidades	
1	Peso específico de la masa	g/cc	2.622
2	Peso específico saturado superficie seca S.S.S.	g/cc	2.670
3	Peso específico aparente	g/cc	2.752
4	Porcentaje de absorción	%	1.8

G. Peso Unitario (ASTM C138/C138M-17a)

El peso unitario es el producto del peso del material seco por el recíproco del volumen del contenedor, expresado en kg/m³.

El peso unitario cambia en función de las condiciones internas del árido, como la forma, tamaño y granularidad, así como de elementos externos, como la relación entre el tamaño máximo y la forma cilíndrica, rigidez, colocación, etc.

Existen 2 tipos de pesos unitarios:

- **Peso Unitario Suelto (P.U.S.):** Este es el peso del material vaciado naturalmente por unidad de volumen. El peso se utiliza para convertir una cantidad de peso a volumen.

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

La muestra se coloca en el recipiente mediante una ranura para acomodar el material y evitar que choque con el molde. Después del llenado, se elimina el exceso de material alisando la superficie con una varilla de 3/8 de pulgada. Se obtiene el peso neto de la unidad.

1. Se colocó en un molde metálico la muestra del agregado grueso.
2. El recipiente se llenó del agregado grueso, y luego se enrasó con ayuda de la varilla, botando, botando el excedente.

Se tiene la siguiente información:

Volumen del molde - A.G.: 0.00703 m³

Peso del molde - A.G.: 2.42 kg

Peso específico seco A.G.: 2690 Kg/cm³

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

$$P. U. S. = \frac{10.48 \text{ Kg}}{0.00703 \text{ m}^3} = 1491 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Tabla 5.13 Resultado del Peso Unitario Suelto.

N°	CONDICIÓN SUELTA		
	Peso muestra + molde (kg)	Peso de la muestra(kg)	Peso Unitario (kg/cm3)
1	12.90	10.48	1491
2	12.89	10.47	1489
	Promedio		1490
	PESO UNITARIO SUELTO kg/m3		1490
	VACÍOS %		44.4

- **Peso Unitario Compactado (P.U.C.):** Viene a ser el peso del material por unidad de volumen, la cual se procede a compactar.

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

El peso unitario está determinado por el tamaño del agregado y su apariencia, y relación de tamaño de contenedores consolidados/dispuestos.

el peso unitario comprimido, la muestra se aplica en tres capas. Primero, vierta la tercera porción de agregado moldeado y compacte la masa con una varilla de 5/8 de pulgada, golpeándola 25 veces de manera uniforme en toda la superficie, superficial del llenado, y con ayuda de la comba con cabeza de goma se empieza a golpear a los lados del recipiente realizando 12 golpes.

Se realiza el mismo procedimiento para la segunda y tercera capa, apisonando toda la superficie con la varilla 25 veces, seguido de otros 12 golpes. Finalmente, en la tercera etapa se retira el material restante mediante una varilla para nivelar la superficie. Y el peso. Una vez finalizado el proceso se obtiene el peso neto del árido cilíndrico

Se tiene la siguiente información:

Volumen del molde - A.: 0.00703 m3

Peso del molde - A.G.: 2.42 kg

Peso específico seco A.G.: 2690 Kg/cm3

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

$$P. U. C. = \frac{11.79 \text{ Kg}}{0.00703 \text{ m}^3} = 1677 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Tabla 5.14 Resultado del Peso Unitario Compactado.

AGREGADO FINO			
CONDICIÓN COMPACTADA			
Nº	Peso muestra + molde (kg)	Peso de la muestra (kg)	Peso Unitario(kg/cm3)
1	6.52	4.88	1725
2	6.55	4.91	1733
Promedio			1729
PESO UNITARIO COMPAC kg/m3			1729
VACIOS%			33.8

5.1.4. Diseño de mezcla del concreto

El método de diseño será del comité 211.1 del ACI. Para hacer el diseño de una unión se deben decidir las características del evidente a planificar dependiendo del uso que se le vaya a dar.

En este método mixto de diseño, la evaluación de los elementos necesarios para el diseño incluye un conjunto de pasos directos y lógicos que incluyen las propiedades físicas de los materiales estudiados en el laboratorio, como vemos en la siguiente tabla.

Tabla 5.15 Propiedades del agregado.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CEMENTO	AGREGADOS	
			FINO	GRUESO
Tamaño máximo	pulg	--	Nº 4	1"
Peso Específico	gr/cm3	2.352	2.752	2.751
Peso Unitario Suelto	kg/cm3	--	1579	1490
Peso Unitario Compactado	kg/cm3	--	1729	1677
Contenido de Humedad	%	--	2.1	0.6
Absorción	%	--	1.8	0.8
Módulo de Fineza	--	--	2.90	7.16

5.1.4.1. Diseño de Mezcla por el método ACI

Después de haber obtenido las propiedades de los materiales para emplear en la elaboración de concreto, se procedió a realizar el diseño de mezcla por el

método del Comité 211 del ACI. Se diseñó la mezcla para una resistencia a la compresión de $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ y el Slump.

A. Diseño de mezcla para el concreto Patrón

Con respecto para hallar el concreto patrón

Tabla 5.16 Diseño de mezcla método ACI, para el concreto Patrón.

DISEÑO DE MEZCLA					
Diseño de mezcla $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ Cemento tipo I Slump 3 a 4 pulgadas					
Procedencia del cemento		Sol Tipo I			
Procedencia del agua		Potable Lima			
Procedencia del agregado grueso		La Gloria			
Procedencia del agregado fino		San Pedrito			
Asentamiento	Pulgada	4			
Factor cemento	bolsa/m ³	12.1			
Relación a/c seco		0.476			
Relación a/c obra		0.475			
Proporciones de materiales por m ³		Diseño seco	Diseño húmedo		
Cemento	kg/m ³	515	515		
Agua	l/m ³	245	245		
Agregado grueso	kg/m ³	818	823		
Agregado fino	kg/m ³	766	782		
Peso Total	kg/m ³	2344	2365		
Ensayos en concreto fresco					
Temperatura ambiente	°C	20.6			
Temperatura mezcla	°C	22.7			
Humedad relativa	%	68			
Peso Unitario Concreto	kg/m ³	2352			
Rendimiento	m ³	1.01			
Contenido de Aire	%	1.3			
Proporciones en peso corregido(kg/bolsa)		1	1.52	1.6	20
Proporciones en volumen corregido(pie ³ /bolsa)		1	1.41	1.6	20

De ello se pudo obtener las siguientes proporciones:

a. Proporción en Peso (kg/bolsa)

1:1.52:1.6:20 L/bolsa

b. Proporción en Volumen (pie³/bolsa)

1:1.41:1.6:20 L/bolsa

B. Diseño de mezcla para el concreto adicionado el 0.5% de NTC

Con respecto para hallar el 0.5 % de NTC, se halla con relación al Peso del Cemento.

Tabla 5.17 Diseño de mezcla método ACI, adicionando el 0.5% de NTC.

DISEÑO DE MEZCLA					
Diseño de mezcla $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ Cemento tipo I Slump 3 a 4 pulgadas					
Procedencia del cemento	Sol Tipo I				
Procedencia del agua	Potable Lima				
Procedencia del agregado grueso	La Gloria				
Procedencia del agregado fino	San Pedrito				
Procedencia de nanotubos de carbono	Henan - China				
Asentamiento	Pulgada	2 3/4			
Factor cemento	bolsa/m ³	12.1			
Relación a/c seco	0.476				
Relación a/c obra	0.475				
Proporciones de materiales por m ³		Diseño seco	Diseño húmedo		
Cemento	kg/m ³	515	515		
Agua	l/m ³	245	245		
Agregado grueso	kg/m ³	818	823		
Agregado fino	kg/m ³	766	782		
Nanotubo carbono	kg/m ³	2.58	2.58		
Peso Total	kg/m ³	2346	2367		
Ensayos en concreto fresco					
Temperatura ambiente	°C	20.6			
Temperatura mezcla	°C	22.7			
Humedad relativa	%	68			
Peso Unitario Concreto	kg/m ³	2352			
Rendimiento	m ³	1.01			
Contenido de Aire	%	1.3			
Proporciones en peso corregido(kg/bolsa)		1	1.52	1.6	20
Proporciones en volumen corregido(pie ³ /bolsa)		1	1.41	1.6	20

De ello se pudo obtener las siguientes proporciones:

a. Proporción en Peso (kg/bolsa)

1:1.52:1.6:20 L/bolsa / Nanotubos 0.21kg/bolsa

b. Proporción en Volumen (pie³/bolsa)

1:1.41:1.6:20 L/bolsa / Nanotubos 0.21kg/bolsa

C. Diseño de mezcla para el concreto adicionado el 1.2% de NTC

Con respecto para hallar el 1.2 % de NTC, se halla con relación al Peso del Cemento.

Tabla 5.18 Diseño de mezcla método ACI, adicionando el 1.2% de NTC.

DISEÑO DE MEZCLA					
Diseño de mezcla $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ Cemento tipo I Slump 3 a 4 pulgadas					
Procedencia del cemento	Sol Tipo I				
Procedencia del agua	Potable Lima				
Procedencia del agregado grueso	La Gloria				
Procedencia del agregado fino	San Pedrito				
Procedencia de nanotubos de carbono	Henan - China				
Asentamiento	Pulgada	1 1/2			
Factor cemento	bolsa/m ³	12.1			
Relación a/c seco	0.476				
Relación a/c obra	0.475				
Proporciones de materiales por m ³		Diseño seco	Diseño húmedo		
Cemento	kg/m ³	515	515		
Agua	l/m ³	245	245		
Agregado grueso	kg/m ³	817	822		
Agregado fino	kg/m ³	765	781		
Nanotubo carbono	kg/m ³	6.18	6.18		
Peso Total	kg/m ³	2348	2369		
Ensayos en concreto fresco					
Temperatura ambiente	°C	20.1			
Temperatura mezcla	°C	22.3			
Humedad relativa	%	65			
Peso Unitario Concreto	kg/m ³	2355			
Rendimiento	m ³	1.01			
Contenido de Aire	%	1.0			
Proporciones en peso corregido(kg/bolsa)		1	1.52	1.6	20
Proporciones en volumen corregido(pie ³ /bolsa)		1	1.41	1.6	20

De ello se pudo obtener las siguientes proporciones:

a. Proporción en Peso (kg/bolsa)

1:1.52:1.6:20 L/bolsa / Nanotubos 0.51kg/bolsa

b. Proporción en Volumen (pie³/bolsa)

1:1.41:1.6:20 L/bolsa / Nanotubos 0.51kg/bolsa

Procedimiento:

Con respecto a la adición del NTC a la mezcla se realizó de forma directa y mezclado con el agua, por razones, que como este material es de tamaño Nano, se debe tener cuidado en este sentido, ya que es un polvillo, que queda impregnado en todo tipo de material, en el caso del agua, se presentó en la superficie una capa muy brillante, observándose como tela sedosa.



Figura 5.15 Preparación de la mezcla adicionado % de NTC.

Dosificación de mezclas de concreto para diferentes proporciones de nanotubos de carbono

De dosificación final se determinó con base en los datos previamente obtenidos durante el diseño de la mezcla de concreto para el CP, 0.5NTC y, 1.2NTC con respecto al peso del cemento.

5.1.5. Elaboración de concretos

La mezcla de hormigón se preparó de acuerdo con el método mencionado anteriormente. Los materiales se pesaron de acuerdo con la cantidad de muestras de concreto, y el agregado se mezcló en un tercio de agua en 6 cubos. Luego se agregó el cemento, luego se agregó el agua restante con la mezcla NTC, finalmente se mezcló, luego de lo cual se realizó la prueba de consolidación, la densidad del concreto fresco y el contenido de aire para que finalmente las probetas estuvieran listas para pruebas. en estado endurecido.

5.1.5.1. Ensayo de concreto en estado fresco

A. Temperatura de la Mezcla (ASTM C1064/C1064M-17)

Para el ensayo de temperatura de la mezcla fresca del concreto.

Tabla 5.19 Ensayo de Temperatura de la Mezcla.

ENSAYO DE TEMPERATURA MEZCLAS FRESCA DE CONCRETO ASTM C1064/C1064M-17					
Nº	Identificación de los diseños de mezcla	Unidad	M-1	M-2	M-3
1	Diseño mezcla patrón $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$	°C	22.7	22.6	22.7
2	0.5% de Nanotubos de carbono diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$	°C	22.7	22.7	22.9
3	1.2% de Nanotubos de carbono diseño $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$	°C	22.3	22.4	22.2



Figura 5.16 Tomando datos de la temperatura del Concreto.

B. Slump – Asentamiento del concreto (ASTM C143/C143M)

Slump se trata a la consistencia del concreto cuando está fresco, este método se realiza mediante un cono de Abrams. La solución se colocó en un cilindro de metal cortado, de 30 cm de alto y 10 y 20 cm de diámetro, tiene su propia base, el cono se llena con tres capas de mezcla, cada capa se envuelve con un palito, y se dan 25 golpes. hecho. Finalmente, retire el exceso de concreto, nivele con una varilla y luego, con mucho cuidado se retiró el molde, levantándola verticalmente en continuo movimiento.

Tabla 5.20 Ensayo de Asentamiento del concreto.

ENSAYO DE ASENTAMIENTO DE CONCRETO ASTM C43/C143M - 15a					
Nº	Identificación de los diseños de mezcla	Unidad	M-1	M-2	M-3
1	Diseño mezcla patrón $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$	Pulg.	4	4 1/4	4 1/4
2	0.5% de Nanotubos de carbono diseño $f'c 280 \text{ kg/cm}^2$	Pulg.	2 3/4	2 1/2	2 3/4
3	1.2% de Nanotubos de carbono diseño $f'c 280 \text{ kg/cm}^2$	Pulg.	1 1/2	1 1/4	1 1/2

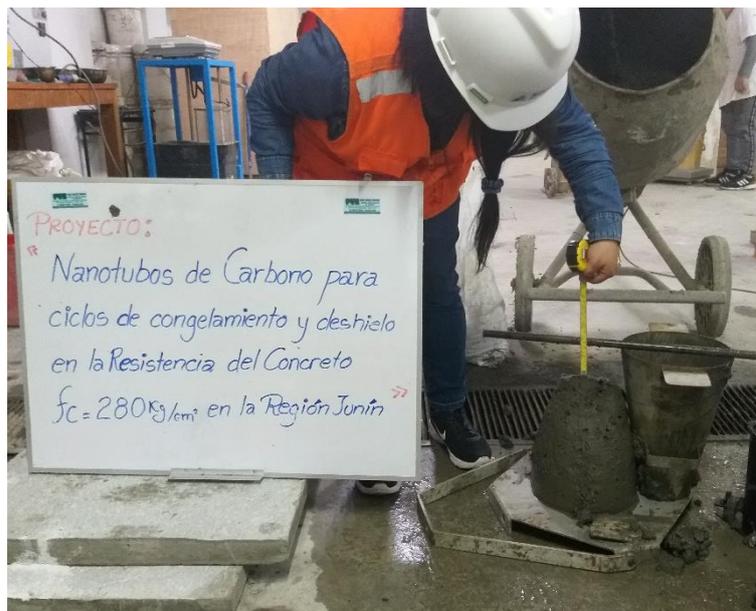


Figura 5.17 Medición del Slump.

Interpretación: Se diseñó la mezcla con un Slump de 3-4", como se observa en la tabla, cuanto más se adicione el NTC, la trabajabilidad reduce ya que el NTC, es de mayor temperatura, hace que el concreto fresco no se maneje para su uso.

C. Peso unitario del concreto fresco (ASTM C138 C138M 17a)

Este ensayo se realizó en la mezcla de concreto: CP, CP+0.5%, CP+1.2%, esto le permite determinar la densidad del hormigón fresco.

Para realizar esta prueba se llenó el molde con la mezcla en tres capas. De igual manera, cada capa se compactó dando golpecitos verticales 25 veces con una varilla apisonadora, y con ayuda de la varilla se niveló, lavó y pesó toda la mezcla no utilizada.

La cual obtenemos los siguientes datos del ensayo.

Tabla 5.21 Ensayo del Peso Unitario del Concreto.

ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO ASTM C138/C138M-17a					
N°	Identificación de los diseños de mezcla	Unidad	M-1	M-2	M-3
1	Diseño mezcla patrón $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$	kg/m ³	2352	2345	2340
2	0.5% de Nanotubos de carbono diseño $f_c 280 \text{ kg/cm}^2$	kg/m ³	2352	2355	2350
3	1.2% de Nanotubos de carbono diseño $f_c 280 \text{ kg/cm}^2$	kg/m ³	2355	2355	2350



Figura 5.18 Peso del concreto fresco en molde.

D. Contenido de aire- método de presión (ASTM C231/C231M-17a)

El aire generalmente ingresa a la mezcla de 1 a 3 por ciento en volumen. Según el concepto de mezcla, un contenido de aire del 1,3 % corresponde al tamaño nominal máximo.

En algunos casos, determinamos la cantidad de aire que no sea la mezcla; Esto se puede efectuar agregando NTC.

Tabla 5.22 Ensayo de Contenido de Aire.

ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE CONCRETO FRESCO ASTM C231/C231M-17a					
Nº	Identificación de los diseños de mezcla	Unidad	M-1	M-2	M-3
1	Diseño mezcla patrón $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$	%	1.3	1.5	1.5
2	0.5% de Nanotubos de carbono diseño $f_c 280 \text{ kg/cm}^2$	%	1.3	1.4	1.4
3	1.2% de Nanotubos de carbono diseño $f_c 280 \text{ kg/cm}^2$	%	1.0	0.9	1.0

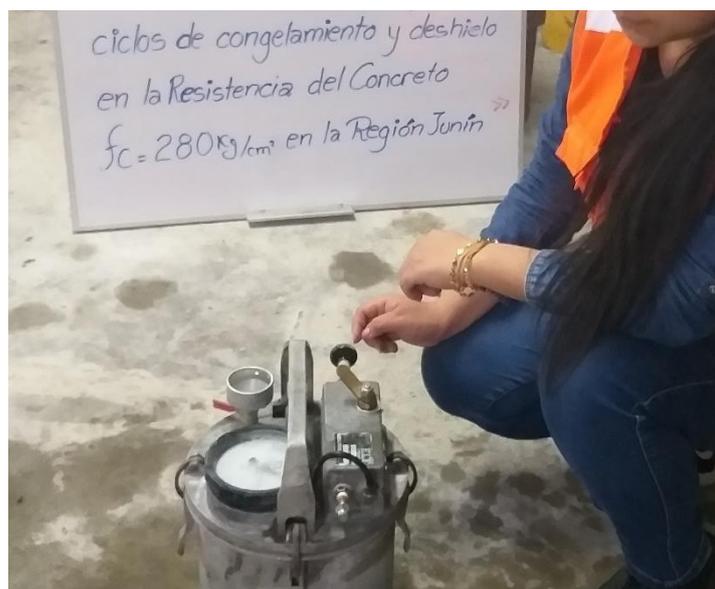


Figura 5.19 Ensayo del Contenido de Aire del concreto fresco.

5.1.5.2. Probetas de concreto

Se utilizaron probetas de ensayo de 4" x 8" (100 mm diam. x 200 mm de altura) para la caracterización mecánica y las pruebas de durabilidad. Los ensayos y la preparación de muestras de hormigón cumplen con la norma. NTP 339.033. Para realizar ensayos sobre concreto expuesto al sulfato, se prepararon las mismas probetas mencionadas en el párrafo anterior.

Moldeado de los cilindros de prueba

1. En una zona libre colocamos los moldes cilíndricos.
2. Se llenó el molde cilíndrico con mezcla en tres capas similares con ayuda de la cuchara, la cual en cada capa se realizó 25 golpes de manera uniforme, con la barra de acero.
3. Se enraza la parte superior el material excedente con ayuda de la varilla.
4. Colocamos en la superficie un código y la fecha del día del vaciado.



Figura 5.20 Producción de Especímenes.

5.1.5.3. Curado del concreto

Después realizar el vaciado en las muestras cilíndricas, se mantuvo en sus respectivos moldes y se dejaron secar durante los primeros 24 horas. Después de las 24 horas, se sacaron de los moldes y se dejaron en estanques de curado por 7, 14 y 28 días.

Después de los primeros 24 horas, las muestras fueron sometidas a ciclos de congelación-descongelación, desmoldadas y colocadas en un estanque de curado a temperatura ambiente durante el día y en un congelador durante la noche, de acuerdo a la investigación, realizamos una simulación de

temperatura, realizando este procedimiento durante los días de curado en 7, 14 y 28 días.

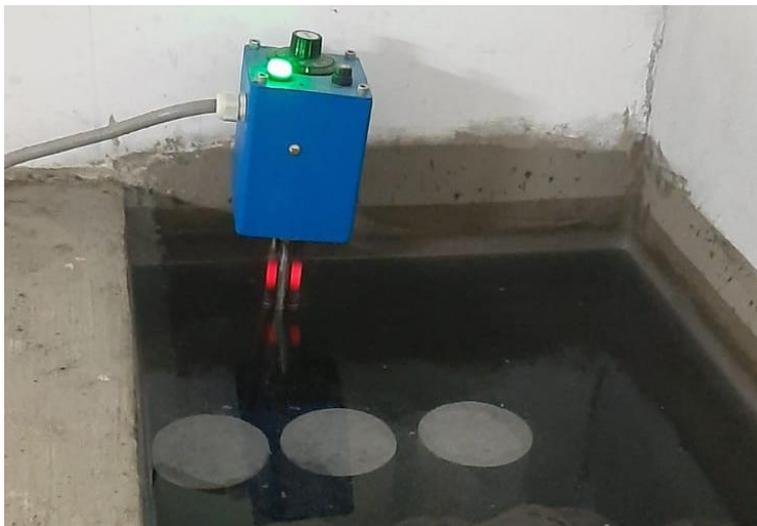


Figura 5.21 Pozo de curado con control de temperatura automática.



Figura 5.22 Toma de Temperatura de la congeladora -8°C a -10°C .



Figura 5.23 Probetas a temperaturas de -8°C a -10°C .

5.1.5.4. Ensayos de concreto endurecido

A. Ensayo de resistencia a la compresión (ASTM C39/C39M-21)

Se realizaron pruebas de resistencia a la compresión en base a la norma (ASTM C39/C39M-21). Se utilizaron tubos de ensayo con un diámetro de 100 mm y una altura de 200 mm. En la cual se realizó el ensayo de 5 probetas de cada dosificación a los 7, 14 y 28 días que fueron sometidos a temperaturas -8°C a -10°C .



Figura 5.24 Ensayo a la compresión.



Figura 5.25 Probetas ensayadas a compresión.

B. Ensayo del concreto sometido a ciclos de congelamiento y deshielo

Esta es un ensayo de concreto sometido a ciclos de congelación y deshielo de acuerdo con la norma ASTM C 666, pero solo se considera las secciones donde el concreto está expuesto a procesos de congelación y deshielo, considerando el cambio dimensional de la probeta luego de la determinación tomada. número de ciclos, el daño del concreto está determinado La resistencia a la compresión es uno de los factores más importantes que determinan la durabilidad de una muestra.

El ensayo consistió en colocar las muestras de concreto, y simular un ambiente frío artificial en la congeladora por 12 horas durante la noche, se calibró el termostato de -8 a -10 °C y las 12 horas del día en ambiente natural. La resistencia a compresión del concreto se determinó a la edad de 7, 14 y 28 días.

Se tomo en cuenta las dimensiones del concreto, ya que, al estar expuesto, hay una variación de dimensiones, la cual se presentan en la siguiente tabla con respecto a las mediadas y al ensayo de compresión.

Tabla 5.23 Ensayo de Contenido de Aire.

ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE CONCRETO FRESCO ASTM C231/C231M-17a					
Nº	Identificación de los diseños de mezcla	Unidad	M-1	M-2	M-3
1	Diseño mezcla patrón $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$	%	1.3	1.5	1.5
2	0.5% de Nanotubos de carbono diseño $f'c 280 \text{ kg/cm}^2$	%	1.3	1.4	1.4
3	1.2% de Nanotubos de carbono diseño $f'c 280 \text{ kg/cm}^2$	%	1.0	0.9	1.0

5.2 DESCRIPCIÓN DE RESULTADO

A. Determinación de cómo influye los NTC en la trabajabilidad del concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$.

Según el (ASTM C143/C143M), los resultados del ensayo de Asentamiento del Concreto $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$, fue obtenido del concreto en estado fresco, donde se observó la trabajabilidad del concreto patrón y sus adiciones de 0.5 y 1.2% de NTC.

Tabla 5.24 Promedios de Ensayo de Asentamiento.

ENSAYO DE ASENTAMIENTO DE CONCRETO ASTM C43/C143M - 15a						
Nº	Identificación de los diseños de mezcla	Unidad	M-1	M-2	M-3	PROMEDIO
1	Diseño mezcla patrón $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$	Pulg.	4	4 1/4	4 1/4	4.17
2	0.5% de Nanotubos de carbono diseño $f'c 280 \text{ kg/cm}^2$	Pulg.	2 3/4	2 1/2	2 3/4	2.67
3	1.2% de Nanotubos de carbono diseño $f'c 280 \text{ kg/cm}^2$	Pulg.	1 1/2	1 1/4	1 1/2	1.42

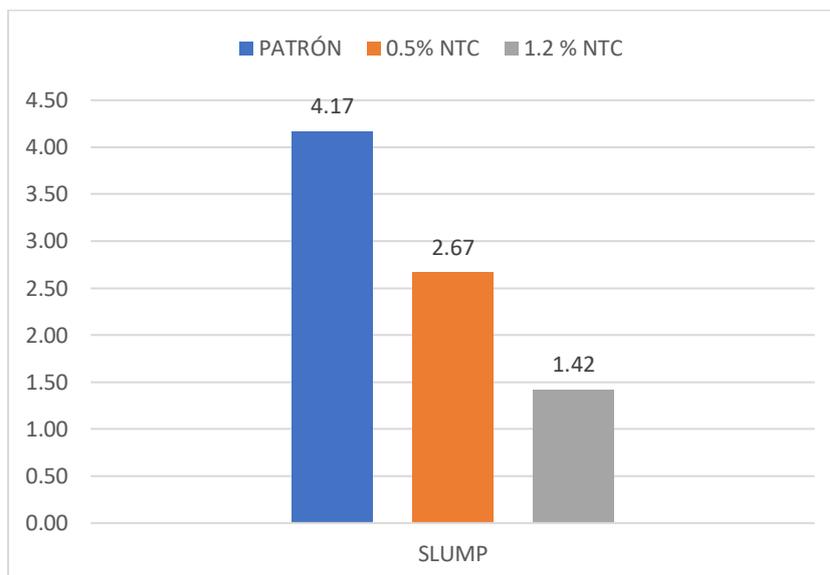


Figura 5.26 Comparación del Slump concreto patrón y adición 0.5 y 1.2 % de NTC.

Interpretación:

Como se puede ver en la gráfica 5.37 y en la tabla 5.24 se halló el promedio del Asentamiento. En ella, se visualiza que al aumentar el porcentaje de adición de NTC el asentamiento disminuye, consiguiéndose los valores de 4.17cm, 2.67 cm y 1.42 cm para las mezclas patrón, 0.5% NTC y 1.2% NTC que equivalen a un 35.99% y 65.95% menos que la muestra patrón.

En estos resultados es coherente con la propiedad de área específica de los NTC, debido que su propiedad tiene la capacidad de absorber el agua, se observa que el Slump disminuye de 4" a 1", por la cual se obtienen, que es de consistencia seca, que es poco trabajable.

B. Determinación de cómo influye los NTC en el contenido de aire del concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$.

Atraves de la Normativa (ASTM C231/C231M-17a) se realizó el ensayo de Olla Washington permitió calcular el aire contenido en la mezcla, el cual es comparado con el concreto patrón, adición del 0.5% y 1.2% de NTC.

Tabla 5.25 Porcentaje de Contenido de Aire.

PORCENTAJE DE AIRE INCORPORADO			
MUESTRA	CP	CP + 0.5% NTC	CP + 1.2% NTC
M-1	1.3%	1.3%	1.0%
M-2	1.5%	1.4%	0.9%
M-3	1.5%	1.4%	1.0%
% DE AIRE INCORPORADO	1.4%	1.4%	1.0%
CORREC. POR EL AGREGADO	0.5%	0.5%	0.5%
% AIRE INCORPORADO CORREGIDO	0.9%	0.9%	0.5%
LÍNEA DE TENDENCIA DEL CP	0.5%	0.5%	0.5%

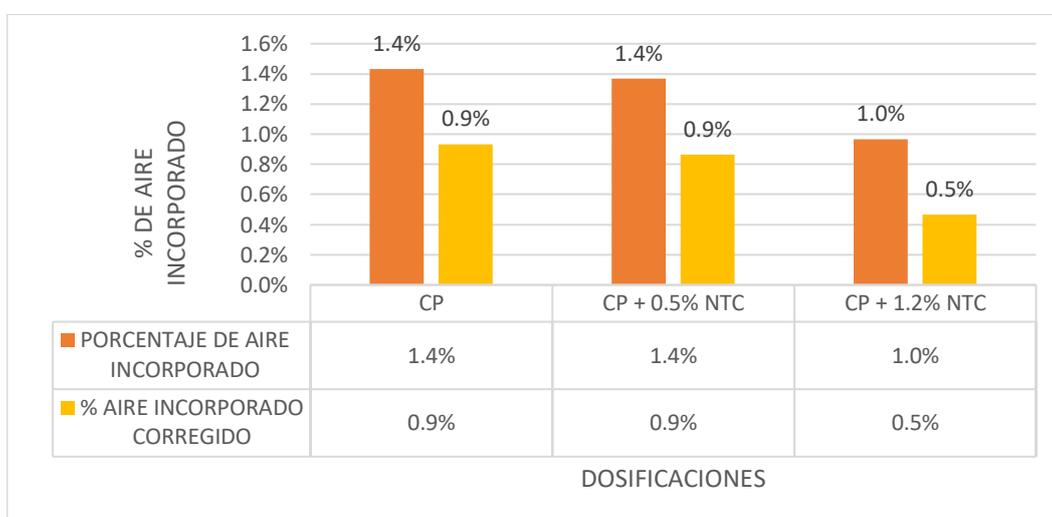


Figura 5.27 Porcentaje de Aire Incorporado y Corregido.

En función a los valores obtenidos y calculados en los cuadros anteriores.

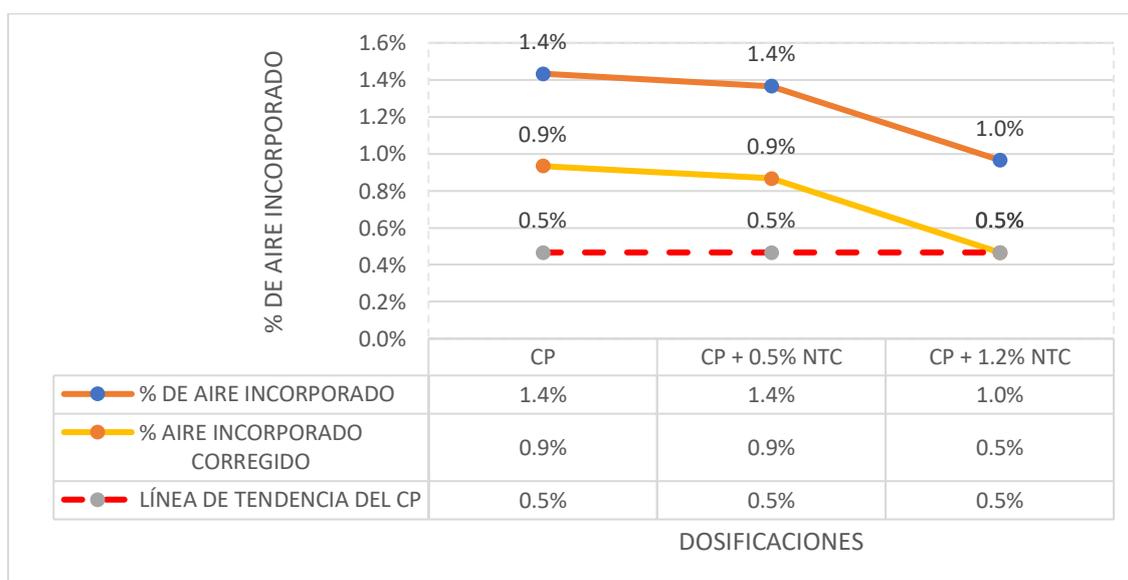


Figura 5.28 Línea de Tendencia.

Interpretación:

Como se puede ver en la gráfica 5.38 y en la tabla 5.25 se halló el promedio del Contenido de aire, en cada uno de los diseños en el Concreto Patrón, adición del 0.5% y 1.2% de NTC, se tiene que cuanto más sea el porcentaje de NTC, se observa que el contenido de aire disminuye de 4” a 1”, por la cual se obtienen que, si el contenido de aire es bajo, la trabajabilidad disminuye y la resistencia aumenta.

C. Determinación de cómo influye los NTC en la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280\text{kg/cm}^2$.

- **Resistencia a la compresión del concreto patrón**

Se realizó el ensayo de resistencia a la compresión del concreto estandar, la cual se realizó con 15 probetas divididos en 3 grupos por cada edad de curado en 7, 14 y 28 días, el curato realizado a las muestras ha sido 12 horas a condiciones de ambiente y las otras 12 horas en la congeladora, simulando las temperaturas bajas entre -8°C a -10°C , obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 5.26 Resistencia a la compresión del concreto Patrón.

Nº PROBETA	EDAD Días	Carga máxima kN	AREA mm ²	RESISTENCIA $f'c=\text{kg/cm}^2$	PROMEDIO
PATRÓN M-1	7	209	8012	266	254.6
PATRÓN M-2	7	201	8012	256	
PATRÓN M-3	7	191	7698	253	
PATRÓN M-4	7	183	7698	242	
PATRÓN M-5	7	201	8012	256	
PATRÓN M-6	14	218	7698	289	292.4
PATRÓN M-7	14	231	7854	300	
PATRÓN M-8	14	210	7543	284	
PATRÓN M-9	14	223	7698	295	
PATRÓN M-10	14	231	8012	294	
PATRÓN M-11	28	262	7698	333	340.9
PATRÓN M-12	28	257	7854	340	
PATRÓN M-13	28	263	7543	356	
PATRÓN M-14	28	264	7698	343	
PATRÓN M-15	28	261	8012	332	

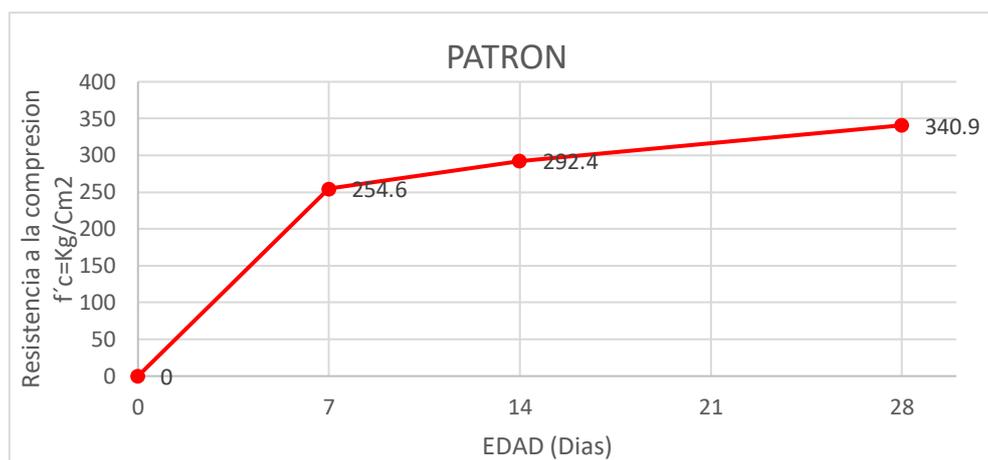


Figura 5.29 Resistencia a la Compresión del concreto Patrón.

- **Resistencia a la compresión del concreto patrón con adición del 0.5% de NTC**

Se realizó el ensayo de resistencia a la compresión en muestras concreto patrón adicionando el 0.5%, la cual se realizó con 15 probetas divididos en 3 grupos por cada edad de curado en 7, 14 y 28 días, el curato realizado a las muestras ha sido 12 horas a condiciones de ambiente y las otras 12 horas en la congeladora, simulando las temperaturas bajas entre -8°C A -10°C , obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 5.27 Resistencia a la compresión del concreto adicionado 0.5 %.

Nº PROBETA	EDAD Días	Carga máxima Kg	ÁREA cm2	RESISTENCIA f'c=kg/cm2	PROMEDIO
NTC 0.5% M-1	7	170	7698	225	227.9
NTC 0.5% M-2	7	168	7854	218	
NTC 0.5% M-3	7	184	8012	234	
NTC 0.5% M-4	7	180	8012	229	
NTC 0.5% M-5	7	183	8012	233	
NTC 0.5% M-6	14	187	8012	238	244.2
NTC 0.5% M-7	14	198	7854	257	
NTC 0.5% M-8	14	170	7543	230	
NTC 0.5% M-9	14	192	7698	254	
NTC 0.5% M-10	14	179	7543	242	
NTC 0.5% M-11	28	239	8012	310	291.4
NTC 0.5% M-12	28	211	7698	285	
NTC 0.5% M-13	28	210	7543	284	
NTC 0.5% M-14	28	219	7854	290	
NTC 0.5% M-15	28	217	8012	287	

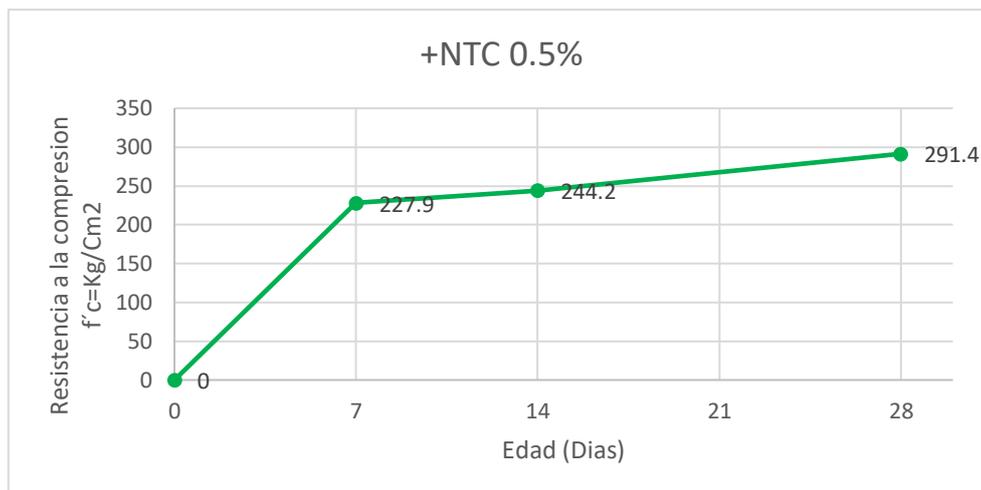


Figura 5.30 Resistencia a la Compresión del concreto Patrón más el 0.5% de NTC.

- **Resistencia a la compresión del concreto patrón con adición del 1.2% de NTC**

Se realizó el ensayo de resistencia a la compresión en muestras concreto patrón adicionando el 1.2%, la cual se realizó con 15 probetas divididos en 3 grupos por cada edad de curado en 7, 14 y 28 días, el curato realizado a las muestras ha sido 12 horas a condiciones de ambiente y las otras 12 horas en la congeladora, simulando las temperaturas bajas entre -8°C A -10°C , obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 5.28 Resistencia a la compresión del concreto adicionado 1.2 %.

N° PROBETA	EDAD	Carga maxina	AREA	RESISTENCIA
	Días	Kg	cm2	$f'c = \text{kg/cm}^2$
NTC 0.5% M-1	7	170	7698	225
NTC 0.5% M-2	7	168	7854	218
NTC 0.5% M-3	7	184	8012	234
NTC 0.5% M-4	7	180	8012	229
NTC 0.5% M-5	7	183	8012	233
NTC 0.5% M-6	14	187	8012	238
NTC 0.5% M-7	14	198	7854	257
NTC 0.5% M-8	14	170	7543	230
NTC 0.5% M-9	14	192	7698	254
NTC 0.5% M-10	14	179	7543	242
NTC 0.5% M-11	28	239	8012	310
NTC 0.5% M-12	28	211	7698	285
NTC 0.5% M-13	28	210	7543	284
NTC 0.5% M-14	28	219	7854	290
NTC 0.5% M-15	28	217	8012	287

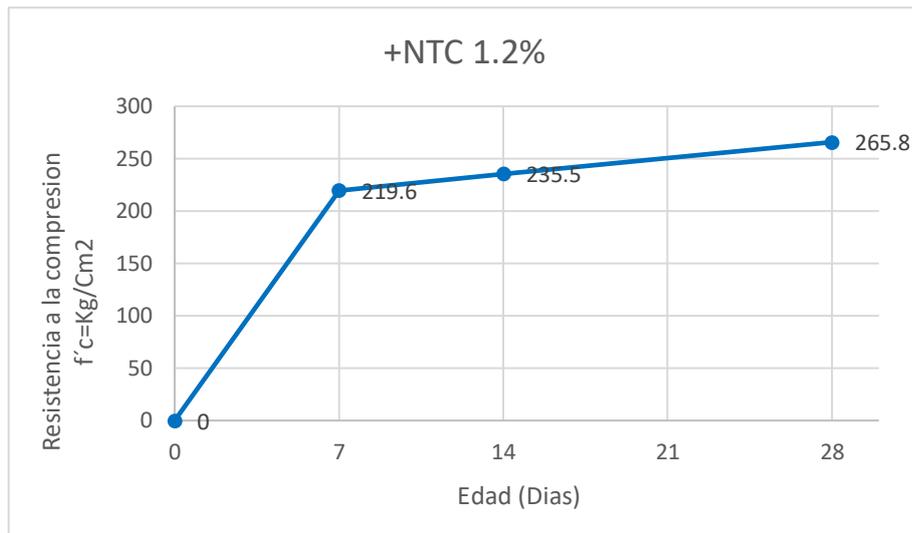


Figura 5.31 Resistencia a la Compresión del concreto Patrón más el 1.2% de NTC.

Se realizó la comparación de la influencia del NTC en la resistencia a la compresión, mediante el cual se presenta la siguiente figura de acuerdo al concreto patrón, el concreto con la adición de 0.5% y 1.2% de NTC, la cual se realizó con 5 muestras por cada edad de curado en 7, 14 y 28 días, obteniendo los siguientes resultados.

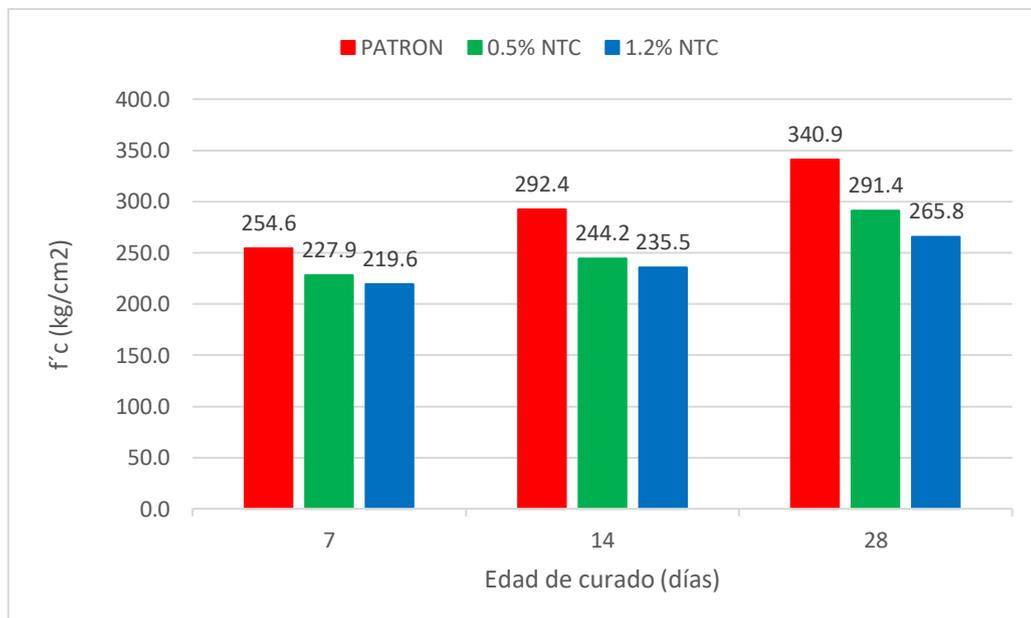


Figura 5.32 Barra de resistencia a la compresión.

Se tomo en consideración, que este proyecto de investigación el concreto con resistencia en base de 280 kg/cm², en ciclos de congelamiento, obteniendo como resultado concreto patrón tuvo como resultado a los 28 días de f'_c =

356.0 kg/cm², el concreto adicionado el 0.5% es de $f'_c = 291.4$ kg/cm² y el concreto adicionado el 1.2 % es de $f'_c = 265.8$ kg/cm².

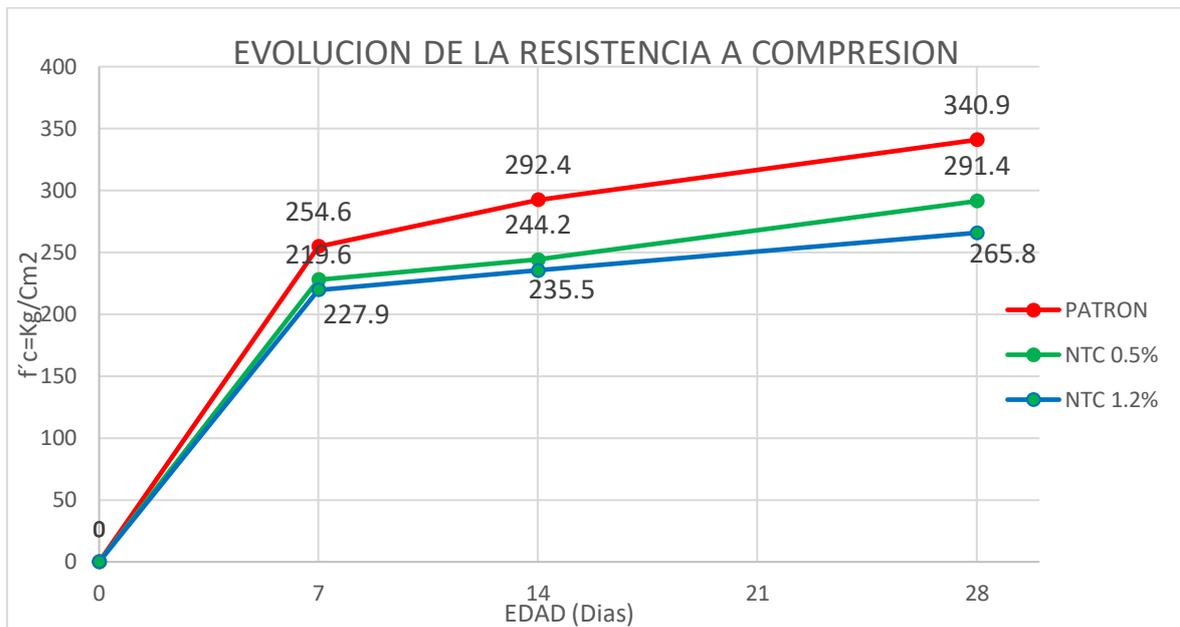


Figura 5.33 Comparación de la Resistencia a la compresión.

Interpretación:

Existen variaciones en las resistencias a la compresión entre las probetas patrón y las que presentan adiciones de 0.5% de NTC y de 1.2% de NTC, se realizó la resistencia a compresión en las edades de 7, 14 y 28 días.

El diseño del concreto en este proyecto es de 280 kg/cm², cuyo resultado a los 28 días fueron los siguientes, en el concreto patrón con una Resistencia a compresión de 356 kg/cm²; al 0.5% ,291.4 kg/cm² y al 1.5%, 265.8 kg/cm², lo que representa del concreto patrón con la muestra de adición de 0.5% de NTC es 18.15% menos resistente, a condiciones de curado de climas de congelamiento y deshielo.

5.3 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Las contrastaciones hipótesis se da con la prueba estadística ANOVA y Tukey.

A. Contrastación de Hipótesis de la Trabajabilidad

Ho: “No se observa una diferencia significativa en la trabajabilidad del concreto $f'_c = 280$ kg/cm²”.

H1: “Se observa una diferencia significativa en la trabajabilidad del concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ”.

Usamos MS Excel, mediante el análisis automático de datos, para observar si existe o no diferencia significativa. ANOVA nos permite ejecutar un análisis de varianza y ver las fuentes de variación.

Tabla 5.29 Información del Ensayo de SLUMP

	A	B	C
K=3	PATRÓN	0.5% NTC	1.2% NTC
M-1	4	2 3/4	1 1/2
M-2	4 1/4	2 1/2	1 1/4
M-3	4 1/4	2 3/4	1 1/2

Análisis de varianza de un factor entre A, B y C.

Tabla 5.30 Análisis de Varianza.

DESCRIPTION	Alpha			
				0.05
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
PATRÓN	3	12.5	4.166666667	0.02083333
0.5% NTC	3	8	2 2/3	0.02083333
1.2% NTC	3	4 1/4	1 3/7	0.02083333

Tabla 5.31 Resumen del Análisis de Varianza.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grado de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	11.375	2	5.6875	273	0.0000013	0.98913043
Dentro de los Grupos	0.125	6	0.020833333			
Total	11.5	8	1.4375			

Como se se puede notar ANOVA nos da los valores para los grados de libertad, suma de cuadrados, el estadístico F (Fisher) y el factor p.

Si $P < 0.05$; en tal caso: **H1** es aceptado, si $P > 0.05$; en tal caso: H_0 es correcto
 $P: 0.0000013$ es menor que 0.05 por tal se acepta la hipótesis H1(Hipótesis alternativa)

El valor de F_0 es 273 y es mayor que 0.98913043 por lo rechazamos la hipótesis nula a en contra la hipótesis alternativa de investigación. Por tanto, se puede observar que las medias de los tratamientos si tienen diferencia significativa.

Tabla 5.32 Información TUKEY HSD/KRAMER.

TUKEY HSD/KRAMER			alpha	0.05	
group	mean	n	ss	df	q-crit
PATRÓN	4.16666667	3	0.04166667		
0.5% NTC	2 2/3	3	0.04166667		
1.2% NTC	1 3/7	3	0.04166667		
		9	0.125	6	4.339

Hay diferencia significativa y al menos uno cumple dentro de los tres grupos. Los resultados mostraron una reducción significativa en SLUMP para el concreto con una adición de 1,2 % de NTC en comparación con el concreto patrón.

Q TEST	alpha	0.05	
group 1	group 2	p-value	
PATRÓN	0.5% NTC	0.0000357	SI HAY DIFERENCIA
PATRÓN	1.2% NTC	0.0000009	SI HAY DIFERENCIA
0.5% NTC	1.2% NTC	0.0001020	SI HAY DIFERENCIA

El Patrón es más trabajable que con el 0.5 % NTC, la cual si hay diferencia significativa.

El Patrón es más trabajable que con el 1.2 % NTC, la cual si hay diferencia significativa.

El 0.5 % NTC. es más trabajable que con el 1.2 % NTC, la cual si hay diferencia significativa.

B. Contrastación de Hipótesis del Contenido de Aire

H₀: “No se observa una diferencia significativa en el Contenido de Aire del concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ”.

H₁: “Se observa una diferencia significativa en el Contenido de Aire del concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ”.

Usamos MS Excel, mediante el análisis automático de datos, para observar si existe o no diferencia significativa. ANOVA nos permite ejecutar un análisis de varianza y ver las fuentes de variación.

Tabla 5.33 Información del Ensayo de Contenido de Aire.

K=3	PATRÓN	0.5% NTC	1.2% NTC
M-1	1.3%	1.3%	1.0%
M-2	1.5%	1.4%	0.9%
M-3	1.5%	1.4%	1.0%

Análisis de varianza de un factor entre A, B y C

Tabla 5.34 Análisis de Varianza.

DESCRIPTION	Alpha				0.05
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>	
PATRON	3	4.3%	1.4%	0.0000013	
0.5% NTC	3	4.1%	1.4%	0.0000003	
1.2% NTC	3	2.9%	1.0%	0.0000003	

Tabla 5.35 Resumen del Análisis de Varianza.

ANOVA

<i>Origende las variaciones</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grado de Libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor Crítico para F</i>
Entre grupos	0.0000382	2	0.0000191	28.6666667	0.00085027	0.90526316
Dentro de los grupos	0.0000040	6	0.0000007			
Total	0.0000422	8	0.0000053			

Como se puede observar ANOVA nos da los valores para los grados de libertad, suma de cuadrados, el estadístico F (Fisher) y el factor p.

Si $P < 0.05$; en tal caso: H_1 es aceptado, si $P > 0.05$; en tal caso: H_0 es correcto
 $P: 0.00085027$ es menor que 0.05 por tal se acepta la hipótesis H_1 (Hipótesis alternativa)

El valor de F_0 es 28.6666667 y es mayor que 0.90526316 por lo rechazamos la hipótesis nula a en contra de la hipótesis alternativa de investigación. Por ende, se visualiza que las medias de los tratamientos si tienen diferencia significativa.

Tabla 5.36 Información TUKEY HSD/KRAMER.

TUKEY HSD/KRAMER			alpha	0.05	
group	mean	n	ss	df	q-crit
PATRON	1.4%	3	0.0000027		
0.5% NTC	1.4%	3	0.0000007		
1.2% NTC	1.0%	3	0.0000007		
		9	0.0000040	6	4.339

Los resultados mostraron una reducción significativa de la incorporación de aire para el concreto con una adición 1,2 % de NTC en comparación con el concreto patrón.

Q TEST		alpha	0.05
group 1	group 2	p-value	
PATRÓN	0.5% NTC	0.6034821	NO HAY DIFERENCIA
PATRÓN	1.2% NTC	0.0010331	SI HAY DIFERENCIA
0.5% NTC	1.2% NTC	0.0023370	SI HAY DIFERENCIA

El Patrón tiene mayor contenido de aire que con el 0.5 % NTC, pero no hay diferencia significativa.

El Patrón tiene mayor contenido de aire que con el 1.2 % NTC, la cual si hay diferencia significativa.

El 5 % NTC. tiene mayor contenido de aire que con el 1.2 % NTC, la cual si hay diferencia significativa.

C. Contrastación de Hipótesis de la Resistencia a la Compresión

A los 7 días

Ho: “No se observa una diferencia significativa en f^c a los 7 días del concreto con adición de 0.5% y 1.2 % de NTC en ciclos de congelamiento y deshielo con respecto al concreto patrón”.

H1: “Se observa una diferencia significativa en f^c a los 7 días del concreto con adición de 0.5% y 1.2 % de NTC en ciclos de congelamiento y deshielo con respecto al concreto patrón”.

Usamos MS Excel, mediante el análisis automático de datos, para observar si existe o no diferencia significativa. ANOVA nos permite ejecutar un análisis de varianza y ver las fuentes de variación.

Tabla 5.37 Información del Ensayo de Compresión a los 7 días.

	A	B	C
k=3	PATRÓN	0.5% NTC	1.2% NTC
7 DÍAS	266	225	228
	256	218	224
	253	234	213
	242	229	221
	256	233	213

Análisis de varianza de un factor a los 7 días entre A, B y C.

Tabla 5.38 Análisis de Varianza.

DESCRIPTION				Alpha	0.05
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>	
PATRÓN	5	1273	255	70.9873825	
0.5% NTC	5	1140	228	42.2579005	
1.2% NTC	5	1098	220	47.0864613	

Tabla 5.39 Resumen del Análisis de Varianza.

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	3346.8534	2	1673.42669	31.3118285	0.0000173	0.83919309
Dentro de los grupos	641.3270	12	53.44391			
Total	3988.1804	14	284.87003			

Como se puede observar ANOVA nos da los valores de grados de libertad, suma de cuadrados, el estadístico F (Fisher) y el factor p.

Si $P < 0.05$; en tal caso: H_1 es aceptado, si $P > 0.05$; en tal caso: H_0 es correcto
 $P: 0.000017$ es menor que 0.05 por tal se acepta la hipótesis H_1 (Hipótesis alternativa)

El valor de F_0 es 31.3118285 y es mayor que 0.83919309 por lo rechazamos la hipótesis nula a en contra de la hipótesis alternativa de investigación. Por

ende, se visualiza que las medias de los tratamientos si tienen diferencia significativa.

Tabla 5.40 Información TUKEY HSD/KRAMER.

TUKEY HSD/KRAMER			alpha	0.05	
group	mean	n	ss	df	q-crit
PATRON	255	5	283.94953		
0.5% NTC	228	5	169.031602		
1.2% NTC	220	5	188.345845		
		15	641.326977	12	3.773

Como resultado, se encontró que a los 7 días existe un aumento significativo en f^c del concreto patrón seguidamente el concreto con adición del 0.5%.

Q TEST	alpha	0.05	
group 1	group 2	p-value	
PATRON	0.5% NTC	0.0002393	SI HAY DIFERENCIA
PATRON	1.2% NTC	0.0000182	SI HAY DIFERENCIA
0.5% NTC	1.2% NTC	0.2130650	NO HAY DIFERENCIA

El Patrón tiene mayor resistencia que con el 0.5 % NTC, la cual si hay diferencia significativa.

El Patrón tiene mayor resistencia que con el 1.2 % NTC, la cual si hay diferencia significativa.

El 0.5 % NTC. tiene mayor resistencia que con el 1.2 % NTC, pero no hay diferencia significativa.

A los 14 días

Ho: “No se observa una diferencia significativa en f^c a los 14 días del concreto con adición de 0.5% y 1.2 % de NTC en ciclos de congelamiento y deshielo con respecto al concreto patrón”.

H1: “Se observa una diferencia significativa en f^c a los 14 días del concreto con adición de 0.5% y 1.2 % de NTC en ciclos de congelamiento y deshielo con respecto al concreto patrón”.

Usamos MS Excel, mediante el análisis automático de datos, para observar si existe o no diferencia significativa. ANOVA nos permite ejecutar un análisis de varianza y ver las fuentes de variación.

Tabla 5.41 Información del Ensayo de Compresión a los 14 días.

	A	B	C
k=3	PATRON	0.5% NTC	1.2% NTC
7 DÍAS	266	225	228
	256	218	224
	253	234	213
	242	229	221
	256	233	213
14 DÍAS	289	238	221
	300	257	244
	284	230	230
	295	254	254
	294	242	228

Análisis de varianza de un factor a los 14 días entre A, B y C.

Tabla 5.42 Análisis de Varianza.

DESCRIPTION				Alpha	0.05
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	
PATRON	10	2735.120	273.512	445.169618	
0.5% NTC	10	2360.757	236.076	150.583336	
1.2% NTC	10	2275.361	227.536	171.129292	

Tabla 5.43 Resumen del Análisis de Varianza.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	11960.6291	2	5980.3145	23.3946525	0.0000013	0.63409331
Dentro de los grupos	6901.9402	27	255.6274			
Total	18862.5693	29	650.4334			

Como se puede notar ANOVA nos da los valores para los grados de libertad, suma de cuadrados, el estadístico F (Fisher) y el factor p.

Si $P < 0.05$; en tal caso: H_1 es aceptado, si $P > 0.05$; en tal caso: H_0 es correcto
 $P: 0.0000013$ es menor que 0.05 por tal se acepta la hipótesis H_1 (Hipótesis alternativa)

El valor de F_o es 23.3946525 y es mayor que 0.63409331 por lo rechazamos la hipótesis nula en contra de la hipótesis alternativa de investigación. Por ende, se visualiza que las medias de los tratamientos si tienen diferencia significativa.

Tabla 5.44 Información TUKEY HSD/KRAMER.

TUKEY HSD/KRAMER			alpha	0.05	
group	mean	n	ss	df	q-crit
PATRON	274	10	4006.52656		
0.5% NTC	236	10	1355.25002		
1.2% NTC	228	10	1540.16363		
		30	6901.94021	27	3.506

Como resultado, se encontró que el $f'c$ del concreto estándar aumentó significativamente después de 14 días, seguido del concreto con un 0,5% de aditivo.

Q TEST	alpha	0.05	
group 1	group 2	p-value	
PATRON	0.5% NTC	0.0000469	SI HAY DIFERENCIA
PATRON	1.2% NTC	0.0000020	SI HAY DIFERENCIA
0.5% NTC	1.2% NTC	0.4666761	NO HAY DIFERENCIA

El Patrón tiene mayor resistencia que con el 0.5 % NTC, la cual si hay diferencia significativa.

El Patrón tiene mayor resistencia que con el 1.2 % NTC, la cual si hay diferencia significativa.

El 0.5 % NTC. tiene mayor resistencia que con el 1.2 % NTC, pero no hay diferencia significativa.

A los 28 días

Ho: “No se observa una diferencia significativa en $f'c$ a los 28 días del concreto con adición de 0.5% y 1.2 % de NTC en ciclos de congelamiento y deshielo con respecto al concreto patrón”.

H1: “Se observa una diferencia significativa en $f'c$ a los 28 días del concreto con adición de 0.5% y 1.2 % de NTC en ciclos de congelamiento y deshielo con respecto al concreto patrón”.

Usamos MS Excel, mediante el análisis automático de datos, para observar si existe o no diferencia significativa. ANOVA nos permite ejecutar un análisis de varianza y ver las fuentes de variación.

Tabla 5.45 Información del Ensayo de Compresión a los 28 días

	A	B	C
k=3	PATRON	0.5% NTC	1.2% NTC
7 DÍAS	266	225	228
	256	218	224
	253	234	213
	242	229	221
	256	233	213
14 DÍAS	289	238	221
	300	257	244
	284	230	230
	295	254	254
	294	242	228
28 DÍAS	333	310	254
	340	285	260
	356	284	266
	343	290	262
	332	287	286

Análisis de varianza de un factor a los 28 días entre A, B y C.

Tabla 5.46 Análisis de Varianza.

RESUMEN			Alpha	0.05
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
PATRON	15	4440	295.969	1391.80967
0.5% NTC	15	3818	254.519	859.15347
1.2% NTC	15	3604	240.296	501.90681

Tabla 5.47 Resumen del Análisis de Varianza.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	25099.5904	2	12549.7952	13.676413	0.000027	0.39440103
Dentro de los grupos	38540.1793	42	917.6233			
Total	63639.7697	44	1446.3584			

Como se puede observar ANOVA nos da los valores de grados de libertad, suma de cuadrados, el estadístico F (Fisher) y el factor p.

Si $P < 0.05$; en tal caso: H_1 es aceptado, si $P > 0.05$; en tal caso es correcto
 $P: 0.000027$ es menor que 0.05 por tal se acepta la hipótesis H_1 (Hipótesis alternativa)

El valor de F_0 es 13.6764127 y es mayor que 0.39440103 por lo rechazamos la hipótesis nula en contra de la hipótesis alternativa de investigación. Por tanto, se puede observar que las medias de los tratamientos si tienen diferencia significativa.

Tabla 5.48 Información TUKEY HSD/KRAMER.

TUKEY HSD/KRAMER			alpha	0.05	
group	mean	n	ss	df	q-crit
PATRON	296	15	19485.3353		
0.5% NTC	255	15	12028.1486		
1.2% NTC	240	15	7026.69535		
		45	38540.1793	42	3.43571429

Como resultado, se encontró que el f'_c del concreto estándar aumentó significativamente después de 28 días, seguido del concreto con un 0,5% de aditivo.

Q TEST	alpha	0.05	
group 1	group 2	p-value	
PATRON	0.5% NTC	0.0015340	SI HAY DIFERENCIA
PATRON	1.2% NTC	0.0000281	SI HAY DIFERENCIA
0.5% NTC	1.2% NTC	0.4109496	NO HAY DIFERENCIA

El Patrón tiene mayor resistencia que con el 0.5 % NTC, la cual si hay diferencia significativa.

El Patrón tiene mayor resistencia que con el 1.2 % NTC, la cual si hay diferencia significativa.

El 0.5 % NTC. tiene mayor resistencia que con el 1.2 % NTC, pero no hay diferencia significativa.

CAPITULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A. De la trabajabilidad

La trabajabilidad varía según el slump obtenido de 4.17, 2.67 y 1.43 pulgadas, para concreto patrón, adicionado el 0.5% de NTC y adicionado el 1.2% de NTC, respectivamente. La máxima trabajabilidad obtenida fue de slump 4.17 pulgadas con el concreto patrón, para mayor adición de % de NTC, la trabajabilidad disminuye.

A partir de la validación de la hipótesis, se concluyó que si hay una disminución significativa del Slump del concreto patrón con adición de 0.5% y 1.2% de nanotubos de carbono en base al concreto patrón.

La tesis de (GALÁN, y otros, 2021), en su investigación analizaron la influencia de uso de Nanotubo de Carbono en porcentajes de 0.05, 0.10 y 0.15, la cual hubo una disminución de asentamiento y produce una consistencia más seca, la cual la trabajabilidad de la mezcla se reduce.

En la investigación de (APAZA, y otros, 2018) el uso del Nanotubo de carbono reduce la trabajabilidad, en este proyecto realizaron con 2 tipos de cemento, en la cual en una de ellas se redujo la trabajabilidad en mayor porcentaje; pero en ambos casos se redujo.

B. El contenido de Aire

El contenido de Aire disminuye obtenido de 1.4%, 1.4% y 1.0%, para concreto patrón, adicionado el 0.5% de NTC y adicionado el 1.2% de NTC, respectivamente. El máximo contenido de aire es de 1.4% con respecto al concreto patrón, para mayor adición de % de NTC, el Contenido de Aire disminuye.

A partir de la validación de la hipótesis, se resolvió que si hay una disminución significativa del contenido de Aire del concreto patrón con adición de 0.5% y 1.2% de nanotubos de carbono

La incorporación de aire en la mezcla interviene directamente cuando el concreto se expone a fluctuaciones rápidas de temperatura, como congelación y deshielo, a medida que endurece. La incorporación de aire permite que el concreto resista estas fluctuaciones repentinas y evita el agrietamiento debido a las fuerzas de corte que se producen, pero tales tensiones no son características del buen comportamiento del concreto, por lo que se producirá tal cambio.

C. Resistencia a la compresión

El concreto patrón como las demás muestras fueron expuestas a ciclos de congelamiento la cual se tuvo que simular la condición de clima con ayuda de una congeladora, la cual fue expuesta el tiempo de curado de 12 horas a temperatura ambiente y las otras 12 horas, en la congeladora la cual se acondicionó a una temperatura de -8°C a -10°C .

El concreto patrón tiene una resistencia a la compresión de 254.6 kg/cm^2 a la edad de 7 días, 292.4 kg/cm^2 en el día 14 y de 340.9 kg/cm^2 en el día 28 y más allá de los valores anteriores; verifica el correcto diseño de mezclas por el método ACI.

El concreto con adición del 0.5% de NTC, tiene una resistencia a la compresión de 227.9 kg/cm^2 en el día 7, 244.2 kg/cm^2 en el día 14 y de 291.4 kg/cm^2 en el día 28, más allá de los valores anteriores, verifica el correcto diseño de mezclas por el método ACI.

El concreto con adición del 1.2% de NTC, tiene una resistencia a la compresión de 219.6 kg/cm^2 en el día 7, 235.5 kg/cm^2 en el día 14 y de 265.8 kg/cm^2 en el día 28, más allá de los valores anteriores, verifica el correcto diseño de mezclas por el método ACI.

La resistencia del concreto patrón, adicionado el 0.5% de NTC y adicionado el 1.2% de NTC, en el día 28 se ha obteniendo valores de 340.9 kg/cm^2 , 291.4 kg/cm^2 y 265.8 kg/cm^2 , respectivamente. Como se pudo observar, en el ensayo de concreto patrón y adicionando el 0.5% de NTC supera la resistencia de diseño de 280 kg/cm^2 , para mayores porcentajes al del 0.5% de NTC en función al peso del cemento, disminuye la resistencia.

El concreto con 1.5 de nanosílice sometido a ciclos de congelamiento y deshielo disminuyeron en un 0.5, 0.6 y 0.8% a la edad de 7, 28 y 56 ciclos, con respecto al concreto con 1.5% de nanosílice que no estuvo expuesto a condiciones climáticas de congelación y deshielo (López Ampuero, y otros, 2017).

Según la tesis de (APAZA, y otros, 2018), los resultados obtenidos, en laboratorio, hay un aumento de resistencia del concreto sometido en ciclos de congelamiento y deshielo.

CONCLUSIONES

1. El NTC influye significativamente del concreto patrón a la adición del 0.5% de NTC, desde el momento de la mezcla, se pudo observar los ensayos, y obtener la información del contenido de aire, para darnos indicios de la trabajabilidad y la resistencia de compactación del concreto, en este caso se a obtenido el siguiente contenido de aire de 1.4, 1.4 y 1.0% para adiciones de concreto patrón, más el 0.5% y más el 1.2%, respectivamente, en la cual mayor contenido de aire se presenta mayor trabajabilidad, en la cual hemos visto en los datos obtenidos del Slump, y por ende menor resistencia con respecto a los otras muestras.
2. Se determinó que la adición del NTC influye significativamente en la trabajabilidad siendo esta negativa, ya que según el slump obtenido de 4.17, 2.67 y 1.43 pulg. para adiciones de concreto patrón, adicionado el 0.5% de NTC y adicionado el 1.2% de NTC, respectivamente. La mínima trabajabilidad obtenida fue de slump 1.43 pulg. en el concreto patrón adicionado el 1.2%, Valores menores a esta suma funcionan mejor. A partir de la prueba de hipótesis, se concluyó que el asentamiento del concreto patrón se redujo significativamente mediante la adición de 0,5 % y 1,2 % de NTC.
3. Se determinó que la adición del NTC influye significativamente en el contenido de aire siendo esta negativa; los resultados que se obtuvo fueron los siguientes de 1.4, 1.4 y 1.0 %. para adiciones de concreto patrón, adicionado el 0.5% de NTC y adicionado el 1.2% de NTC, respectivamente; se determinó que a mayor incorporación de NTC al concreto disminuye el contenido de aire. A partir de la prueba de hipótesis, se concluyó que el asentamiento del concreto patrón se redujo significativamente mediante la adición de 0,5 % y 1,2 % de NTC.
4. Se determinó que la adición del NTC influye significativamente en la resistencia, concreto patrón, adicionado el 0.5% de NTC y adicionado el 1.2% de NTC, a la edad de 28 días obteniendo valores de 340.9 kg/cm², 291.4 kg/cm² y 265.8 kg/cm², respectivamente. Como se pudo observar, en el ensayo de concreto patrón y patrón adicionado el 0.5% de NTC supera la resistencia de diseño de 280 kg/cm², para mayores porcentajes al del 0.5% de NTC en función al peso del cemento, disminuye la resistencia.

RECOMENDACIONES

1. Se recomendaría, realizar en futuras investigación con el uso de NTC, con porcentajes menores a 0.5% ya que como se pudo ver, que hay una baja de trabajabilidad, contenido de aire y resistencia en base en cuanto se aumente el % de NTC, en la cual se puede usar aditivos, ya sea para cualquiera de nuestro objetivo, en mi caso, es más favorable en porcentaje de 0.5% en función al cemento, fue positivo.
2. De las conclusiones y como influyo los NTC sobre la trabajabilidad, para tener mejores resultados sobre el concreto patrón se debe evaluar con respecto al porcentaje de NTC, siendo menores de 0.5% de NTC en función al cemento, este trabajo de investigación se debió de realizar en un clima de temperaturas bajas, para tener un mejor panorama completo de ensayos en este clima, en cuanto suma el NTC, reduce la trabajabilidad, se recomienda el uso de aditivos Superplastificante para tener mejor resultados.
3. Del contenido de aire, se recomienda usar aditivos de Incorporador de Aire, como se pudo ver en los resultados del ensayo en cuanto más es la adición de % de NTC, el contenido de aire se va reduciendo.
4. Actualmente el cambio de clima, es variado, presentando al concreto ciertos cambios en condiciones físicas, la cual se ha realizado esta investigación a una temperatura ambiente promedio de 23° C, y el curado a condiciones de temperaturas bajas, se tuvo que simular, el clima frío de congelamiento por 12 horas con ayuda de una congeladora en condiciones de -8°C-10°C, se recomienda usar en menores porcentajes del 0.5% de NTC, para llegar a la resistencia de diseño de 280 kg/cm², y adicionar aditivos, ya que las propiedades físicas en estado fresco influye en el estado endurecido del concreto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABANTO, Fabio. 1997.** *Tecnología del Concreto*. s.l. : San Marcos E.I.R.L., 1997.
- ALAEJOS, M. y BERMÚDEZ, M. 2003.** *Durabilidad y Procesos de Degradación del Hormigón de Presas*. España : Cedex, 2003.
- ALAN, David y CORTEZ, Liliana. 2017.** *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica*. Machala : UTMACH, 2017.
- AMPUERO, Elisman y MAMANI, Juan. 2017.** *Influencia del Nanosílice y Superplastificante en la durabilidad del concreto sometidos a ciclos de congelamiento y deshielo de la Ciudad de Puno (Tesis de grado)*. Universidad Nacional del Altiplano. Perú : s.n., 2017.
- APAZA, Victor y QUISPE, Katherine. 2018.** *Mejoramiento de Propiedades Mecánicas del concreto con adición de Nanotubos de Carbono(Tesis de Grado)*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Perú : s.n., 2018.
- AQEL, Ahmad, y otros. 2010.** Carbon nanotubes, science and technology part (I) structure,. 2010, Vol. 5, 1-23.
- AQEL, Ahmad, y otros. 2012.** Carbon nanotubes, science and technology part (I) structure, synthesis and characterisation. *Arabian Journal of Chemistry*. 2012, Vol. Volume 5.
- ARAUJO, Leonardo. 2019.** *Desempenho de concretos produzidos com nanotubos de carbono sintetizados diretamente sobre o clínquer*. UniversiDde federal de Minas Gerais. Belo Horizonte : s.n., 2019.
- ASTM C1064/C1064M-17.** *Método de prueba estándar para la temperatura del concreto de cemento hidráulico recién mezclado*. s.l. : ASTM.
- ASTM C127-15.** *Prueba de Ensayo de Densidad, Densidad Relativa (Gravedad Específica), y Absorción del Agregado Grueso*. s.l. : ASTM.
- ASTM C128-15.** *Método de ensayo estándar para determinar la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y la absorción de agregados finos*. s.l. : ASTM.
- ASTM C136/C136M-19.** *Método de prueba estandar Análisis por tamizado de agregados finos y gruesos*. s.l. : ASTM.
- ASTM C138 C138M 17a.** *Densidad(peso unitario), rendimiento y contenido de aire(gravimétrico) del concreto*. s.l. : ASTM.
- ASTM C143/C143M.** *Método de Ensayo Estandar para REVENIMIENTO DEL CONCRETO DE CEMENTO HIDRAULICO*. s.l. : ASTM.

ASTM C231/C231M-17a. *Método de Prueba Estándar para el Contenido de Aire del Concreto Recién Mezclado Según el Método de Presión.* s.l. : ASTM.

ASTM C29/ C29-17a. *Método de prueba estándar para densidad aparente("peso unitario")y vacíos en el agregado.* s.l. : ASTM.

ASTM C33/C33M-18. *Especificación estándar para Agregados de hormigónI.* s.l. : ASTM.

ASTM C39/C39M-21. *Resistencia a la compresión de cilindros de concreto.* s.l. : ASTM.

ASTM C566-19. *Contenido de Humedad Total Del Agregado.* s.l. : ASTM.

BAENA, Guillermina. 2017. *Metodología de la Investigación, Serie integral por competencias.* México : Grupo Editorial Patria, 2017. ISBN ebook: 978-607-744-748-1.

BEHAR. 2008. *Metodología de la Investigación.* 2008.

BERNAL. 2010. *Metodología de la Investigación.* México : Trillas, 2010.

BONILLA y RODRÍGUEZ. 2000. *Metodología de Investigación Científica.* 2000.

CABANILLAS GUILLÉN, Henry Horacio. 2020. *Concreto de alta resistenciai, utilizando nanosílice y superplastificante.* Cajamarca, Perú : s.n., 2020.

CANOVAS, M. 2007. *Hormigon.* Madrid : Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales Y Puertos., 2007.

CARDONA VALDEZ, Jazmin Aracelly. 2020. *Evaluación de la resistencia mecánica de morteros de cemento tipo portland con diferentes dosis de nanotubos de carbono de pared múltiple oxidados (MWNCT'S OX) y análisis comparativo con respecto a MWCNT prístinos.* Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala : 2020.

CASTAÑOS, Enrique. 2016. *Cienciadelux. Blog de WordPress.com.* [En línea] 18 de Enero de 2016. <https://cienciadelux.com/2016/01/18/metodos-de-sintesis-de-nanotubos-de-carbono/>.

DAMIANI, Carlos. 2011. *blogspot.* [En línea] 24 de mayo de 2011. <http://carlosdamiani.blogspot.com/2011/05/concretos-en-climas-frios.html>.

DEL MORAL DELGADO, Beatriz. 2022. *Aplicación Práctica de un material cementicio conductor como sensor de Deformaciones, mediante la adición Híbrida de Nanotubos de Carbono y Polvo de Grafito, en elementos a escala real.* Universidad de Alicante, Alicante : 2022.

E-CONSTRUIR.com. 2021. [En línea] 2021.

FARIAS DE MEDEIROS, Marcelo Henrique, DE MELLO MARON DE COSTA, Marianne do Rocio y MATTANA, Alécio Júnior. 2021. *Compósitos de cimento Portland*

com adição de nanotubos de carbono (NTC): Propriedades no estado fresco e resistência à compressão. 2021, Vol. 26, 1, págs. 127-144.

Fuentes, David, y otros. 2020. *Metodología de la Investigación: conceptos, herramientas y ejercicios prácticos en las ciencias administrativas*. Medellín : Universidad Pontificia Bolivariana, 2020. ISBN: 978-764-879-9.

GALÁN, Mary y NIETO, Marco. 2021. *Propuesta de mejora de la permeabilidad del concreto expuesto a sulfatos mediante el uso de los nanotubos de carbono para obras portuarias, en la provincia constitucional del Callao, Perú (Tesis de Grado)*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Perú : s.n., 2021.

HELMUTH, R.A. 1962. *Discussion of Frost Action in Concrete*. s.l. : National Bureau of Standards Monography, 1962. pág. 43.

HERNANDEZ, R, FERNÁNDEZ, C y BAPTISTA, P. 1996. *Metodología de la investigación*. s.l. : McGraw-Hill, 1996. pág. 242.

La República. 2018. Condición climática. 2018.

LIJIMIA, Sumio. 1991. *Nature*. 1991.

LITVAN, G. y C. POWER, T. 1976. *Discussion to Power, T.C.: Freezing Effects in Concrete, Durability of concrete*. Detroit : American Concrete Institute, 1976.

LLANOS, Daniel. 2018. *Los nanotubos de carbono como nueva alternativa para mejorar la resistencia a la fatiga o reducir fisuramiento en diseño de pavimentos rígidos con concreto hidráulico(Tesis de Maestría)*. Universidad Técnica Particular de Loja. Ecuador : s.n., 2018.

NEVILLE, A.M. y BROOKS, J.J. 1998. *Tecnología del Concreto*. México D.F. : Editorial Trillas, 1998.

NIKOLAEV, Pavel, y otros. 1997. Diameter doubling of single-wall nanotubes. *Chemical Physics Letters*. 1997, Vol. 226, 5-6,7, págs. 422-426.

NIÑO ROJAS, Vistor Miguel. 2011. *Metodología de la Investigación*. Bogotá : ediciones de la U, 2011. ISBN: 978-958-8675-94-7.

NTP 339.035. 2022. *NTP 339.035 NORMA TÉCNICA PERUANA CONCRETO. Medición del asentamiento del concreto de cemento hidráulico*. 5ª Edición. s.l. : INACAL, 2022.

NTP 339.077. 2020. *NTP 339.077 NORMA TÉCNICA PERUANA. CONCRETO. Determinación de la exudación del concreto. Métodos de ensayo*. 4ª Edición. s.l. : INACAL, 2020.

NTP 339.088. 2021. *NTP 339.088 NORMA TÉCNICA PERUANA. CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento hidráulico. Especificaciones*. 4ª Edición. s.l. : INACAL, 2021.

- NTP 339.212. 2016.** *NTP 339.212 NORMA TÉCNICA PERUANA. CONCRETO. Método de ensayo estándar para determinar la edad del agrietamiento y características del esfuerzo de tensión inducida del mortero y concreto bajo contracción moderada.* s.l. : INACAL, 2016.
- NTP 339.236. 2020.** *NTP 339.236 NORMA TECNICA PERUANA. CONCRETO. Método de ensayo para la evaluación rápida de la resistencia a la segregación estática del concreto autocompactante utilizando el ensayo de penetración.* s.l. : INACAL, 2020.
- NTP 399.614. 2016.** *NTP 399.614 NORMA TÉCNICA PERUANA. UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Método de ensayo normalizado para evaluar la durabilidad de las unidades de albañilería de concreto bajo condiciones de congelamiento y deshielo.* s.l. : INACAL, 2016.
- NTP 400.037. 2021.** *NTP 400.037 NORMA TÉCNICA PERUANA. AGREGADOS. Agregados para concreto. Especificaciones. 5a Edición.* s.l. : INACAL, 2021.
- PASQUEL, Enrique. 1998.** *Tópicos de la Tecnología del Concreto.* Lima Perú : Colegio de Ingenieros del Perú, Consejo Nacional, 1998.
- PIGEON, M. y PLEAU, R. 1995.** *Durability of concrete in Cold Climates.* Boundry row : E & FN Spon, 1995.
- Poole, Charles y Owens, Frank. 2007.** *Introducción a la Nanotecnología.* s.l. : REVERTÉ, S.A., 2007.
- POWERS, T.C. 1965.** *The Mechanis of Frost Action in Concrete.* s.l. : National Ready Mixed Concrete Association, 1965.
- PULGAR VIDAL, Javier. 1940.** *Las 8 regiones naturales del Perú.* 1940.
- Ramos, Carlos. 2021.** *Diseños de investigación experimental.* 2021.
- RIVVA LOPEZ, Enrique. 2019.** *Diseño de Mezcla.* Lima Perú : s.n., 2019.
- RIVVA LÓPEZ, Enrique. 2000.** *Naturaleza y Materiales del Concreto.* 2000.
- ROMERO MENDOZA, H.L. 2011.** *Deterioro del Hormigon sometido a ensayos acelerados de hielo-deshielo en presencia de cloruros.* Universidad Politecnica de Madrid. Madrid, España. : Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos Canales y Puertos., 2011.
- SALINAS MERUANE, Paulina y CÁRDENAS CASTRO, Manuel. 2009.** *Métodos de Investigación Social.* Segunda. Quito-Ecuador : "Quipus", CIESPAL, 2009. ISBN: 978-9978-55-070-0.

Sánchez, Maream J, Fernández, Mariela y Diaz, Juan C. 2021. *Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo*. Quito : s.n., 2021. pág. 16. ISSN_2631-2786.

SEFO. 2014. Scientific European Federation of Osteopaths. [En línea] 2014. <https://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/las-pruebas-estadisticas/>.

TARAZONA, E, GUARMIZ, W y VÁSQUEZ, I. 2012. Ingeniería de nanomateriales: Nanotubos de Carbono. 2012, Vol. 1, 1, pág. 35.

TERRONES, Mauricio. 2004. *Carbon Nanotubes: Synthesis and Properties, Electronic Devices and Other Emerging Applications. nternational Materials Reviews*. 2004. Vol. 6.

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES. 2019. *Reglamento General de Grados y Títulos de Pregrado*. Huancayo : s.n., 2019. pág. 48. art. 38.

VALERIO, Joe. 2019. *Preparación de Probetas de Concreto con Nanotubos de Carbono para el Mejoramiento de sus Propiedades*. Universidad Nacional de Ingeniería. Perú : s.n., 2019.

VERA, Pedro. 2021. *Manual de Introducción a la Metodología de Investigación en Psicología*. Colombia : Autores Editores, 2021.

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

NANOTUBOS DE CARBONO PARA CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO $f_c=280\text{kg/cm}^2$ EN LA REGION JUNIN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA			
Problema General ¿De qué manera influye el uso de Nanotubos de Carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia del concreto $f_c=280\text{ kg/cm}^2$ en la Región Junín en el año 2022?	Objetivo General Evaluar de qué manera influye el uso de Nanotubos de Carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia del concreto $f_c=280\text{ kg/cm}^2$ en la Región Junín	Hipótesis General Evaluar de qué manera influye el uso de Nanotubos de Carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia del concreto $f_c=280\text{ kg/cm}^2$ en la Región Junín.	Variable Independiente: Nanotubos de Carbono	D1: % de Nanotubos de Carbono	I1: 0.5%	Método de Investigación: Método Científico Bocila(2020)			
Problemas Específicos ¿De qué manera influye el uso de Nanotubos de Carbono en la trabajabilidad en la resistencia del concreto $f_c=280\text{ kg/cm}^2$ en la Región Junín?	Objetivos Específicos Estimar de qué manera influye el uso de Nanotubos de Carbono en la trabajabilidad en la resistencia del concreto $f_c=280\text{ kg/cm}^2$ en la Región Junín	Hipótesis Específicos El uso de Nanotubos de Carbono influye directamente en la trabajabilidad en la resistencia del concreto $f_c=280\text{ kg/cm}^2$ en la Región Junín.			D1: Trabajabilidad		I1: Propiedad del concreto en estado Fresco	Tipo de Investigación: Investigación Aplicada Baena (2017)	
¿De qué manera influye el uso de Nanotubos de Carbono en el contenido de aire en la resistencia del concreto $f_c=280\text{ kg/cm}^2$ en la Región Junín?	Estimar de qué manera influye el uso de Nanotubos de Carbono en el contenido de aire en la resistencia del concreto $f_c=280\text{ kg/cm}^2$ en la Región Junín.	El uso de Nanotubos de Carbono influye directamente en la incorporación de aire en la resistencia del concreto $f_c=280\text{ kg/cm}^2$ en la Región Junín.			Variable Dependiente: Ciclos de Congelamiento y Deshielo		D2: Incorporación de Aire	I1: Propiedad del concreto en estado Fresco	Nivel de Investigación: Descriptivo Correlacional Cortez & Iglesias (2004)
¿De qué manera influye el uso de Nanotubos de Carbono en la resistencia a la compresión del concreto $f_c=280\text{ kg/cm}^2$ en la Región Junín?	Estimar de qué manera influye el uso de Nanotubos de Carbono en la resistencia a la compresión del concreto $f_c=280\text{ kg/cm}^2$ sometido a ciclos de congelamiento y deshielo.	El uso de Nanotubos de Carbono influye directamente en la resistencia a la compresión del concreto $f_c=280\text{ kg/cm}^2$ en la Región Junín.					D3: Resistencia a la Compresión	I1: 7 días I2: 14 días I3: 28 días	Diseño de la Investigación: Pre-experimental Vera (2021)

ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DEL INSTRUMENTO

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
V.I.: Nanotubo de Carbono	La estructura de CNT consiste en una lámina cilíndrica de grafito (llamada grafeno) enrollada formando un cilindro sin costuras de aproximadamente 1 nanómetro de diámetro. El CNT, como miembro relativamente nuevo en los alótropos del carbono, se entiende como un material entre los fullerenos y el grafito	Se operacionaliza mediante su dimensión que es el porcentaje con relación al peso del cemento.	D1: % de Nanotubos de Carbono	I1: 0.5% I2: 1.2%	Ficha recopilación de Datos Ficha recopilación de Datos	Intervalo
V.D.: Ciclos de Congelamiento y Deshielo	En el concreto, el agua contenida en los poros capilares del concreto se congela como factor de deterioro que se produce en climas fríos. En general, este fenómeno se caracteriza por inducir tensiones internas en el concreto, que pueden conducir a la fisuración repetida y el consiguiente colapso.	Se operacionaliza mediante sus dimensiones de: Trabajabilidad, el contenido de Aire y la Resistencia a la compresión	D1: Trabajabilidad D2: Incorporación de Aire D3: Resistencia a la Compresión	I1: Propiedad del concreto en estado Fresco I1: Propiedad del concreto en estado Fresco I1: 7 días I2: 14 días I3: 28 días	Ficha recopilación de Datos Ficha recopilación de Datos Ficha recopilación de Datos	Intervalo

ANEXO 3: INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN VALIDADO

FICHA DE EVALUACIÓN
INFORME DE OPINIÓN DEL JUICIO DE EXPERTO

DATOS GENERALES:

1.1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: NANOTUBOS DE CARBONO PARA CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC=280KG/CM² EN LA REGIÓN JUNÍN.

1.2. NOMBRE DE LOS INSTRUMENTOS MOTIVO DE EVALUACIÓN: FICHA DE OBSERVACIÓN

ASPECTOS DE EVALUACIÓN

Indicadores	Criterios	Muy Deficiente	Deficiente	Regular	Buena	Regular
Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado					
Objetividad	Está expresado en conductas observables					
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia pedagógica					
Organización	Existe una organización lógica					
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					
Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigación					
Constancia	Basados en aspectos teóricos científicos					
Coherencia	Entre los índices, indicadores					
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación					

PROMEDIO DE VALORACIÓN: _____

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: a) Muy deficiente b) Deficiente c) Regular d) Buena e) Muy buena

Nombre y Apellidos		DNI N°:	
Dirección Domiciliaria		Teléfono/Celular:	
Grado Académico			
Mención			

FIRMA

FICHA DE EVALUACIÓN
INFORME DE OPINIÓN DEL JUICIO DE EXPERTO

DATOS GENERALES:

1.1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: NANOTUBOS DE CARBONO PARA CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHELLO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC=280KG/CM2 EN LA REGIÓN JUNÍN.

1.2. NOMBRE DE LOS INSTRUMENTOS MOTIVO DE EVALUACIÓN: FICHA DE OBSERVACIÓN

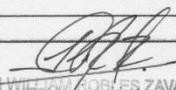
ASPECTOS DE EVALUACIÓN

Indicadores	Criterios	Muy Deficiente	Deficiente	Regular	Buena	Muy buena
Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado					✓
Objetividad	Está expresado en conductas observables					✓
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia pedagógica					✓
Organización	Existe una organización lógica					✓
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					✓
Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigación					✓
Constancia	Basados en aspectos teóricos científicos					✓
Coherencia	Entre los índices, indicadores					✓
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					✓
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación					✓

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 95%

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: a) Muy deficiente b) Deficiente c) Regular d) Buena e) Muy buena

Nombres y Apellidos	JHON WILLIAM ROBLES ZAVALETA	DNI N°:	09595658
Dirección Domiciliaria		Teléfono/Celular:	980292245
Grado Académico	INGENIERO CIVIL		
Mención			


JHON WILLIAM ROBLES ZAVALETA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 254020

FIRMA
LIMA 24/01/2023

FICHA DE EVALUACIÓN
INFORME DE OPINIÓN DEL JUICIO DE EXPERTO

DATOS GENERALES:

1.1. TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN: NANOTUBOS DE CARBONO PARA CICLOS DE CONGELAMIENTO Y DESHIELO EN LA RESISTENCIA DEL CONCRETO FC=280KG/CM² EN LA REGIÓN JUNÍN.

1.2. NOMBRE DE LOS INSTRUMENTOS MOTIVO DE EVALUACIÓN: FICHA DE OBSERVACIÓN

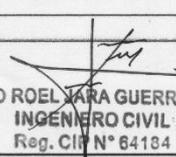
ASPECTOS DE EVALUACIÓN

Indicadores	Criterios	Muy Deficiente	Deficiente	Regular	Buena	Muy buena
Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado					✓
Objetividad	Está expresado en conductas observables					✓
Actualidad	Adecuado al avance de la ciencia pedagógica					✓
Organización	Existe una organización lógica					✓
Suficiencia	Comprende los aspectos en cantidad y calidad					✓
Intencionalidad	Adecuado para valorar los instrumentos de investigación					✓
Constancia	Basados en aspectos teóricos científicos					✓
Coherencia	Entre los índices, indicadores					✓
Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico					✓
Pertinencia	Es útil y adecuado para la investigación					✓

PROMEDIO DE VALORACIÓN: _____

OPINIÓN DE APLICABILIDAD: a) Muy deficiente b) Deficiente c) Regular d) Buena e) Muy buena

Nombres y Apellidos	<i>Leo Roel Lara Guerrero</i>	DNI N°:	<i>1082133</i>
Dirección Domiciliaria		Teléfono/Celular:	
Grado Académico	<i>Ingeniero Civil</i>		
Mención			


LEO ROEL LARA GUERRERO
INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 64184

FIRMA

ANEXO 4: FICHA TÉCNICA NANOTUBOS DE CARBONO



MSDS

No.: MSDS202101010019 Date: Jan. 02, 2021 Page 1 of 7

Material Safety Data Sheet

Section 1 – Chemical Product and Company Identification

Trade Name: Carbon powder

Article number: N/A

Manufacture/Supplier:

GUANGZHOU RUNSHOU BUILDING
MATERIALS CO. LTD

101Hengfeng Building Yongping Street Baiyun Dist, Guangzhou City, Guangdong Province, China

Fax No: N/A Tel No: 86-137-1331-4853

Further information obtainable from:

Dongguan Langxian Trading Co., Ltd

Information in case of emergency:

101Hengfeng Building Yongping Street Baiyun Dist, Guangzhou City, Guangdong Province,
China

Fax No: N/A Tel No: 86-137-1331-4853

E-mail: 2850163925@qq.com

Section 2 – Composition/Data on component

Chemical characterization

Chemical Name	CAS No.	EC No.	Weight (%)
Coconut shell carbon	64365-11-3	264-846-4	≥72
Water	7732-18-5	N/A	≤8
Peppermint oil	8006-90-4	616-900-7	15
Mint essence	8006-90-4	616-900-7	1
Maltodextrin	9050-36-6	232-940-4	4

Guangzhou Comonbest Technology Co., Ltd

Tel: (86-20) 32932818

Fax: (86-20) 3209639

<http://www.omtest.com>

702C, Building B, No 9 of Caiya Road, Guangzhou Economic & Technology Development District, Guangzhou, Guangdong, P.R.C.

规格: 10g □ 30g □

分子式: C 分子量: 12.01

CAS: 308068-56-6 晶系: 六方晶系

贮存措施:
开封后请常温容器密闭保存,

警告:
远离火种, 热源与氧化剂, 酸碱类等分储分运。

灭火:
雾状水、泡沫、二氧化碳、砂土

误食: 饮用温水, 催吐。

本企业通过ISO9001:2008国际质量体系

深圳市穗衡科技有限公司

多壁碳纳米管

— MWCNT —

应用领域/用途: 复合材料增强, 储能新型显示; 催化剂、传感器、储氢材料、半导体材料、生物医学工程、海水净化可改善材料等导电、导热、防腐、光/热稳定性、强度、耐磨等性能。

技术参数

测试项目/单位	合格标准
管径/nm: _____	3-15
管长/um: _____	15-30
纯度/%: _____	> 98%
灰度: _____	< 2.5%
堆积密度g/cm ³ : _____	0.060-0.9
比表面积m ² /g: _____	250-270
铁/mg/kg: _____	< 4000
铝/mg/kg: _____	< 3500
铜/mg/kg: _____	800

FICHA DE EVALUACIÓN DEL ANALISIS GRANULOMÉTRICO

Solicitante:
Nombre del proyecto

Expediente N°:
Fecha de ensayo:
Fecha de emisión:

Ubicación del laboratorio:
Identificación muestra:

ANALISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136/C136M-19

AGREGADO FINO - ARENA GRUESA ASTM C 33/C33M-18							
Malla	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Peso Retenido Acumulado (%)	% Pasa Acumulado	ASTM "Lim Sup"	ASTM "Lim Inf"
4"	101.60						
3 1/2"	88.90						
2"	76.20						
2 1/2"	63.50						
2"	50.80						
1 1/2"	38.10						
1"	25.40						
3/4"	19.05						
1/2"	12.70						
3/8"	9.53						
#4	4.75						
#8	2.36						
#16	1.18						
#30	0.59						
#50	0.30						
#100	0.15						
Fondo							
Total							

FICHA DE INFORME DE GRAVEDAD ESPECÍFICA

Solicitante:
Nombre del proyecto

Expediente N°:
Fecha de ensayo:
Fecha de emisión:

Ubicación del laboratorio:
Identificación muestra:

INFORME GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO FINO ASTM C128-15

REFERENCIAS DE LA MUESTRA:

Identificación:
Descripción:

Presentación:
Cantidad:

N°	Reporte	Unidades
1	Peso específico de la masa	g/cc 2.622
2	Peso específico saturado superficie seca S.S.S.	g/cc 2.670
3	Peso específico aparente	g/cc 2.752
4	Porcentaje de absorción	% 1.8

FICHA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Solicitante:
Nombre del proyecto

Expediente N°:
Fecha de ensayo:
Fecha de emisión:

Ubicación del laboratorio:
Identificación muestra:

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM C 566-19

REFERENCIAS DE LA MUESTRA:

Identificación:
Descripción:

Presentación:
Cantidad:

Descripción	Unidades	Datos
Peso del suelo húmedo	g	
Peso del suelo seco	g	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	

FICHA DEL PESO UNITARIO SUELTO Y VARILLADO

Solicitante:
Nombre del proyecto

Expediente N°:
Fecha de ensayo:
Fecha de emisión:

Ubicación del laboratorio:
Identificación muestra:

PESO UNITARIO SUELTO Y VARILLADO DEL AGREGADO ASTM C29/ C29-17a

REFERENCIA DE LA MUESTRA:

Identificación:
Descripción:

Presentación:
Cantidad:

REFERENCIAS DEL ENSAYO

Volumen del molde - A.F.

m³

Peso específico seco A.F.:

Kg/cm³

Peso del molde - A.F.:

kg

AGREGADO FINO						
N°	CONDICIÓN SUELTA			CONDICIÓN COMPACTADA		
	Peso muestra + molde (kg)	Peso de la muestra(kg)	Peso Unitario (kg/cm ³)	Peso muestra + molde (kg)	Peso de la muestra (kg)	Peso Unitario(kg/cm ³)
1						
2						
	Promedio			Promedio		
	PESO UNITARIO SUELTO kg/m ³			PESO UNITARIO COMPAC kg/m ³		
	VACIOS %			VACIOS%		

FICHA DEL DISEÑO DE MEZCLA

Solicitante:
Nombre del proyecto

Expediente N°:
Fecha de ensayo:
Fecha de emisión:

Ubicación del laboratorio:
Identificación muestra:

DISEÑO DE MEZCLA			
Procedencia del cemento			
Procedencia del agua			
Procedencia del agregado grueso			
Procedencia del agregado fino			
Asentamiento	Pulgada		
Factor cemento	bolsa/m ³		
Relación a/c seco			
Relación a/c obra			
Proporciones de materiales por m ³		Diseño seco	Diseño húmedo
Cemento	kg/m ³		
Agua	l/m ³		
Agregado grueso	kg/m ³		
Agregado fino	kg/m ³		
Peso Total	kg/m ³		
Ensayos en concreto fresco			
Temperatura ambiente	°C		
Temperatura mezcla	°C		
Humedad relativa	%		
Peso Unitario Concreto	kg/m ³		
Rendimiento	m ³		
Contenido de Aire	%		
Proporciones en peso corregido(kg/bolsa)		:	:
Proporciones en volumen corregido(pie ³ /		:	:

FICHA PARA ENSAYO DE CONCRETO FRESCO

ANEXO 5: PROTOCOLOS DE LABORATORIO



RUC 20506076235
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
 Int. 1 Huachipa – Lima – Perú
 950 270 955 – 01 5407661
 Web: www.masterlem.com.pe
 Email: servicios@masterlem.com.pe

Solicitante : Rocío Olga Matos Ambrosio Expediente N° : 255_22_1
 Nombre del proyecto : "Nanotubos de carbono para ciclos de congelamiento y
 deshielo en la resistencia de concreto f'c 280 kg/cm² en la
 región de Junín". Fecha de ensayo : 21/11/2022
 Fecha de emisión : 6/12/2022
 Ubicación del laboratorio : Huachipa, Lima Páginas : 1 de 2
 Identificación muestra : Cantera San Pedrito - Agregado fino

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136/C136M-19

AGREGADO FINO - ARENA GRUESA				ASTM C 33/C33M-18			
Malla	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "Lim Sup"	ASTM "Lim Inf"	
4"	101.60 mm	0.0	0.0	0.0	100.0	100	
3 1/2"	88.90 mm	0.0	0.0	0.0	100.0	100	
3"	76.20 mm	0.0	0.0	0.0	100.0	100	
2 1/2"	63.50 mm	0.0	0.0	0.0	100.0	100	
2"	50.80 mm	0.0	0.0	0.0	100.0	100	
1 1/2"	38.10 mm	0.0	0.0	0.0	100.0	100	
1"	25.40 mm	0.0	0.0	0.0	100.0	100	
3/4"	19.05 mm	0.0	0.0	0.0	100.0	100	
1/2"	12.70 mm	0.0	0.0	0.0	100.0	100	
3/8"	9.53 mm	0.0	0.0	0.0	100.0	100	
# 4	4.75 mm	34.1	3.4	3.4	96.6	95	
# 8	2.36 mm	107.0	10.6	14.0	86.0	80	
# 16	1.18 mm	199.7	19.8	33.9	66.1	50	
# 30	0.59 mm	233.0	23.1	57.0	43.0	25	
# 50	0.30 mm	287.5	28.6	85.6	14.4	5	
# 100	0.15 mm	102.9	10.2	95.8	4.2	0	
Fondo		42.4	4.2	100.0	0.0	0	

Módulo de fineza: 2.90

Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



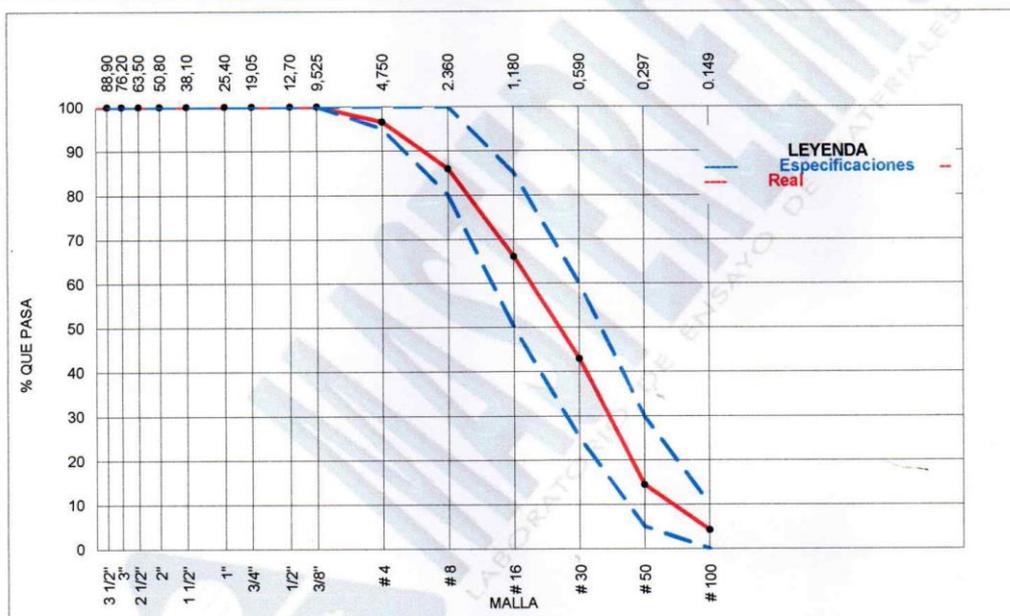
Raf
 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. de CIP N° 84286



RUC 20506076235
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
 Int. 1 Huachipa – Lima – Perú
 950 270 955 – 01 5407661
 Web: www.masterlem.com.pe
 Email: servicios@masterlem.com.pe

Solicitante : Rocio Olga Matos Ambrosio Expediente N° : 255_22_1
 Nombre del proyecto : "Nanotubos de carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia de concreto f'c 280 kg/cm2 en la región de Junín". Fecha de ensayo : 21/11/2022
 Fecha de emisión : 6/12/2022
 Páginas : 2 de 2
 Ubicación del laboratorio : Huachipa, Lima
 Identificación muestra : Cantera San Pedrito - Agregado fino

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136/C136M-19



Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



J. Ramirez
 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. de CIP N° 84286



RUC 20506076235
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
 Int. 1 Huachipa - Lima - Perú
 950 270 955 - 01 5407661
 Web: www.masterlem.com.pe
 Email: servicios@masterlem.com.pe

Solicitante : Rocio Olga Matos Ambrosio Expediente N° : 255_22_2
 Nombre del proyecto : "Nanotubos de carbono para ciclos de congelamiento y
 deshielo en la resistencia de concreto f'c 280 kg/cm2 en la
 región de Junín". Fecha de ensayo : 21/11/2022
 Fecha de emisión : 5/12/2022
 Ubicación del laboratorio : Huachipa, Lima Páginas : 1 de 2
 Identificación muestra : Cantera La Gloria - Agregado grueso

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136/C136M-19

AGREGADO GRUESO HUSO # 56				ASTM C 33/C33M-18			
Malla		Peso Ret. (g)	Peso Ret. (%)	Peso Ret. Acum. (%)	% Pasa Acum.	ASTM "Lim Sup"	ASTM "Lim Inf"
4"	101.60 mm	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
3 1/2"	88.90 mm	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
3"	76.20 mm	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
2 1/2"	63.50 mm	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
2"	50.80 mm	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
1 1/2"	38.10 mm	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
1"	25.40 mm	354.1	3.2	3.2	96.8	90	100
3/4"	19.05 mm	3048.8	27.6	30.8	69.2	40	85
1/2"	12.70 mm	3936.2	35.7	66.5	33.5	10	40
3/8"	9.53 mm	2292.2	20.8	87.3	12.7	0	15
# 4	4.75 mm	1270.9	11.5	98.8	1.2	0	5
# 8	2.36 mm	65.7	0.6	99.4	0.6	0	0
# 16	1.18 mm	34.2	0.3	99.7	0.3	0	0
# 30	0.59 mm	16.4	0.1	99.8	0.2	0	0
# 50	0.30 mm	10.1	0.1	99.9	0.1	0	0
# 100	0.15 mm	5.0	0.0	100.0	0.0	0	0
Fondo		2.0	0.0	100.0	0.0	0	0

Módulo de finura 7.10

Tamaño máximo 1 1/2" Pulgada
 Tamaño máximo nominal 1" Pulgada

Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



Roy
 JORGE FRANCISCO RAMÍREZ J.F.
 INGENIERO CIVIL
 Reg. de CIP N° 64386



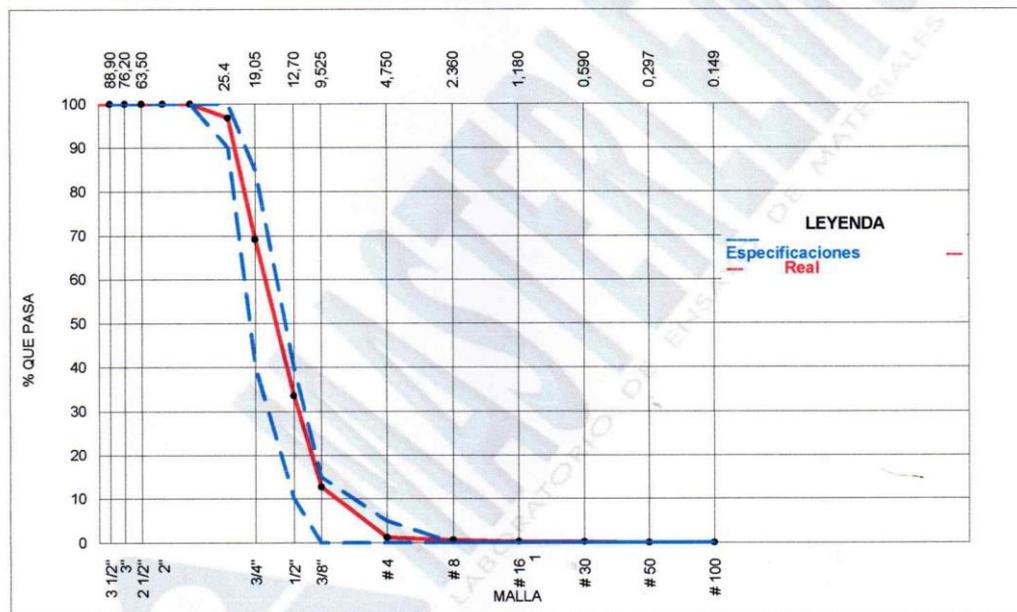
RUC 20506076235
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
 Int. 1 Huachipa – Lima – Perú
 950 270 955 – 01 5407661
 Web: www.masterlem.com.pe
 Email: servicios@masterlem.com.pe

Solicitante : Rocio Olga Matos Ambrosio
 Nombre del proyecto : "Nanotubos de carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia de concreto f'c 280 kg/cm2 en la región de Junín".
 Expediente N° : 255_22_2
 Fecha de ensayo : 21/11/2022
 Fecha de emisión : 6/12/2022
 Pagina : 2 de 2

Ubicación del laboratorio : Huachipa, Lima

Identificación muestra : Cantera La Gloria - Agregado grueso

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136/C136M-19



Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



Jorge Francisco Ramirez Japaja
 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. de CIP N° 84286



RUC 20506076235
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
 Int. 1 Huachipa – Lima – Perú
 950 270 955 – 01 5407661
 Web: www.masterlem.com.pe
 Email: servicios@masterlem.com.pe

Solicitante : Rocio Olga Matos Ambrosio Expediente N° : 255_22_3
 Nombre del proyecto : "Nanotubos de carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia de concreto f'c 280 kg/cm2 en la región de Junín". Fecha de ensayo : 21/11/2022
 Fecha de emisión : 6/12/2022
 Ubicación del laboratorio : Huachipa, Lima
 Identificación muestra : Cantera San Pedrito

PESO UNITARIO SUELTO Y VARILLADO DEL AGREGADO ASTM C29/ C29-17a

REFERENCIAS DE LA MUESTRA:

Identificación : Cantera San Pedrito Presentación : Saco de polipropileno
 Descripción : Agregado fino Cantidad : 180 kg aprox.

REFERENCIAS DEL ENSAYO:

Volumen del molde - A.F. : 0.00283 m³ Peso específico seco A.F. : 2621 Kg/cm³
 Peso del molde - A.F. : 1.640 kg

AGREGADO FINO						
N°	CONDICIÓN SUELTA			CONDICIÓN COMPACTADA		
	Peso muestra + molde (kg)	Peso de la muestra (kg)	Peso Unitario (kg/cm ³)	Peso muestra + molde (kg)	Peso de la muestra (kg)	Peso Unitario (kg/cm ³)
1	6.11	4.47	1580	6.52	4.88	1725
2	6.11	4.47	1578	6.55	4.91	1733
Promedio			1579	Promedio		1729
PESO UNITARIO SUELTO kg/m ³			1579	PESO UNITARIO COMPACTADO kg/m ³		1729
VACÍOS %			39.6	VACÍOS %		33.8

Certificados de calibración de equipos

Certificados de calibración de balanza N° CCB 012-2022
 Certificado de calibración de horno N° CMI-002-2022

Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



Raf
 JORGE FRANCISCO RAMÍREZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. de CIP N° 84286



RUC 20506076235
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
 Int. 1 Huachipa – Lima – Perú
 950 270 955 – 01 5407661
 Web: www.masterlem.com.pe
 Email: servicios@masterlem.com.pe

Solicitante : Rocio Olga Matos Ambrosio Expediente N° : 255_22_4
 Nombre del proyecto : "Nanotubos de carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia de concreto f'c 280 kg/cm2 en la región de Junín". Fecha de ensayo : 21/11/2022
 Fecha de emisión : 6/12/2022
 Ubicación del laboratorio : Huachipa, Lima.
 Identificación muestra : Cantera La Gloria

PESO UNITARIO SUELTO Y VARILLADO DEL AGREGADO ASTM C29/ C29-17a

REFERENCIAS DE LA MUESTRA:

Identificación : Cantera La Gloria Presentación : Saco de polipropileno
 Descripción : Agregado grueso Cantidad : 180 kg aprox.

REFERENCIAS DEL ENSAYO:

Volumen del molde - A.G. : 0.00703 m³ Peso específico seco A.G. : 2690 Kg/cm³
 Peso del molde - A.G. : 2.42 kg

AGREGADO GRUESO						
N°	CONDICIÓN SUELTA			CONDICIÓN COMPACTADA		
	Peso muestra + molde (kg)	Peso de la muestra (kg)	Peso Unitario (kg/cm ³)	Peso muestra + molde (kg)	Peso de la muestra (kg)	Peso Unitario (kg/cm ³)
1	12.90	10.48	1491	14.21	11.79	1677
2	12.89	10.47	1489	14.21	11.79	1677
Promedio			1490	Promedio		1677
PESO UNITARIO SUELTO kg/m ³			1490	PESO UNITARIO COMPACTADO kg/m ³		1677
VACÍOS %			44.4	VACÍOS %		37.5

Certificados de calibración de equipos
 Certificado de calibración de balanza N° CCB 012-2022
 Certificado de calibración de horno N° CMI-002-2022

Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



Ram
 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JUNIOR
 INGENIERO CIVIL
 Reg. de CIP N° 84286



RUC 20506076235
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
 Int. 1 Huachipa – Lima – Perú
 950 270 955 – 01 5407661
 Web: www.masterlem.com.pe
 Email: servicios@masterlem.com.pe

Solicitante : Rocio Olga Matos Ambrosio Expediente N° : 255_22_5
 Nombre del proyecto : "Nanotubos de carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia de concreto f'c 280 kg/cm2 en la región de Junín". Fecha de ensayo : 21/11/2022
 Fecha de emisión : 6/12/2022
 Ubicación del laboratorio : Huachipa, Lima.
 Identificación muestra : Cantera La Gloria

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM C 566-19

REFERENCIAS DE LA MUESTRA:

Identificación : Cantera La Gloria Presentación : saco de polipropileno
 Descripción : Agregado grueso Cantidad : 180 kg aprox.

Descripción	Unidades	Datos
Peso del agregado grueso húmedo	g	4804.5
Peso del agregado grueso seco	g	4775.8
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.60

Certificados de calibración de equipos

Certificado de calibración de balanza N° CCB 012-2022
 Certificado de calibración de horno N° CMI-002-2022

Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



Jorge Francisco Ramirez Japaja
 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. de CIP N° 84286



RUC 20506076235
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
 Int. 1 Huachipa – Lima – Perú
 950 270 955 – 01 5407661
 Web: www.masterlem.com.pe
 Email: servicios@masterlem.com.pe

Solicitante : Rocio Olga Matos Ambrosio Expediente N° : 255_22_6
 Nombre del proyecto : "Nanotubos de carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia de concreto f'c 280 kg/cm² en la región de Junín". Fecha de ensayo : 21/11/2022
 Fecha de emisión : 6/12/2022
 Ubicación del laboratorio : Huachipa, Lima.
 Identificación muestra : Cantera San Pedrito

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM C566-19

REFERENCIAS DE LA MUESTRA:

Identificación : Cantera San Pedrito Presentación : Saco de polipropileno
 Descripción : Agregado fino Cantidad : 180 kg aprox.

Descripción	Unidades	Datos
Peso del suelo húmedo	g	1925.2
Peso del suelo seco	g	1886.0
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	2.1

Certificados de calibración de equipos

Certificado de calibración de balanza N° CCB 012-2022
 Certificado de calibración de horno N° CMI-002-2022

Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.




 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. de CIP N° 84286



RUC 20506076235
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
 Int. 1 Huachipa – Lima – Perú
 950 270 955 – 01 5407661
 Web: www.masterlem.com.pe
 Email: servicios@masterlem.com.pe

Solicitante : Rocio Olga Matos Ambrosio Expediente N° : 255_22_7
 Nombre del proyecto : "Nanotubos de carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia de concreto f'c 280 kg/cm2 en la región de Junin". Fecha de ensayo : 21/11/2022
 Fecha de emisión : 6/12/2022
 Ubicación del laboratorio : Huachipa, Lima.
 Identificación muestra : Cantera La Gloria

INFORME GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO GRUESO ASTM C127 - 15

REFERENCIAS DE LA MUESTRA:

Identificación : Cantera La Gloria Presentación : Saco de polipropileno
 Descripción : Agregado grueso Cantidad : 180 kg aprox.

N°	Resultados	Unidades	Resultados
2	Peso específico de masa	g/cc	2.690
1	Peso específico Sat. Sup. Seca	g/cc	2.712
3	Peso específico aparente	g/cc	2.750
4	Absorción de agua	%	0.8

Certificados de calibración de equipos

Certificado de calibración de balanza N°CCB-012-2022
 Certificado de calibración de homo N° CMI-002-2022

Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



Ram
 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. de CIP N° 84286



RUC 20506076235
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
 Int. 1 Huachipa – Lima – Perú
 950 270 955 – 01 5407661
 Web: www.masterlem.com.pe
 Email: servicios@masterlem.com.pe

Solicitante : Rocio Olga Matos Ambrosio Expediente N° : 255_22_8
 Nombre del proyecto : "Nanotubos de carbono para ciclos de congelamiento y
 deshielo en la resistencia de concreto f'c 280 kg/cm2 en la Fecha de ensayo : 21/11/2022
 región de Junín". Fecha de emisión : 6/12/2022

Ubicación del laboratorio : Huachipa, Lima.

Identificación muestra : Cantera San Pedrito

INFORME GRAVEDAD ESPECÍFICA DEL AGREGADO FINO ASTM C128 - 15

REFERENCIAS DE LA MUESTRA:

Identificación : Cantera San Pedrito Presentación : Saco de polipropileno
 Descripción : Agregado fino Cantidad : 150 kg aprox.

N°	Reporte	Unidades	Resultados
1	Peso específico de la masa	g/cc	2.621
2	Peso específico saturado superficie seca S.S.S.	g/cc	2.670
3	Peso específico aparente	g/cc	2.754
4	Porcentaje de absorción	%	1.8

Certificados de calibración de equipos

Certificado de calibración de balanza N° CCB 012-2022

Certificado de calibración de horno N° CMI-002-2022

Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



Raf
 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPA JA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. de CIP N° 84286



RUC 20506076235
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
 Int. 1 Huachipa – Lima – Perú
 950 270 955 – 01 5407661
 Web: www.masterlem.com.pe
 Email: servicios@masterlem.com.pe

Solicitante : Rocio Olga Matos Ambrosio Expediente N° : 255_22_9
 Nombre del proyecto : "Nanotubos de carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia de concreto f'c 280 kg/cm2 en la región de Junín". Fecha de ensayo : 23/11/2022
 Ubicación del laboratorio : Huachipa-Lima-Perú. Fecha de emisión : 7/12/2022
 Identificación muestra : Diseño 280 kg/cm2 Patrón

DISEÑO DE MEZCLA

Diseño de mezcla f'c = 280 kg/cm² Cemento tipo I Slump 3 a 4 pulgadas

Procedencia del cemento	:	Sol Tipo I	
Procedencia del agua	:	Potable Lima	
Procedencia del agregado grueso	:	La Gloria	
Procedencia del agregado fino	:	San Pedrito	
Asentamiento	pulgada	:	4
Factor cemento	bolsa/m ³	:	12.1
Relacion a/c seco	:	:	0.476
Relacion a/c obra	:	:	0.475
Proporciones de materiales por m ³			
		Diseño seco	Diseño húmedo
Cemento	kg/m ³	515	515
Agua	l/m ³	245	245
Agregado grueso	kg/m ³	818	823
Agregado fino	kg/m ³	766	782
Peso total	kg/m ³	2344	2365
Ensayos en concreto fresco			
Temperatura ambiente	°C	:	20.6
Temperatura mezcla	°C	:	22.7
Humedad relativa	%	:	68
Peso unitario concreto	kg/m ³	:	2352
Rendimiento	m ³	:	1.01
Contenido de aire	%	:	1.3
Fecha de vaciado	d/m/a	:	23/11/2022

Proporciones en peso corregido (kg/bolsa) : 1 : 1.52 : 1.60 : 20 Litros/bolsa

Proporciones en volumen corregido (pie³/bolsa) : 1 : 1.41 : 1.60 : 20 Litros/bolsa

Nota: En obra corregir por humedad.

Contenido de humedad agregado fino = 2.10% y absorción = 1.83%

Contenido de humedad agregado grueso = 0.6% y absorción = 0.8%

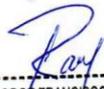
Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.

El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.

La muestra fue proporcionada por el cliente.




 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. de CIP N° 84286



RUC 20506076235
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
 Int. 1 Huachipa – Lima – Perú
 950 270 955 – 01 5407661
 Web: www.masterlem.com.pe
 Email: servicios@masterlem.com.pe

Solicitante : Rocio Olga Matos Ambrosio Expediente N° : 255_22_10
 Nombre del proyecto : "Nanotubos de carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia de concreto f'c 280 kg/cm2 en la región de Junín". Fecha de ensayo : 23/11/2022
 Fecha de emisión : 7/12/2022
 Ubicación del laboratorio : Huachipa-Lima-Perú.
 Identificación muestra : 0.5% de Nanotubos de carbono diseño f'c 280 kg/cm2

DISEÑO DE MEZCLA

Procedencia del cemento : Sol Tipo I
 Procedencia del agua : Potable Lima
 Procedencia del agregado grueso : La Gloria
 Procedencia del agregado fino : San Pedrito
 Procedencia del nanotubo carbono : Henan - China
 Asentamiento pulgadas : 2 3/4
 Factor cemento bolsa/m³ : 12.1
 Relacion a/c seco : 0.476
 Relacion a/c obra : 0.475

Proporciones de materiales por m ³		Diseño seco	Diseño húmedo
Cemento	kg/m ³	515	515
Agua	l/m ³	245	245
Agregado grueso	kg/m ³	818	823
Agregado fino	kg/m ³	766	782
Nanotubo carbono	kg/m ³	2.58	2.58
Peso total	kg/m ³	2346	2367

Ensayos en concreto fresco

Temperatura ambiente	°C	20.6
Temperatura mezcla	°C	22.7
Humedad relativa	%	68
Peso unitario concreto	kg/m ³	2352
Rendimiento	m ³	1.01
Contenido de aire	%	1.3
Fecha de vaciado	d/m/a	23/11/2022

Proporciones en peso corregido (kg/bolsa) : 1 : 1.52 : 1.60 : 20 Litros/bolsa Nanotubos 0.21 kg/bolsa
 Proporciones en volumen corregido (pie³/bolsa) : 1 : 1.41 : 1.60 : 20 Litros/bolsa Nanotubos 0.21 kg/bolsa

Nota: En obra corregir por humedad.

Contenido de humedad agregado fino = 2.10% y absorción = 1.83%
 Contenido de humedad agregado grueso = 0.6% y absorción = 0.8%

Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
 El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.
 La muestra fue proporcionada por el cliente.



JFR
 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JR.
 INGENIERO CIVIL
 Reg. de CIP N° 84286



RUC 20506076235
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
 Int. 1 Huachipa – Lima – Perú
 950 270 955 – 01 5407661
 Web: www.masterlem.com.pe
 Email: servicios@masterlem.com.pe

Solicitante : Rocio Olga Matos Ambrosio Expediente N° : 255_22_11
 Nombre del proyecto : "Nanotubos de carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia de concreto f'c 280 kg/cm2 en la región de Junín". Fecha de ensayo : 23/11/2022
 Fecha de emisión : 7/12/2022
 Ubicación del laboratorio : Huachipa-Lima-Perú.
 Identificación muestra : 1.2% de Nanotubos de carbono diseño f'c 280 kg/cm2

DISEÑO DE MEZCLA

Procedencia del cemento	:	Sol Tipo I		
Procedencia del agua	:	Potable Lima		
Procedencia del agregado grueso	:	La Gloria		
Procedencia del agregado fino	:	San Pedrito		
Procedencia del nanotubo carbono	:	Henan - China		
Asentamiento	pulgadas	:	1 1/2	
Factor cemento	bolsa/m ³	:	12.1	
Relacion a/c seco	:	:	0.476	
Relacion a/c obra	:	:	0.475	
Proporciones de materiales por m ³		Diseño seco	Diseño húmedo	
Cemento	kg/m ³	:	515	515
Agua	l/m ³	:	245	245
Agregado grueso	kg/m ³	:	817	822
Agregado fino	kg/m ³	:	765	781
Nanotubo carbono	kg/m ³	:	6.18	6.18
Peso total	kg/m ³	:	2348	2369
Ensayos en concreto fresco				
Temperatura ambiente	°C	:	20.1	
Temperatura mezcla	°C	:	22.3	
Humedad relativa	%	:	65	
Peso unitario concreto	kg/m ³	:	2355	
Rendimiento	m ³	:	1.01	
Contenido de aire	%	:	1.0	
Fecha de vaciado	d/m/a	:	23/11/2022	

Proporciones en peso corregido (kg/bolsa) : 1 : 1.52 : 1.60 : 20 Litros/bolsa Nanotubos 0.51 kg/bolsa
 Proporciones en volumen corregido (pie³/bolsa) : 1 : 1.41 : 1.60 : 20 Litros/bolsa Nanotubos 0.51 kg/bolsa

Nota: En obra corregir por humedad.

Contenido de humedad agregado fino = 2.10% y absorción = 1.83%

Contenido de humedad agregado grueso = 0.6% y absorción = 0.8%

Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.

El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.

La muestra fue proporcionada por el cliente.



Ray
 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. de CIP N° 84286



RUC 20506076235
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
 Int. 1 Huachipa – Lima – Perú
 950 270 955 – 01 5407661
 Web: www.masterlem.com.pe
 Email: servicios@masterlem.com.pe

Solicitante : Rocio Olga Matos Ambrosio Expediente N° : 255_22_12
 Nombre del proyecto "Nanotubos de carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia de concreto f'c 280 kg/cm2 en la región de Junín". Fecha de ensayo : 30/11/2022
 Fecha de emisión : 21/12/2022

Ubicación del laboratorio : Huachipa, Lima
 Identificación muestra : Diseño f'c= 280 kg/cm2 patrón

Página 1 de 3

INFORME RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO ASTM C39/C39M-21

Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diametro promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Area mm ²	Carga máxima kN	Resistencia a la compresión MPa	Resistencia a la compresión kg/cm ²	Tipo de falla
Diseño patrón M-1	23/11/22	30/11/22	7	101	201	8012	209	26.0	266	3
Diseño patrón M-2	23/11/22	30/11/22	7	101	202	8012	201	25.0	255	2
Diseño patrón M-3	23/11/22	30/11/22	7	99	202	7698	191	24.8	253	2
Diseño patrón M-4	23/11/22	30/11/22	7	99	202	7698	183	23.7	242	3
Diseño patrón M-5	23/11/22	30/11/22	7	101	201	8012	201	25.1	256	2

Nota:

Factor de conversión: 1 Mpa = 10.1972 kg/cm²

Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo
 Las muestras no presentaron ningún defecto.

Tipo de fallas:

Tipo 1: Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.

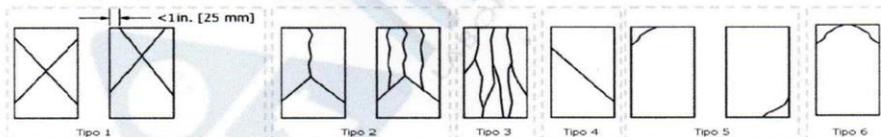
Tipo 2: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido.

Tipo 3: Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.

Tipo 4: Fractura diagonal sin grietas en las base.

Tipo 5: Fracturas de lado en las bases (superior o inferior), ocurren comunmente con las capas de embonado.

Tipo 6: Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado.



Certificados de calibración de equipos

Certificado de calibración pie de rey N° CPR- 003-2021

Certificado de calibración N° Prensa CMC-019-2022

Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
 El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



Roy
 GEORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. de CIP N° 84286



RUC 20506076235
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
 Int. 1 Huachipa – Lima – Perú
 950 270 955 – 01 5407661
 Web: www.masterlem.com.pe
 Email: servicios@masterlem.com.pe

Solicitante : Rocio Olga Matos Ambrosio Expediente N° : 255_22_12
 Nombre del proyecto "Nanotubos de carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia de concreto f'c 280 kg/cm2 en la región de Junín". Fecha de ensayo : 7/12/2022
 Fecha de emisión : 21/12/2022

Ubicación del laboratorio : Huachipa, Lima
 Identificación muestra : Diseño f'c= 280 kg/cm2 patrón

Página 2 de 3

INFORME RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPÉCIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO ASTM C39/C39M-21

Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diametro promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Area mm ²	Carga máxima kN	Resistencia a la compresión MPa	Resistencia a la compresión kg/cm ²	Tipo de falla
Diseño patrón M-6	23/11/22	07/12/22	14	99	201	7698	218	28.3	288	2
Diseño patrón M-7	23/11/22	07/12/22	14	100	202	7854	231	29.3	299	2
Diseño patrón M-8	23/11/22	07/12/22	14	98	202	7543	210	27.9	284	2
Diseño patrón M-9	23/11/22	07/12/22	14	99	201	7698	223	29.0	296	2
Diseño patrón M-10	23/11/22	07/12/22	14	101	202	8012	231	28.8	293	2

Nota:

Factor de conversión: 1 Mpa = 10.1972 kg/cm²

Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo

Las muestras no presentaron ningún defecto.

Tipo de fallas:

Tipo 1: Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.

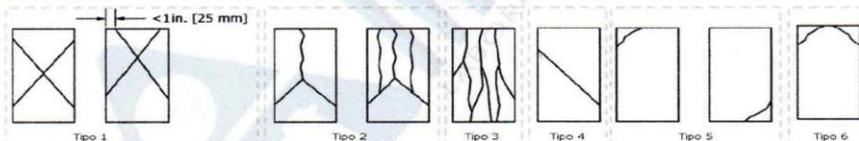
Tipo 2: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido.

Tipo 3: Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.

Tipo 4: Fractura diagonal sin grietas en las bases.

Tipo 5: Fracturas de lado en las bases (superior o inferior), ocurren comúnmente con las capas de embonado.

Tipo 6: Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado.



Certificados de calibración de equipos

Certificado de calibración pie de rey N° CPR- 003-2021

Certificado de calibración N° Prensa CMC-019-2022

Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



Ram
 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. de CIP N° 84286



RUC 20506076235
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
 Int. 1 Huachipa – Lima – Perú
 950 270 955 – 01 5407661
 Web: www.masterlem.com.pe
 Email: servicios@masterlem.com.pe

Solicitante : Rocío Olga Matos Ambrosio Expediente N° : 255_22_12
 Nombre del proyecto : "Nanotubos de carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia de concreto f'c 280 kg/cm2 en la región de Junín". Fecha de ensayo : 21/12/2022
 Fecha de emisión : 21/12/2022
 Ubicación del laboratorio : Huachipa, Lima Página 3 de 3
 Identificación muestra : Diseño f'c= 280 kg/cm2 patrón

INFORME RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPÉCIMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO ASTM C39/C39M-21

Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diametro promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Area mm ²	Carga máxima kN	Resistencia a la compresión MPa	Resistencia a la compresión kg/cm ²	Tipo de falla
Diseño patrón M-11	23/11/22	21/12/22	28	101	202	8012	262	32.8	334	3
Diseño patrón M-12	23/11/22	21/12/22	28	99	201	7698	257	33.4	341	2
Diseño patrón M-13	23/11/22	21/12/22	28	98	202	7543	263	34.9	356	2
Diseño patrón M-14	23/11/22	21/12/22	28	100	201	7854	264	33.6	343	2
Diseño patrón M-15	23/11/22	21/12/22	28	101	202	8012	261	32.5	332	3

Nota:

Factor de conversión: 1 Mpa = 10.1972 kg/cm²

Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo

Las muestras no presentaron ningún defecto.

Tipo de fallas:

Tipo 1: Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.

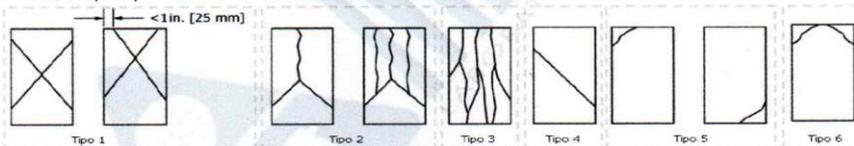
Tipo 2: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido.

Tipo 3: Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.

Tipo 4: Fractura diagonal sin grietas en las bases.

Tipo 5: Fracturas de lado en las bases (superior o inferior), ocurren comúnmente con las capas de embonado.

Tipo 6: Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado.



Certificados de calibración de equipos

Certificado de calibración pie de rey N° CPR- 003-2021

Certificado de calibración N° Prensa CMC-019-2022

Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



Raj
 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAIA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. de CIP N° 84286



RUC 20506076235
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
 Int. 1 Huachipa – Lima – Perú
 950 270 955 – 01 5407661
 Web: www.masterlem.com.pe
 Email: servicios@masterlem.com.pe

Solicitante : Rocío Olga Matos Ambrosio Expediente N° : 255_22_13
 Nombre del proyecto "Nanotubos de carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia de concreto f'c 280 kg/cm2 en la región de Junín". Fecha de ensayo : 30/11/2022
 Fecha de emisión : 21/12/2022

Ubicación del laboratorio : Huachipa, Lima

Página 1 de 3

Identificación muestra : 0.5% de Nanotubos de carbono diseño f'c 280 kg/cm2

INFORME RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO ASTM C39/C39M-21

Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diametro promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Area mm ²	Carga máxima kN	Resistencia a la compresión MPa	Resistencia a la compresión kg/cm ²	Tipo de falla
M-1	23/11/22	30/11/22	7	99	202	7698	170	22.1	225	3
M-2	23/11/22	30/11/22	7	100	201	7854	168	21.4	219	2
M-3	23/11/22	30/11/22	7	101	202	8012	184	23.0	235	2
M-4	23/11/22	30/11/22	7	101	200	8012	180	22.4	229	3
M-5	23/11/22	30/11/22	7	101	200	8012	183	22.9	233	2

Nota:

Factor de conversión: 1 Mpa = 10.1972 kg/cm²

Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo. Las muestras no presentaron ningún defecto.

Tipo de fallas:

Tipo 1: Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.

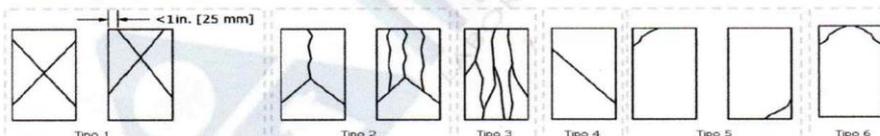
Tipo 2: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido.

Tipo 3: Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.

Tipo 4: Fractura diagonal sin grietas en las bases.

Tipo 5: Fracturas de lado en las bases (superior o inferior), ocurren comúnmente con las capas de embonado.

Tipo 6: Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado.



Certificados de calibración de equipos

Certificado de calibración pie de rey N° CPR- 003-2021

Certificado de calibración N° Prensa CMC-019-2022

Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



Ray
 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. de CIP N° 84286



RUC 20506076235
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
 Int. 1 Huachipa – Lima – Perú
 950 270 955 – 01 5407661
 Web: www.masterlem.com.pe
 Email: servicios@masterlem.com.pe

Solicitante : Rocio Olga Matos Ambrosio Expediente N° : 255_22_13
 Nombre del proyecto "Nanotubos de carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia de concreto f'c 280 kg/cm2 en la región de Junín". Fecha de ensayo : 7/12/2022
 Fecha de emisión : 21/12/2022

Ubicación del laboratorio : Huachipa, Lima Página 2 de 3
 Identificación muestra : 0.5% de Nanotubos de carbono diseño f'c 280 kg/cm2

INFORME RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO ASTM C39/C39M-21

Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diametro promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Area mm ²	Carga máxima kN	Resistencia a la compresión MPa	Resistencia a la compresión kg/cm ²	Tipo de falla
M-6	23/11/22	07/12/22	14	101	200	8012	187	23.3	237	2
M-7	23/11/22	07/12/22	14	100	202	7854	198	25.2	257	2
M-8	23/11/22	07/12/22	14	98	201	7543	170	22.6	230	2
M-9	23/11/22	07/12/22	14	99	202	7698	192	24.9	254	2
M-10	23/11/22	07/12/22	14	98	200	7543	179	23.7	242	2

Nota:

Factor de conversión: 1 Mpa = 10.1972 kg/cm²

Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo

Las muestras no presentaron ningún defecto.

Tipo de fallas:

Tipo 1: Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.

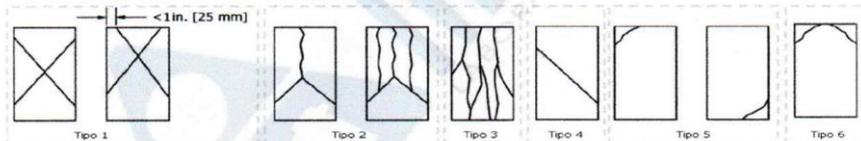
Tipo 2: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido.

Tipo 3: Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.

Tipo 4: Fractura diagonal sin grietas en las bases.

Tipo 5: Fracturas de lado en las bases (superior o inferior), ocurren comúnmente con las capas de embonado.

Tipo 6: Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado.



Certificados de calibración de equipos

Certificado de calibración pie de rey N° CPR- 003-2021

Certificado de calibración N° Prensa CMC-019-2022

Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



Ram
 JORGE FRANCISCO RAMÍREZ JAPAIA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. de CIP N° 84286



RUC 20506076235
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
 Int. 1 Huachipa – Lima – Perú
 950 270 955 – 01 5407661
 Web: www.masterlem.com.pe
 Email: servicios@masterlem.com.pe

Solicitante : Rocio Olga Matos Ambrosio Expediente N° : 255_22_13
 Nombre del proyecto : "Nanotubos de carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia de concreto f'c 280 kg/cm2 en la región de Junín". Fecha de ensayo : 21/12/2022
 Fecha de emisión : 21/12/2022

Ubicación del laboratorio : Huachipa, Lima Página 3 de 3
 Identificación muestra : 0.5% de Nanotubos de carbono diseño f'c 280 kg/cm2

INFORME RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO ASTM C39/C39M-21

Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diametro promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Area mm ²	Carga máxima kN	Resistencia a la compresión MPa	Resistencia a la compresión kg/cm ²	Tipo de falla
M-11	23/11/22	21/12/22	28	100	201	7854	239	30.4	310	3
M-12	23/11/22	21/12/22	28	98	200	7543	211	27.9	285	2
M-13	23/11/22	21/12/22	28	98	201	7543	210	27.8	283	2
M-14	23/11/22	21/12/22	28	99	200	7698	219	28.4	290	2
M-15	23/11/22	21/12/22	28	99	201	7698	217	28.2	287	3

Nota:

Factor de conversión: 1 Mpa = 10.1972 kg/cm²

Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo

Las muestras no presentaron ningún defecto.

Tipo de fallas:

Tipo 1: Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.

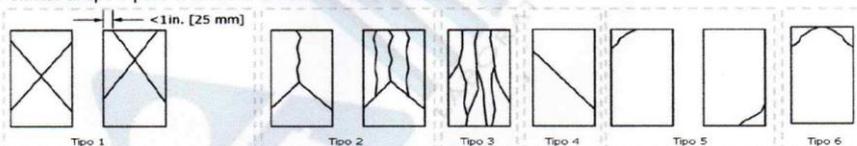
Tipo 2: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido.

Tipo 3: Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.

Tipo 4: Fractura diagonal sin grietas en las bases.

Tipo 5: Fracturas de lado en las bases (superior o inferior), ocurren comúnmente con las capas de embonado.

Tipo 6: Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado.



Certificados de calibración de equipos

Certificado de calibración pie de rey N° CPR- 003-2021

Certificado de calibración N° Prensa CMC-019-2022

Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
 El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



Ramirez
 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. de CIP N° 84286



RUC 20506076235
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
 Int. 1 Huachipa – Lima – Perú
 950 270 955 – 01 5407661
 Web: www.masterlem.com.pe
 Email: servicios@masterlem.com.pe

Solicitante : Rocio Olga Matos Ambrosio Expediente N° : 255_22_13
 Nombre del proyecto "Nanotubos de carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia de concreto f'c 280 kg/cm2 en la región de Junín". Fecha de ensayo : 30/11/2022
 Fecha de emisión : 21/12/2022

Ubicación del laboratorio : Huachipa, Lima

Página 1 de 3

Identificación muestra : 1.2% de Nanotubos de carbono diseño f'c 280 kg/cm2

INFORME RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO ASTM C39/C39M-21

Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diametro promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Area mm ²	Carga máxima kN	Resistencia a la compresión MPa	Resistencia a la compresión kg/cm ²	Tipo de falla
M-1	23/11/22	30/11/22	7	99	200	7698	172	22.4	228	3
M-2	23/11/22	30/11/22	7	99	200	7698	169	21.9	223	2
M-3	23/11/22	30/11/22	7	101	201	8012	167	20.8	212	2
M-4	23/11/22	30/11/22	7	99	200	7698	167	21.7	221	3
M-5	23/11/22	30/11/22	7	101	201	8012	167	20.8	212	2

Nota:

Factor de conversión: 1 Mpa = 10.1972 kg/cm²

Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo

Las muestras no presentaron ningun defecto.

Tipo de fallas:

Tipo 1: Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.

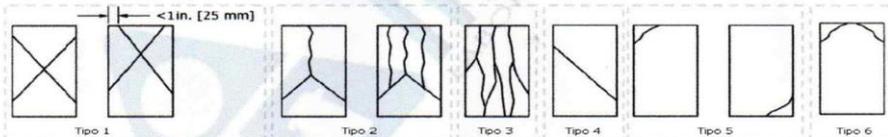
Tipo 2: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido.

Tipo 3: Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.

Tipo 4: Fractura diagonal sin grietas en las base.

Tipo 5: Fracturas de lado en las bases (superior o inferior), ocurren comunmente con las capas de embonado.

Tipo 6: Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado.



Certificados de calibración de equipos

Certificado de calibración pie de rey N° CPR- 003-2021

Certificado de calibración N° Prensa CMC-019-2022

Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
 El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



Rojas
 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. de CIP N° 84286



RUC 20506076235
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
 Int. 1 Huachipa – Lima – Perú
 950 270 955 – 01 5407661
 Web: www.masterlem.com.pe
 Email: servicios@masterlem.com.pe

Solicitante : Rocio Olga Matos Ambrosio Expediente N° : 255_22_13
 Nombre del proyecto "Nanotubos de carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia de concreto f'c 280 kg/cm2 en la región de Junín". Fecha de ensayo : 7/12/2022
 Fecha de emisión : 21/12/2022

Ubicación del laboratorio : Huachipa, Lima
 Identificación muestra : 1.2% de Nanotubos de carbono diseño f'c 280 kg/cm2

Página 2 de 3

INFORME RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO ASTM C39/C39M-21

Identificación	Fecha de	Fecha de	Edad (días)	Diametro	Altura	Area mm ²	Carga máxima kN	Resistencia a la compresión MPa	Resistencia a la compresión kg/cm ²	Tipo de falla
	vaciado	ensayo		promedio (mm)	promedio (mm)					
Diseño patrón M-6	23/11/22	07/12/22	14	99	201	7698	167	21.7	221	2
Diseño patrón M-7	23/11/22	07/12/22	14	100	202	7854	188	24.0	245	2
Diseño patrón M-8	23/11/22	07/12/22	14	98	202	7543	170	22.6	230	2
Diseño patrón M-9	23/11/22	07/12/22	14	99	201	7698	192	24.9	254	2
Diseño patrón M-10	23/11/22	07/12/22	14	101	202	8012	179	22.4	228	2

Nota:

Factor de conversión: 1 Mpa = 10.1972 kg/cm²

Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo

Las muestras no presentaron ningun defecto.

Tipo de fallas:

Tipo 1: Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.

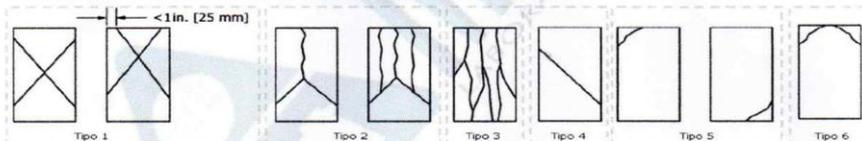
Tipo 2: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido.

Tipo 3: Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.

Tipo 4: Fractura diagonal sin grietas en las base.

Tipo 5: Fracturas de lado en las bases (superior o inferior), ocurren comunmente con las capas de embonado.

Tipo 6: Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado.



Certificados de calibración de equipos

Certificado de calibración pie de rey N° CPR- 003-2021

Certificado de calibración N° Prensa CMC-019-2022

Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



Jorge Francisco Ramirez Japaja
 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. de CIP N° 84286



RUC 20506076235
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
 Int. 1 Huachipa – Lima – Perú
 950 270 955 – 01 5407661
 Web: www.masterlem.com.pe
 Email: servicios@masterlem.com.pe

Solicitante : Rocio Olga Matos Ambrosio Expediente N° : 255_22_13
 Nombre del proyecto : "Nanotubos de carbono para ciclos de congelamiento y deshielo en la resistencia de concreto f'c 280 kg/cm2 en la región de Junín". Fecha de ensayo : 21/12/2022
 Fecha de emisión : 21/12/2022
 Ubicación del laboratorio : Huachipa, Lima Página 3 de 3
 Identificación muestra : 1.2% de Nanotubos de carbono diseño f'c 280 kg/cm2

INFORME RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO ASTM C39/C39M-21

Identificación	Fecha de vaciado	Fecha de ensayo	Edad (días)	Diametro promedio (mm)	Altura promedio (mm)	Area mm ²	Carga máxima kN	Resistencia a la compresión MPa	Resistencia a la compresión kg/cm ²	Tipo de falla
M-11	23/11/22	21/12/22	28	100	202	7854	196	25.0	254	3
M-12	23/11/22	21/12/22	28	99	201	7698	196	25.5	260	2
M-13	23/11/22	21/12/22	28	98	202	7543	197	26.1	266	2
M-14	23/11/22	21/12/22	28	100	201	7854	202	25.7	262	2
M-15	23/11/22	21/12/22	28	101	202	8012	225	28.1	286	3

Nota:

Factor de conversión: 1 Mpa = 10.1972 kg/cm²

Las muestras cumplen con la relación altura / diámetro por lo que no fue necesaria la corrección de esfuerzo

Las muestras no presentaron ningún defecto.

Tipo de fallas:

Tipo 1: Conos razonablemente bien formados, en ambas bases, menos de 25 mm de grietas entre capas.

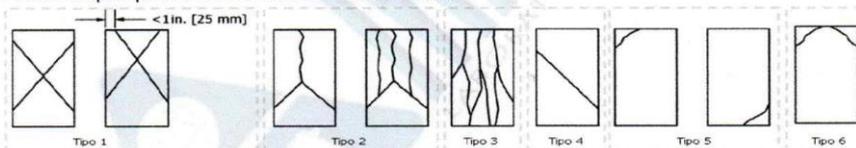
Tipo 2: Cono bien formado sobre una base, desplazamiento de grietas verticales a través de las capas, cono no bien definido.

Tipo 3: Grietas verticales columnares en ambas bases, conos no bien formados.

Tipo 4: Fractura diagonal sin grietas en las bases.

Tipo 5: Fracturas de lado en las bases (superior o inferior), ocurren comúnmente con las capas de embonado.

Tipo 6: Similar al tipo 5 pero el terminal del cilindro es acentuado.



Certificados de calibración de equipos

Certificado de calibración pie de rey N° CPR- 003-2021

Certificado de calibración N° Prensa CMC-019-2022

Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad
 El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



Raj
 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. de CIP N° 84286



RUC 20506076235
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1,
 Int. 1 Huachipa – Lima – Perú
 950 270 955 – 01 5407661
 Web: www.masterlem.com.pe
 Email: servicios@masterlem.com.pe

Solicitante : : Rocio Olga Matos Ambrosio Expediente N° : 255_22_14
 Nombre del proyecto : "Nanotubos de carbono para ciclos de congelamiento y
 deshielo en la resistencia de concreto f'c 280 kg/cm² en la Fecha de ensayo : 23/11/2022
 región de Junín". Fecha de emisión : 21/12/2022
 Ubicación del laboratorio : Huachipa - Lima.
 Identificación muestra : Diseño de mezcla de concreto

ENSAYO DE ASENTAMIENTO DE CONCRETO ASTM C143/C143M-15a					
N°	Identificación de los diseños de mezcla	Unidad	M-1	M-2	M-3
1	Diseño mezcla patrón f'c 280 kg/cm ²	Pulg.	4	4 1/4	4 1/4
2	0.5% de Nanotubos de carbono diseño f'c 280 kg/cm ²	Pulg.	2 3/4	2 1/2	2 3/4
3	1.2% de Nanotubos de carbono diseño f'c 280 kg/cm ²	Pulg.	1 1/2	1 1/4	1 1/2

ENSAYO DE TEMPERATURA MEZCLA FRESCA DE CONCRETO ASTM C1064/C1064M-17					
N°	Identificación de los diseños de mezcla	Unidad	M-1	M-2	M-3
1	Diseño mezcla patrón f'c 280 kg/cm ²	°C	22.7	22.6	22.7
2	0.5% de Nanotubos de carbono diseño f'c 280 kg/cm ²	°C	22.7	22.7	22.9
3	1.2% de Nanotubos de carbono diseño f'c 280 kg/cm ²	°C	22.3	22.4	22.2

ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO ASTM C138/C138M-17a					
N°	Identificación de los diseños de mezcla	Unidad	M-1	M-2	M-3
1	Diseño mezcla patrón f'c 280 kg/cm ²	kg/m ³	2352	2345	2340
2	0.5% de Nanotubos de carbono diseño f'c 280 kg/cm ²	kg/m ³	2352	2355	2350
3	1.2% de Nanotubos de carbono diseño f'c 280 kg/cm ²	kg/m ³	2355	2355	2350

ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE CONCRETO FRESCO ASTM C231/C231M-17a					
N°	Identificación de los diseños de mezcla	Unidad	M-1	M-2	M-3
1	Diseño mezcla patrón f'c 280 kg/cm ²	%	1.3	1.5	1.5
2	0.5% de Nanotubos de carbono diseño f'c 280 kg/cm ²	%	1.3	1.4	1.4
3	1.2% de Nanotubos de carbono diseño f'c 280 kg/cm ²	%	1.0	0.9	1.00

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad.
 El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



Raf

 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. de CIP N° 84286

ANEXO 6: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CCB-012-2022

Peticionario : MASTERLEM SAC
Atención : MASTERLEM SAC
Lugar de calibración : MASTERLEM SAC. Ubicado en la Av. Circunvalación s/n. Huachipa - Lima
Instrumento de medición : Balanza de funcionamiento no automático
Marca : AND **Clase** : II
Número de serie : 15004250 **Tipo** : Digital.
Código de identificación : No Indica. **Procedencia** : Japón
Capacidad máxima : 21000 g **Modelo** : GF-20K
División de escala (d) : 0,1 g
División de verificación (e) : 1 g
Método de calibración : Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y clase II - PC 011 - Indecopi - cuarta edición
Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 26.0 °C / 61%
Temp.(°C) y H.R.(%) final : 26.1 °C / 60%
Patrones de referencia : Trazabilidad METROIL, 01 juego de pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 - 500 g con certificado de calibración N° M-0306-2021, 02 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 2 kg con certificados de calibración N° M-0293-2021, M-0294-2021, 01 pesa Mettler Toledo clase OIML F1 de 5 kg con certificado de calibración N° M-0295-2021, 01 pesa Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 kg con certificado de calibración N° M-0292-2021, 02 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 10 kg con certificados de calibración N° M-0296-2021 y M-0297-2021.
Número de páginas : 3

Fecha de calibración : 2022-03-21

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-03-24	 Vladimiro Toledo Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	  JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CCB-013-2022

Peticionario : MASTERLEM SAC
Atención : MASTERLEM SAC
Lugar de calibración : MASTERLEM SAC. Ubicado en la Av. Circunvalación s/n. Huachipa - Lima
Instrumento de medición : Balanza de funcionamiento no automático
Marca : AND
Número de serie : T0323224 **Tipo** : Electrónica
Clase : II **Procedencia** : Japón
Capacidad máxima : 8100 g **Modelo** : GF-8000
División de escala (d) : 0,1 g
División de verificación (e) : 0,1 g
Método de calibración : Procedimiento de calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase I y clase II - PC 011 - Indecopi - cuarta edición
Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 26.0 °C / 60%
Temp.(°C) y H.R.(%) final : 26.1 °C / 60%
Patrones de referencia : Trazabilidad METROIL, 01 juego de pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 - 500 g con certificado de calibración N° M-0306-2021, 02 pesas Mettler Toledo clase OIML F1 de 2 kg con certificados de calibración N° M-0293-2021, M-0294-2021, 01 pesa Mettler Toledo clase OIML F1 de 5 kg con certificado de calibración N° M-0295-2021, 01 pesa Mettler Toledo clase OIML F1 de 1 kg con certificado de calibración N° M-0292-2021.
Número de páginas : 3
Fecha de calibración : 2022-03-21

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-03-24	 Vladimir Tello Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

CCB-013-2022

Página 1 de 3



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CCMA-037-2022

Peticionario : MASTERLEM S.A.C.
 Atención : MASTERLEM S.A.C.
 Lugar de calibración : Masterlem SAC, Av. Circunvalación s/n. Lurigancho - Chosica - Lima
 Tipo de equipo : Medidor contenido de aire de concreto fresco "Washington"
 Capacidad del equipo : 0% - 10% de aire
 División de escala : 0,1% de 0% hasta 6%; 0,2% de 6% a 8% y 0,5% de 8% hasta 10%
 Marca : ELE - INTERNATIONAL
 Capacidad del recipiente : 1/4 de pie cúbico
 Modelo : 34-3265
 N° de serie : No Indica.
 Código : EMA-04
 Procedencia : USA
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 18.7°C / 66%
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 18.7°C / 67%
 Método de calibración : Norma ASTM C-231
 Patrón de referencia : Patrones utilizados. Dos canister marca ELE - INTERNATIONAL, modelo 34-3267/10, con números de serie 080312 y 070312, certificado de calibración CSA-2026-21 y CSA-2027-21 respectivamente; cada uno de 5% de capacidad con respecto a un volumen de 1/4 de pie cúbico.
 Número de páginas : 2
 Fecha de calibración : 2022-09-22
 Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
 Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
 El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-09-23	 Vladimir Tello Torre <small>TECNICO DE LABORATORIO</small>	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA <small>INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286</small>

CCMA-037-2022

Página 1 de 2



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CCT-002-2022

Peticionario : MASTERLEM S.A.C.
Atención : MASTERLEM S.A.C.
Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1
 Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.
Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diámetro
Marca : W. S. TYLER
Número de serie : 9753281
Código de identificación : No Indica.
Abertura de Tamiz : 150 µm (Nº 100)
Procedencia : USA
Método de calibración : Procedimiento de calibración de tamices CELDA EIRL Nº PCT-C-002-2009
Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 26.0°C / 64%
Temp.(°C) y H.R.(%) final : 26.0°C / 63%
Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, trazabilidad INACAL-DM
 utilizando escalas patrones de vidrio (reglas de vidrio), con N° de serie
 16973, certificado N° LLA-057-2020 y patrón de N° de serie 16369, con
 certificado N° LLA-058-2020. Certificado de calibración FESEPSA S.A.
 N° F-0486-2020. Proyector de perfiles grado 1 según la norma Japonesa
 JIS B7450
Número de páginas : 2
Fecha de calibración : 2022-02-21

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-02-28	 Vladimir Tello Torre <small>TECNICO DE LABORATORIO</small>	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA <small>INGENIERO CIVIL</small>

CCT-002-2022

Página 1 de 2



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CCT-008-2022**

Peticionario : MASTERLEM S.A.C.
 Atención : MASTERLEM S.A.C.
 Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1
 Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.
 Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diámetro
 Marca : ELE - INTERNATIONAL
 Número de serie : 07279191
 Código de identificación : No indica
 Abertura de Tamiz : 9,500 mm (3/8")
 Procedencia : USA
 Método de calibración : Procedimiento de calibración de tamices CELDA EIRL N° PCT-C-002-2009
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 25.7°C / 63%
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 25.7°C / 63%
 Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, trazabilidad INACAL-DM
 utilizando escalas patrones de vidrio (reglas de vidrio), con N° de serie
 16973, certificado N° LLA-057-2020 y patrón de N° de serie 16369, con
 certificado N° LLA-058-2020. Certificado de calibración FESEPSA S.A.
 N° F-0486-2020. Proyector de perfiles grado 1 según la norma Japonesa
 JIS B7450
 Número de páginas : 2
 Fecha de calibración : 2022-02-22

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-02-28	 Vladimir de la Torre <small>TÉCNICO DE LABORATORIO</small>	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

CCT-008-2022

Página 1 de 2



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CCT-009-2022**

Peticionario : MASTERLEM S.A.C.
 Atención : MASTERLEM S.A.C.
 Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1
 Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.
 Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diámetro
 Marca : DUAL MANUFACTURING CO.
 Número de serie : E55903
 Código de identificación : No indica
 Abertura de Tamiz : 12,500 mm (1/2")
 Procedencia : USA
 Método de calibración : Procedimiento de calibración de tamices CELDA EIRL N° PCT-C-002-2009
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 25.7°C / 63%
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 25.8°C / 63%
 Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, trazabilidad INACAL-DM
 utilizando escalas patrones de vidrio (reglas de vidrio), con N° de serie
 16973, certificado N° LLA-057-2020 y patrón de N° de serie 16369, con
 certificado N° LLA-058-2020. Certificado de calibración FESEPSA S.A.
 N° F-0486-2020. Proyector de perfiles grado 1 según la norma Japonesa
 JIS B7450
 Número de páginas : 2
 Fecha de calibración : 2022-02-22

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-02-28	 Vladimir Felio Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84266

CCT-009-2022

Página 1 de 2



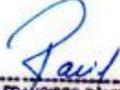
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CCT-010-2022

Peticionario : MASTERLEM S.A.C.
 Atención : MASTERLEM S.A.C.
 Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1
 Urb. Las Praderas de Huachipa. Luriganchos Chosica.
 Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diámetro
 Marca : ELE - INTERNATIONAL
 Número de serie : 10457556
 Código de identificación : No indica
 Abertura de Tamiz : 19,000 mm (3/4")
 Procedencia : USA
 Método de calibración : Procedimiento de calibración de tamices CELDA EIRL N° PCT-C-002-2009
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 25.8°C / 63%
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 25.8°C / 63%
 Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, trazabilidad INACAL-DM
 utilizando escalas patrones de vidrio (reglas de vidrio), con N° de serie
 16973, certificado N° LLA-057-2020 y patrón de N° de serie 16369, con
 certificado N° LLA-058-2020. Certificado de calibración FESEPSA S.A.
 N° F-0486-2020. Proyector de perfiles grado 1 según la norma Japonesa
 JIS B7450
 Número de páginas : 2
 Fecha de calibración : 2022-02-22

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-02-28	 Vladimir Tejo Torpe <small>TECNICO DE LABORATORIO</small>	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA <small>INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286</small>

CCT-010-2022

Página 1 de 2



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CCT-011-2022

Peticionario : MASTERLEM S.A.C.
 Atención : MASTERLEM S.A.C.
 Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1
 Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.
 Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diámetro
 Marca : ELE - INTERNATIONAL
 Número de serie : 07256787
 Código de identificación : No indica
 Abertura de Tamiz : 25,000 mm (1")
 Procedencia : USA
 Método de calibración : Procedimiento de calibración de tamices CELDA EIRL N° PCT-C-002-2009
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 25.8°C / 63%
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 25.9°C / 63%
 Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, trazabilidad INACAL-DM
 utilizando escalas patrones de vidrio (reglas de vidrio), con N° de serie
 16973, certificado N° LLA-057-2020 y patrón de N° de serie 16369, con
 certificado N° LLA-058-2020. Certificado de calibración FESEPSA S.A.
 N° F-0486-2020. Proyector de perfiles grado 1 según la norma Japonesa
 JIS B7450
 Número de páginas : 2
 Fecha de calibración : 2022-02-22

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
 El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-02-28	 Madeline Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del GP N° 84286

CCT-011-2022

Página 1 de 2



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CCT-012-2022

Peticionario : MASTERLEM SAC
 Atención : MASTERLEM SAC
 Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1
 Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.
 Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diámetro
 Marca : ELE - INTERNATIONAL
 Número de serie : 0787846
 Código de identificación : No indica
 Abertura de Tamiz : 50,000 mm (2")
 Procedencia : USA
 Método de calibración : Procedimiento de calibración de tamices CELDA EIRL N° PCT-C-002-2009
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 25.9°C / 63%
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 25.9°C / 63%
 Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, trazabilidad INACAL-DM
 utilizando escalas patrones de vidrio (reglas de vidrio), con N° de serie
 16973, certificado N° LLA-057-2020 y patrón de N° de serie 16369, con
 certificado N° LLA-058-2020. Certificado de calibración FESEPSA S.A.
 N° F-0486-2020. Proyector de perfiles grado 1 según la norma Japonesa
 JIS B7450
 Número de páginas : 2
 Fecha de calibración : 2022-02-22

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-02-28	 Vladimir Tello Torre <small>TÉCNICO DE LABORATORIO</small>	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

CCT-012-2022

Página 1 de 2



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CCT-013-2022

Peticionario : MASTERLEM SAC
Atención : MASTERLEM SAC
Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1
 Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.
Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diámetro
Marca : W.S. TYLER
Número de serie : 97332159
Código de identificación : No Indica
Abertura de Tamiz : 37,500 mm (1 1/2")
Procedencia : USA
Método de calibración : Procedimiento de calibración de tamices CELDA EIRL N° PCT-C-002-2009
Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 25.9°C / 63%
Temp.(°C) y H.R.(%) final : 26.0°C / 62%
Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, trazabilidad INACAL-DM
 utilizando escalas patrones de vidrio (reglas de vidrio), con N° de serie
 16973, certificado N° LLA-057-2020 y patrón de N° de serie 16369, con
 certificado N° LLA-058-2020. Certificado de calibración FESEPSA S.A.
 N° F-0486-2020. Proyector de perfiles grado 1 según la norma Japonesa
 JIS B7450
Número de páginas : 2
Fecha de calibración : 2022-02-22

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-02-28	 Vladimir Tello Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CCT-014-2022

Peticionario : MASTERLEM SAC
 Atención : MASTERLEM SAC
 Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1
 Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.
 Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diámetro
 Marca : ELE - INTERNATIONAL
 Número de serie : 11525107
 Código de identificación : No Indica
 Abertura de Tamiz : 63,000 mm (2 1/2")
 Procedencia : USA
 Método de calibración : Procedimiento de calibración de tamices CELDA EIRL N° PCT-C-002-2009
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 26.0°C / 62%
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 26.1°C / 63%
 Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, trazabilidad INACAL-DM
 utilizando escalas patrones de vidrio (reglas de vidrio), con N° de serie
 16973, certificado N° LLA-057-2020 y patrón de N° de serie 16369, con
 certificado N° LLA-058-2020. Certificado de calibración FESEPSA S.A.
 N° F-0486-2020. Proyector de perfiles grado 1 según la norma Japonesa
 JIS B7450
 Número de páginas : 2
 Fecha de calibración : 2022-02-22

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
 El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-02-28	 Vladimir Tello-Forte TECNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84266

CCT-014-2022

Página 1 de 2



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CCT-015-2022

Peticionario : MASTERLEM SAC
Atención : MASTERLEM SAC
Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1
 Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.
Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8° diámetro
Marca : CANTROL
Número de serie : 11338
Código de identificación : No indica
Abertura de Tamiz : 75,000 mm (3")
Procedencia : CANADA
Método de calibración : Procedimiento de calibración de tamices CELDA EIRL N° PCT-C-002-2009
Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 25.7°C / 61%
Temp.(°C) y H.R.(%) final : 25.7°C / 61%
Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, trazabilidad INACAL-DM
 utilizando escalas patrones de vidrio (reglas de vidrio), con N° de serie
 16973, certificado N° LLA-057-2020 y patrón de N° de serie 16369, con
 certificado N° LLA-058-2020. Certificado de calibración FESEPSA S.A.
 N° F-0486-2020. Proyector de perfiles grado 1 según la norma Japonesa
 JIS B7450
Número de páginas : 2
Fecha de calibración : 2022-02-23

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-02-28	 Vladimir Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CP N° 84286



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CCT-016-2022

Peticionario : MASTERLEM SAC
Atención : MASTERLEM SAC
Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1
 Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.
Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diámetro
Marca : W. S. TYLER
Número de serie : 9753346
Código de identificación : No indica
Abertura de Tamiz : 4,750 mm (N°4)
Procedencia : USA
Método de calibración : Procedimiento de calibración de tamices CELDA EIRL N° PCT-C-002-2009
Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 25.7°C / 61%
Temp.(°C) y H.R.(%) final : 25.8°C / 62%
Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, trazabilidad INACAL-DM
 utilizando escalas patrones de vidrio (reglas de vidrio), con N° de serie
 16973, certificado N° LLA-057-2020 y patrón de N° de serie 16369, con
 certificado N° LLA-058-2020. Certificado de calibración FESEPSA S.A.
 N° F-0486-2020. Proyector de perfiles grado 1 según la norma Japonesa
 JIS B7450
Número de páginas : 2
Fecha de calibración : 2022-02-23

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-02-28	 Vladimiro Telles Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84266

CCT-016-2022

Página 1 de 2



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CCT-017-2022

Peticionario : MASTERLEM S.A.C.
 Atención : MASTERLEM S.A.C.
 Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1
 Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.
 Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diametro
 Marca : ELE - INTERNATIONAL
 Número de serie : 08468184
 Código de identificación : No indica
 Abertura de Tamiz : 2,360 mm (N° 8)
 Procedencia : USA
 Método de calibración : Procedimiento de calibración de tamices CELDA EIRL N° PCT-C-002-2009
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 25.8°C / 62%
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 25.8°C / 62%
 Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, trazabilidad INACAL-DM
 utilizando escalas patrones de vidrio (reglas de vidrio), con N° de serie
 16973, certificado N° LLA-057-2020 y patrón de N° de serie 16369, con
 certificado N° LLA-058-2020. Certificado de calibración FESEPSA S.A.
 N° F-0486-2020. Proyector de perfiles grado 1 según la norma Japonesa
 JIS B7450
 Numero de paginas : 2
 Fecha de calibración : 2022-02-23

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
 El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-02-28	 Vladimir Teilo Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

CCT-017-2022

Página 1 de 2



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CCT-018-2022

Peticionario : MASTERLEM S.A.C.
Atención : MASTERLEM S.A.C.
Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1
 Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.
Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diametro
Marca : ELE - INTERNATIONAL
Número de serie : 08197501
Código de identificación : No indica
Abertura de Tamiz : 1,180 mm (Nº 16)
Procedencia : USA
Método de calibración : Procedimiento de calibración de tamices CELDA EIRL Nº PCT-C-002-2009
Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 25.8°C / 63%
Temp.(°C) y H.R.(%) final : 25.9°C / 63%
Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, trazabilidad INACAL-DM
 utilizando escalas patrones de vidrio (reglas de vidrio), con N° de serie
 16973, certificado N° LLA-057-2020 y patrón de N° de serie 16369, con
 certificado N° LLA-058-2020. Certificado de calibración FESEPSA S.A.
 N° F-0486-2020. Proyector de perfiles grado 1 según la norma Japonesa
 JIS B7450
Numero de paginas : 2
Fecha de calibración : 2022-02-23

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-02-28	 Vladimir Tello Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84296

CCT-018-2022

Página 1 de 2



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CCT-019-2022

Peticionario : MASTERLEM S.A.C.
 Atención : MASTERLEM S.A.C.
 Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1
 Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.
 Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diametro
 Marca : FORNEY
 Número de serie : 30BS8F622805
 Código de identificación : No indica
 Abertura de Tamiz : 600 μ m (N° 30)
 Procedencia : USA
 Método de calibración : Procedimiento de calibración de tamices CELDA EIRL N° PCT-C-002-2009
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 25.9°C / 63%
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 25.9°C / 63%
 Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, trazabilidad INACAL-DM
 utilizando escalas patrones de vidrio (reglas de vidrio), con N° de serie
 16973, certificado N° LLA-057-2020 y patrón de N° de serie 16369, con
 certificado N° LLA-058-2020. Certificado de calibración FESEPSA S.A.
 N° F-0486-2020. Proyector de perfiles grado 1 según la norma Japonesa
 JIS B7450
 Numero de paginas : 2
 Fecha de calibración : 2022-02-23

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-02-28	 Vladimir Tello-Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

CCT-019-2022

Página 1 de 2



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CCT-020-2022**

Peticionario : MASTERLEM S.A.C.
 Atención : MASTERLEM S.A.C.
 Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1
 Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.
 Instrumento de medición : Tamiz de abertura cuadrada de 8" diametro
 Marca : ELE - INTERNATIONAL
 Número de serie : 08436726
 Código de identificación : No indica
 Abertura de Tamiz : 300 µm (Nº 50)
 Procedencia : USA
 Método de calibración : Procedimiento de calibración de tamices CELDA EIRL Nº PCT-C-002-2009
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 25.9°C / 63%
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 26.0°C / 63%
 Patrón de referencia : Proyector de perfiles marca MITUTOYO, trazabilidad INACAL-DM
 utilizando escalas patrones de vidrio (reglas de vidrio), con N° de serie
 16973, certificado N° LLA-057-2020 y patrón de N° de serie 16369, con
 certificado N° LLA-058-2020. Certificado de calibración FESEPSA S.A.
 N° F-0486-2020. Proyector de perfiles grado 1 según la norma Japonesa
 JIS B7450
 Número de páginas : 2
 Fecha de calibración : 2022-02-23

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-02-28	 Vladimir Tello Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

CCT-020-2022

Página 1 de 2



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CCTC-002-2022

Peticionario : MASTERLEM SAC
Atención : MASTERLEM SAC
Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Ubicado en la Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1
 Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.
Tipo de instrumento : Termómetro con indicación digital
Alcance de indicación : -50 °C a 300 °C
Resolución : 0,1 °C
Marca : DIGITAL THERMOMETER
Nº de serie : No indica
Modelo : JR-1
Código : T-102
Procedencia : CHINA.
Método de calibración : Procedimiento para la Calibración de Termómetros Digitales
 PC 017 - Indecopi - primera edición
Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 23.7°C / 61%
Temp.(°C) y H.R.(%) final : 23.8°C / 61%
Patrones de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards &
 Technology), patrón utilizado Fluke, modelo 9009, N° de serie B38334,
 certificado de calibración reporte N° B3815065
Número de páginas : 2
Fecha de calibración : 2022-04-20

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
 Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
 El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-04-21	 Vladimir Tellez Torre <small>TECNICO DE LABORATORIO</small>	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA <small>INGENIERO CIVIL</small> <small>Reg. del CIP N° 84286</small>

CCTC-002-2022

Página 1 de 2



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CMI-002-2022**

Peticionario : MASTERLEM SAC
 Atención : MASTERLEM SAC
 Lugar de calibración : MASTERLEM SAC Av. Circunvalación s/n. Huachipa - Lima
 Tipo de instrumento : Horno de secado para muestras
 Marca : Despatch
 N° de serie : 164802
 Modelo : LEB1-76-4
 Alcance : 400 °F
 División de Escala : 0.1 °C
 Selector de temperatura : Digital
 Método de calibración : Procedimiento para la calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático PC 018 - Indecopi: 2° Edición.
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 17.3°C / 75%
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 17.4°C / 75%
 Patrones de referencia : Patrón utilizado Thermometer mit PT-100, marca MBW Calibration AG, modelo T12, N° de serie 19-0728, certificado de calibración 3000MBW2020 con trazabilidad SWISS CALIBRATION.
 Número de páginas : 6
 Fecha de calibración : 2022-08-03

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.

El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-08-04	 Vladimir Tello Torre TECNICO DE LABORATORIO	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

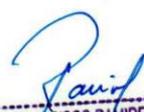
CMI-002-2022

Página 1 de 6



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CPR-003-2021

Peticionario : MASTERLEM S.A.C.
Atención : MASTERLEM S.A.C.
Lugar de calibración : Laboratorio CELDA EIRL. Av. Circunvalación s/n. Mz.B. Lt.1
 Urb. Las Praderas de Huachipa. Lurigancho Chosica.
Tipo de instrumento : Pie de rey de indicación Analógica.
Alcance de indicación : 0 mm a 200 mm
División de escala : 0,05 mm
Marca : GENSIZE
N° de serie : HS07160956
Modelo : No Indica.
Procedencia : No Indica.
Método de calibración : Procedimiento de calibración de Pie de Rey (usando bloques)
 PC 012 - Indecopi - segunda edición
Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 20.5 °C / 67%
Temp.(°C) y H.R.(%) final : 20.7°C / 66%
Patrones de referencia : Trazabilidad INACAL, patrones utilizados marca MITUTOYO, bloque de 1
 mm con certificado N° LLA - 489 - 2019, bloque de 2 mm con certificado
 N° LLA - 486 - 2019, bloque de 2 mm con certificado N° LLA - 488 - 2019,
 bloque de 5 mm con certificado N° LLA - 487 - 2019, bloque de 10 mm con
 certificado N° LLA - 485 - 2019, bloque 10 mm con certificado N°
 LLA - 484 - 2019, bloque de 50 mm con certificado N° LLA - 490 - 2019,
 bloque de 200 mm con certificado N° LLA-496-2019.
Número de páginas : 2
Fecha de calibración : 2021-12-03
 Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.
 Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2021-12-06	 Vladimir Tello Torre <small>TECNICO DE LABORATORIO</small>	 JORGE FRANCISCO RAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL <small>Reg. del CIP N° 84286</small>

CPR-003-2021

Página 1 de 2



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CMC-019-2022

Peticionario : MASTERLEM S.A.C.
 Atención : MASTERLEM S.A.C.
 Lugar de calibración : Masterlem SAC, Av. Circunvalación s/n. Lurigancho - Chosica - Lima
 Tipo de equipo : Máquina de compresión axial eléctrico-hidráulica
 Capacidad del equipo : 1,555 kN (350,000 lbf. ó 159 TN)
 División de escala : 0,1 kN
 Marca : ELE - INTERNATIONAL
 Modelo : 36-0735/06 ACCU-TEK 350 Digital Series
 N° de serie del equipo : 140500026
 Panel digital : ADR TOUCH ELE-INTERNATIONAL
 N° de serie panel digital : 1887-1-00242
 Procedencia : USA
 Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines"
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 25.9°C / 54%
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 26.1°C / 54%
 Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8517, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-18 Metodo B, certificado de calibración reporte N° C-8517L1820
 Número de páginas : 2
 Fecha de calibración : 2022-02-22
 Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
 El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-02-28	 Vladimir Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	  JORGE FRANCISCO MAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

CMC-019-2022

Página 1 de 2



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CMC-019-2022

Peticionario : MASTERLEM S.A.C.
 Atención : MASTERLEM S.A.C.
 Lugar de calibración : Masterlem SAC, Av. Circunvalación s/n. Lurigancho - Chosica - Lima
 Tipo de equipo : Máquina de compresión axial eléctrico-hidráulica
 Capacidad del equipo : 1,555 kN (350,000 lbf. ó 159 TN)
 División de escala : 0,1 kN
 Marca : ELE - INTERNATIONAL
 Modelo : 36-0735/06 ACCU-TEK 350 Digital Series
 N° de serie del equipo : 140500026
 Panel digital : ADR TOUCH ELE-INTERNATIONAL
 N° de serie panel digital : 1887-1-00242
 Procedencia : USA
 Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines"
 Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 25.9°C / 54%
 Temp.(°C) y H.R.(%) final : 26.1°C / 54%
 Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8517, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-18 Metodo B, certificado de calibración reporte N° C-8517L1820
 Número de páginas : 2
 Fecha de calibración : 2022-02-22
 Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
 El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2022-02-28	 Vladimir Torre TÉCNICO DE LABORATORIO	  JORGE FRANCISCO MAMIREZ JAPAJA INGENIERO CIVIL Reg. del CIP N° 84286

CMC-019-2022

Página 1 de 2

ANEXO 7: PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 1: Paquete sellado del NTC.



Fotografía 2: NTC suelto para su respectivo peso.



Fotografía 3: Diseño de Mezcla.



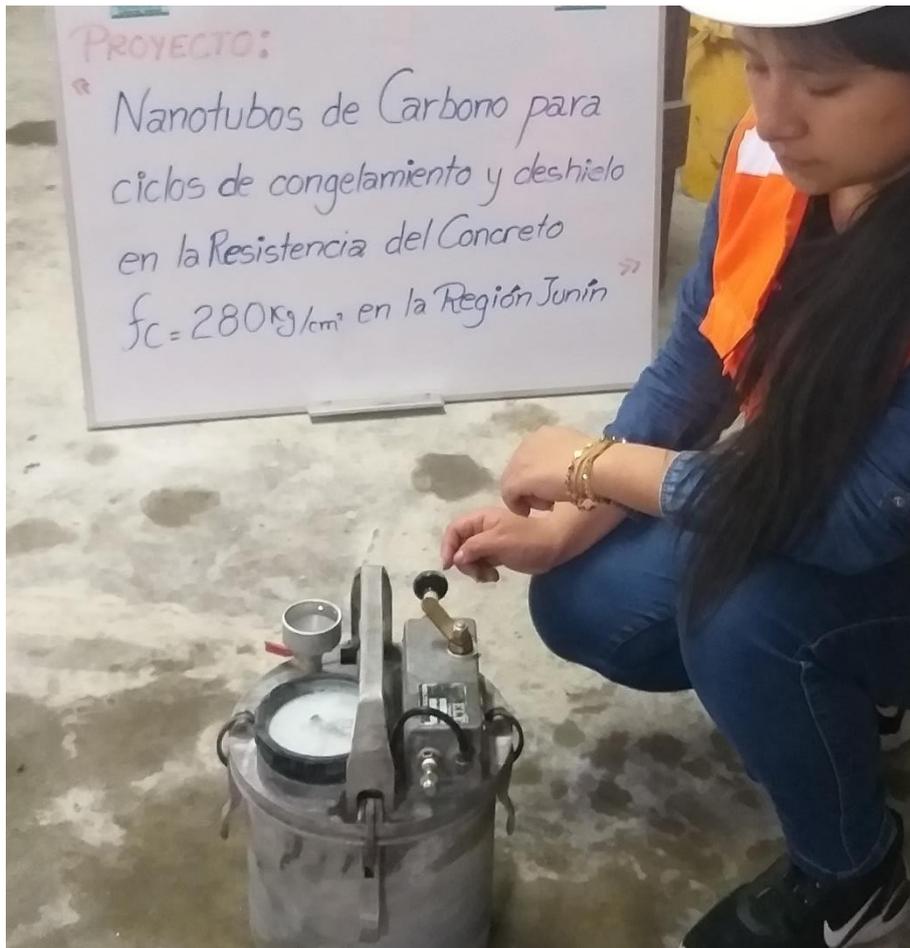
Fotografía 4: Medición del Slump.



Fotografía 5: Toma de Temperatura del Concreto fresco.



Fotografía 6: Peso del Concreto fresco.



Fotografía 7: Ensayo de Contenido de Aire.



Fotografía 8: Producción del concreto.



Fotografía 9: Probetas de Concreto.



Fotografía 10: 0.5% de NTC, de acuerdo al peso del cemento.



Fotografía 11: Disolviendo el NTC, para la mezcla.



Fotografía 12: Adicionando el NTC.



Fotografía 13: Congeladora para simulación.



Fotografía 14: Poza de curado con control de temperatura.



Fotografía 15: Toma de temperatura del congelador a -9°C .



Fotografía 16: Probetas en el congelador por 12 horas.



Fotografía 17: Medición de la probeta.



Fotografía 18: Ensayo por compresión.



Fotografía 19: Ensayo por compresión.



Fotografía 20: Tipos de Roturas.