

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA DEL  
CONCRETO EN MUROS DE CONTENCIÓN POR  
ESCLERÓMETRO Y ROTURA DE CILINDROS EN EL  
DISTRITO DE CIUDAD NUEVA, TACNA-2020”**

**Para optar por:**

**TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

Bach. Luis Fernando Aldana Cutipa

Bach. Edwin Clubes Pilco Mamani

TACNA – PERÚ

2020

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Tesis**

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA DEL  
CONCRETO EN MUROS DE CONTENCIÓN POR  
ESCLERÓMETRO Y ROTURA DE CILINDROS EN EL  
DISTRITO DE CIUDAD NUEVA, TACNA-2020”**

**Tesis sustentada y aprobada el 07 de noviembre de 2020;  
estando el jurado calificador integrado por:**

**JURADO EVALUADOR**

**PRESIDENTE:**



MTRO. DINA MARLENE COTRADO FLORES.

**SECRETARIO:**



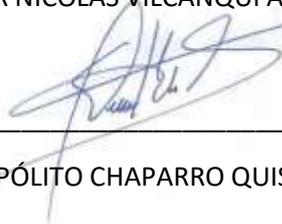
MTRO. GIANCARLOS JAVIER MACHACA FRIAS

**VOCAL:**



MSC. ALEXANDER NICOLAS VILCANQUI ALARCON

**ASESOR:**



MTRO. EDGAR HIPÓLITO CHAPARRO QUISPE

## DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo Luis Fernando Aldana Cutipa identificado(a) con DNI 73694618 y Edwin Clubes Pilco Mamani, con DNI 47053244 en calidad de Bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil participantes del Taller de Tesis de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, Declaramos bajo juramento que:

1. Es de nuestra autoría la tesis titulada: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO EN MUROS DE CONTENCIÓN POR ESCLEROMETRO Y ROTURA DE CILINDROS EN EL DISTRITO DE CIUDAD NUEVA, TACNA-2020” La misma que se presentó para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, respetando las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros.
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
5. Los datos presentados en la investigación son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados.

Por lo expuesto, mediante la presente se asume frente LA UNIVERSIDAD cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra presentada.



---

Luis Fernando Aldana Cutipa

73694618



---

Edwin Clubes Pilco Mamani

47053244

## DEDICATORIA

A nuestros padres, nuestros abuelos y familiares que nos brindaron su apoyo a lo largo de nuestro camino.

A todos los ingenieros que nos brindaron los conocimientos necesarios para lograr ser profesionales de bien a servicio de la sociedad.

## AGRADECIMIENTO

A nuestro asesor por el apoyo en la presente tesis.

A los docentes por compartir su conocimiento y tiempo que contribuyeron para  
culminar la presente investigación.

Para ellos nuestra profunda gratitud.

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es encontrar el nivel de correlación entre la resistencia real del concreto ( $\text{kg/cm}^2$ ) y el ensayo no destructivo de esclerómetro, pero sobre todo determinar el nivel de confianza con el que se deberían aceptar estos resultados.

Para ello se ha evaluado los muros de contención de Ciudad Nueva, específicamente los muros de contención en la Calle Intiorko tramo Av. Los precursores - Pasaje Pomata, distrito Ciudad Nueva – Tacna en los cuales se realizaron la extracción de muestras mediante el equipo de diamantina, las cuales fueron evaluadas en el Laboratorio de Suelos y Pavimentos de la Universidad Privada, a su vez se realizó el ensayo no destructivo de esclerómetro con el fin de obtener la resistencia del concreto que presentan dichos muros y comparar la variación y eficacia de ambos ensayos.

Se analizó la resistencia del concreto y se determinó los parámetros en los que oscila los valores de resistencia obtenidos por esclerómetro y por ruptura de cilindros de concreto con el fin de verificar si la resistencia especificada es la óptima para garantizar la seguridad de las personas que viven en la zona y si esta concuerda con la especificada en el expediente técnico del proyecto.

Palabras clave: Esclerómetro, Testigos circulares de concreto, Resistencia del concreto, análisis, ensayos destructivos, muros de contención, ensayos no destructivos.

## ABSTRAC

The objective of this research is to find the level of correlation between the actual strength of concrete (kg / cm<sup>2</sup>) and the non-destructive sclerometer test, but above all to determine the level of confidence with which these results should be accepted.

To this end, the retaining walls of Ciudad Nueva have been evaluated, specifically the retaining walls on Intiorko street section Av. The precursors - Pomata passage, Ciudad Nueva - Tacna district in which the samples were extracted using the diamond equipment, which were evaluated in the Soil and Pavement Laboratory of the Private University, in turn the test was not carried out. destructive sclerometer in order to obtain the resistance of the concrete presented by said walls and compare the variation and effectiveness of both tests.

The resistance of the concrete was analyzed and the parameters in which the resistance values obtained by sclerometer and by rupture of concrete cylinders oscillated were determined in order to verify if the specified resistance is the optimal one to guarantee the safety of the people who live in the area and if it agrees with that specified in the project's technical file.

Keywords: Sclerometer, Concrete circular cores, Concrete strength, analysis, destructive tests, retaining walls, non-destructive tests.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR .....	i
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	IV
RESUMEN .....	V
ABSTRAC .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
ÍNDICE DE ANEXOS .....	X
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.1. Descripción de problema .....	2
1.2. Formulación del problema .....	3
1.2.1. Problema general. ....	3
1.2.2. Problemas específicos. ....	3
1.3. Justificación e importancia de la investigación.....	3
1.3.1. Desde el punto de vista científico:.....	3
1.3.2. Desde el punto de vista social .....	3
1.3.3. Desde el punto de vista económico:.....	4
1.4. Objetivos .....	4
1.4.1. Objetivo General .....	4
1.4.2. Objetivos Específicos .....	4
1.5. Hipótesis.....	4
1.5.1. Hipótesis principal:.....	4
1.5.2. Hipótesis secundarias:.....	4
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes del estudio.....	5
2.1.1. Antecedentes nacionales.....	5

2.1.2.	Antecedentes internacionales .....	7
2.2.	Bases Teóricas .....	8
2.2.1.	Concreto .....	8
2.2.2.	Ensayos Destructivos .....	11
2.2.3.	Ensayos No Destructivos .....	17
2.2.4.	Muros De Contención.....	32
2.3.	Definición de términos .....	36
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO.....		37
3.1.	Tipo y diseño de la investigación .....	37
3.2.	Población y/o muestra de estudio.....	37
3.3.	Operacionalizacion de variables .....	37
3.4.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos. ....	38
3.4.1.	Ubicación de la zona de estudio .....	38
3.4.2.	TRABAJO DE CAMPO .....	39
3.4.2.1.	Ensayo de Esclerómetro .....	39
3.4.2.2.	Extracción de núcleos con diamantina. ....	49
CAPITULO IV: RESULTADOS .....		56
4.1.	Cuadro de resultados del ensayo con Esclerómetro. ....	56
4.2.	Cuadro de resultados del ensayo de Testigos circulares de Concreto. ....	57
4.3.	Calidad del concreto según la resistencia y precisión de acuerdo a cada ensayo. ....	57
CAPITULO V: DISCUSIÓN .....		58
CONCLUSIONES.....		61
RECOMENDACIONES.....		62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		63
ANEXOS.....		65

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: FACTORES DE CORRECCIÓN POR L/D.....	15
Tabla 2: Valores de K según Delibes. ....	25
Tabla 3 : Factores de corrección por carbonatación .....	26
Tabla 4 : Calidad del concreto según la resistencia a la compresión. ....	57

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) y ASTM C293 (cargada en el punto medio).....	16
Figura 2: Influencia del tipo de cemento .....	20
Figura 3: Influencia del contenido y tamaño máximo del agregado sobre el índice esclerométrico. ....	21
Figura 4: Relación entre la resistencia a compresión y el índice esclerométrico (probetas cúbicas y cilíndricas).....	22
Figura 5: Relación entre la resistencia a compresión y el índice esclerométrico (probetas cúbicas y cilíndricas).....	22
Figura 6: Influencia de la posición del aparato.....	23
Figura 7: Variación del índice esclerométrico global medido con el espesor de la capa superficial .....	27
Figura 8: 8. Influencia de la posición del aparato y condición de humedad de la superficie en lecturas de índice esclerométrico. ....	28
Figura 9: Cuadriculas de 25 y 50 mm para el ensayo de esclerómetro. (VASQUEZ, 2018) ..	29
Figura 10: Yunque Tarado de acero para calibración del esclerómetro. ....	29
Figura 11 :Ejemplo de lecturas realizadas con el esclerómetro. ....	30
Figura 12: Ubicación de la zona de estudio en el distrito de Ciudad Nueva. ....	38
Figura 13: Vista del muro previa realización del Ensayo de Esclerómetro. ....	39
Figura 14: Trazado de la cuadrícula con tiza para el ensayo de Esclerómetro. ....	40
Figura 15: Técnico colocándose el equipo de protección personal. ....	40
Figura 16: Toma de muestras con el equipo Esclerómetro. ....	41
Figura 17: Valor de rebote de la Muestra 01 obtenida con el equipo Esclerómetro.....	41
Figura 18: Valor de rebote de la Muestra 02 obtenida con el equipo Esclerómetro.....	42
Figura 19 : Cuadro con valores obtenidos de la Muestra 01 .....	42
Figura 20: Cuadro con valores obtenidos de la Muestra 01 .....	43
Figura 21: Cuadro con valores para el cálculo de la resistencia f/c de la muestra 01. ....	44
Figura 22 : Abaco de comparación Índice de rebote(IR) vs resistencia del concreto para la Muestra 01 .....	44
Figura 23 : Resistencias del Concreto utilizando el Esclerómetro .....	45
Figura 24: Cuadro con valores para el cálculo de la resistencia f/c de la muestra 01. ....	46
Figura 25: Abaco de comparación Índice de rebote(IR) vs resistencia del concreto para la Muestra 02 .....	46
Figura 26 : Resistencias del Concreto utilizando el Esclerómetro .....	47
Figura 27: Búsqueda de zonas aptas para muestreo con ayuda del detector de metales. ....	49
Figura 28 : Equipo detector de metales hasta 120mm. ....	50
Figura 29 : Instalación de la base del equipo de extracción diamantina Muestra 01 .....	50

Figura 30: Fijación del equipo de extracción diamantina Muestra 01 .....	51
Figura 31: Extracción de Testigo circular de concreto con equipo de diamantina Muestra 01. .....	51
Figura 32; Muestra D1 y D2 extraídas con equipo de diamantina. ....	52
Figura 33: Testigos Circulares de Concreto Muestra D1 y D2 .....	53
Figura 34: Toma de medidas de los Testigos de Concreto. ....	53
Figura 35: Ensayo de Compresión aplicado a los testigos de concreto M-D1 y M-D2 .....	54
Figura 36 y 35 : Cargas Máximas registradas por el equipo de Compresión. ....	55
Figura 37 : Ensayo de Compresión en Testigos Diamantinos .....	55
Figura 38 : Cuadro Resumen de resultados del ensayo con el Esclerómetro. ....	56
Figura 39 : Grafico de los rangos de parámetros de Resistencia del concreto del ensayo con Esclerómetro. ....	56
Figura 40 : Cuadro de resultados del Ensayo de compresión en Testigos Circulares de Concreto. ....	57
Figura 41 : Fijación del equipo de extracción de la muestra M-01 Diamantina en el muro de contención de estudio. ....	67
Figura 42 : Perforación de la Muestra 01 con equipo de Diamantina. ....	67
Figura 43 : Extracción de la muestra 01 del muro de contención. ....	68
Figura 44 : Instalación del equipo de diamantina para la extracción de la muestra 02 .....	68
Figura 45: Perforación de la muestra D2 con el equipo de diamantina en el punto 2 de estudio. ....	69
Figura 46 : Extracción de la muestra D2 del muro de contención. ....	69
Figura 47 : Laboratorio TECOSUR S.C.R. donde se realizaron los ensayos de compresión de muestras cilíndricas de concreto. ....	70
Figura 48 : Equipo de compresión de muestras cilindras de concreto propiedad del laboratorio TECOSUR S.C.R. ....	70

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA. ....	65
ANEXO 2: PLANO DE UBICACIÓN .....	66
ANEXO 3: PANEL FOTOGRÁFICO .....	67

## INTRODUCCIÓN

La actividad sísmica es un factor importante para el diseño y construcción de elementos estructurales, debido a que nuestro país se encuentra en una zona de alta actividad sísmica. Siendo de preocupación para los ingenieros construir estructuras cuya capacidad de resistencia del concreto pueda soportar dichos movimientos telúricos y que estas perduren varios años.

En la actualidad el crecimiento y expansión poblacional tienen como consecuencia un incremento en las cargas que reciben los muros de contención, siendo considerable que con el pasar del tiempo la resistencia que presenta el concreto no pueda soportar dichas cargas y ceda ante un movimiento sísmico de gran intensidad poniendo en riesgo la vida de las personas que habitan bajo dicha estructura.

Se realizó la visita para determinar la accesibilidad para la ejecución de los ensayos, en las cuales se realizó la toma de medidas con el esclerómetro y la extracción de muestras de concreto con el equipo de diamantina para su análisis en laboratorio

Por ello en presente investigación tiene como objetivo principal analizar y comparar la resistencia de concreto que presenta los muros de contención haciendo uso de los ensayos de esclerómetro y la ruptura de cilindros de concreto. Con los resultados obtenidos se analizó la resistencia del concreto en muros de contención en el distrito de Ciudad Nueva mediante la extracción y estudio de las muestras obtenidas por esclerómetro y rotura de cilindros. Para luego comparar la resistencia del concreto en muros de contención en el distrito de Ciudad Nueva con la que se detallada en el expediente técnico y la obtenida mediante los ensayos de esclerómetro y ruptura de cilindro para finalmente determinar la calidad que posee el concreto en los muros de contención pertenecientes al distrito de Ciudad Nueva con respecto a su resistencia comparando la precisión que posee el ensayo de esclerómetro y rotura de cilindros.

## CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1.Descripción de problema

El distrito de Ciudad Nueva perteneciente a la Ciudad de Tacna, se ha expandiendo con el pasar de los años, llegando la población a establecer sus viviendas a faldas del Cerro Intiorko, esto representa un riesgo para ellos debido a que el suelo que posee esta zona no es el más óptimo para edificar, conjunto a ello como es de conocimiento, nuestro ciudad de encuentra en una zona de alta actividad sísmica por ello para poder mejorar las condiciones de vida y construcción de vías que permitan a la población moverse se han realizado muros de contención.

Los muros de contención que se encuentran en el distrito de Ciudad Nueva fueron construidos en el año 2009, transcurridos actualmente 11 años desde su creación y con un aumento poblacional en crecimiento soportan la carga de vehículos cisternas y viviendas construidas en la parte superior de ellos, siendo esto un aumento en la carga máxima que puede soportar la resistencia del concreto para la que fue diseñada esta estructura.

Por ello se plantea realizar un estudio para lograr determinar en qué condiciones se encuentra el muro de contención en el distrito de Ciudad Nueva, mediante un análisis y comparación de la resistencia del concreto que poseen los muros de contención del distrito de Ciudad Nueva mediante la aplicación de ensayos de esclerómetro y ruptura de cilindros.

Se busca encontrar la resistencia que posee dicho concreto y la calidad que este posee de acuerdo a ello, con el fin de salvar guardar la vida de las personas que habitan debajo de muro frente a movimiento sísmicos de gran intensidad que podrían atentar contra su seguridad.

## 1.2. Formulación del problema

### 1.2.1. Problema general.

¿En qué condición se encuentra la resistencia del concreto en muros de contención por esclerómetro y rotura de cilindros en el distrito de Ciudad Nueva, Tacna-2020?

### 1.2.2. Problemas específicos.

¿Qué resistencia presenta el concreto en muros de contención en el distrito de Ciudad Nueva mediante la extracción de muestras de haciendo uso del esclerómetro y rotura de cilindros de concreto?

¿Están relacionadas la resistencia del concreto de los muros de contención en el distrito de Ciudad Nueva con la resistencia de diseño que se detalla en el expediente técnico del proyecto?

¿Qué calidad presenta el concreto en los muros de contención en el distrito de Ciudad Nueva con respecto a su resistencia y precisión de resultados de laboratorio?

## 1.3. Justificación e importancia de la investigación

### 1.3.1. Desde el punto de vista científico:

Es importante conocer el grado de confiabilidad que posee la alternativa al ensayo de resistencia a la compresión para poder brindar una opción con mayor facilidad y uso de tiempo para conocer en qué condición se encuentra el concreto.

### 1.3.2. Desde el punto de vista social

La mayoría de edificaciones construidas en la ciudad de Tacna por lo general no reciben el mantenimiento adecuado por lo cual no podemos asegurar que la calidad del concreto hasta la actualidad por ello se busca analizar y comparar la resistencia en los muros de contención del distrito de ciudad nueva mediante los ensayos de esclerómetro y ruptura de cilindros de concreto.

### 1.3.3. Desde el punto de vista económico:

Es importante dar a conocer no se tienen recursos asignados para desarrollar mantenimientos eficientes en distintas estructuras, estas involucran a la sociedad, instituciones públicas y privadas.

## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivo General

Analizar y comparar la resistencia de muestras de concreto en muros de contención en el distrito de Ciudad Nueva por esclerómetro y rotura de cilindros.

### 1.4.2. Objetivos Específicos

- ❖ Analizar la resistencia del concreto en muros de contención en el distrito de Ciudad Nueva mediante la extracción y estudio de las muestras obtenidas por esclerómetro y rotura de cilindros.
- ❖ Comparar la resistencia del concreto mediante resultados de ensayos de esclerometría y rotura de cilindros con los datos del expediente técnico del muro de contención en el distrito de Ciudad Nueva.
- ❖ Determinar la calidad de la resistencia del concreto en muros de contención en el distrito de Ciudad Nueva con respecto a su resistencia y precisión de resultados de laboratorio.

## 1.5. Hipótesis

### 1.5.1. Hipótesis principal:

La resistencia del concreto en muros de contención en el distrito de Ciudad Nueva por esclerómetro y rotura de cilindros será óptima.

### 1.5.2. Hipótesis secundarias:

- ❖ Los parámetros de la resistencia del concreto en muros de contención en el distrito de Ciudad Nueva determinados por el uso del esclerómetro y rotura de cilindros tendrán un valor cercano.

- ❖ La resistencia del concreto en muros de contención en el distrito de Ciudad Nueva por esclerómetro y rotura de cilindros no corresponderá a la especificada en el expediente técnico.
- ❖ La calidad del concreto en muros de contención en el distrito de Ciudad Nueva de acuerdo a la resistencia obtenida mediante el uso de esclerómetro y rotura de cilindros demostraran que el concreto en los muros de contención es de buena calidad y la precisión del ensayo de esclerómetro será menor al ensayo de testigos cilíndricos de concreto.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del estudio.

El concreto es el material de construcción por excelencia, por ello casi todas las edificaciones de nuestro país se encuentran conformadas por ello, junto al acero que en conjunto dan consistencia y resistencia a nuestras construcciones.

Por lo general las edificaciones son diseñadas con una expectativa de vida comprendida entre los 50 y 75 años, transcurrido dicho periodo de tiempo es necesario un intervención general para que la estructura continúe siendo funcional y segura, dependerá del tipo de estructura, la ubicación y el uso que se le da, también incluyendo el manteniendo que se haya practicado a lo largo de su funcionamiento, para corroborar el estado de las edificaciones se realizan ensayos destructivos o no destructivos los cuales dan a conocer la resistencia que posee el concreto y así determinar si se requiere realizar una reparación o mantenimiento.

#### 2.1.1. Antecedentes nacionales

Vélez, Gustavo (2019) en su Tesis para Título de Ingeniero Civil nos da a conocer el ensayo de esclerómetro como un método de veraz para encontrar la resistencia del concreto habiendo realizado el análisis en distintas muestras de acuerdo a su edad y tamaño máximo nominal del agregado. Siendo estos factores tema de análisis y almacenados en una base de datos siendo separados por sus características generando variedad de

gráficos de regresión lineal con la finalidad de aumentar el índice de confianza de correlación de Pearson. (Vélez, 2019).

Suarez, Borja (2018) en su Tesis para Título de Ingeniero Civil tiene por finalidad el localizar el nivel de correlación entre la resistencia real del concreto ( $\text{kg/cm}^2$ ) y el ensayo no destructivo con esclerómetro con el objetivo de establecer el nivel de confianza con el que se debe aceptar los resultados del ensayo.

Alcanzando la conclusión de que el ensayo con esclerómetro se puede realizar para estimar la resistencia a la compresión del concreto sin embargo con ciertas condiciones controladas y contando con un margen de error y confiabilidad; para muestras analizadas de diferentes obras sin un diseño controlado se determinó una desviación estándar de  $45 \text{ kg/cm}^2$ ; y para el caso de concretos con un diseño supervisado se determinó una correlación de  $r^2=0.7406$  y una desviación estándar de  $13 \text{ Kg/cm}^2$ .

Finalmente para las muestras analizadas llegó a concluir que para un nivel de confiabilidad del 95% las medidas quedarán en un rango de  $f'c \pm 25 \text{ kg/cm}^2$ . (Suárez, 2018).

Torres y Sucasaire (2019) en su Tesis para optar por el Título de Ingeniero Civil con el objetivo de determinar la resistencia del concreto efectuó el ensayo de perforación con equipo de diamantina a los principales elementos estructurales (Columnas, vigas) del Centro de Salud Leoncio Prado perteneciente a la ciudad de Tacna cuyas muestras fueron puestas a prueba por fuerzas de compresión.

Llegando a la conclusión que con los ensayos de perforación diamantina realizados en el centro de salud Leoncio Prado se pudo determinar que los elementos estructurales cumplen con los requerimientos mínimos de la Norma E.060 de Concreto Armado, la cual indica que la resistencia a la compresión  $f'c$  obtenida de los ensayos debe ser mayor o igual al 85% del  $f'c$  de diseño, el cual es un indicativo que la infraestructura cumple con los estándares mínimos del RNE. (Torres & Sucasaire, 2019)

### 2.1.2. Antecedentes internacionales

Salazar y Herreño (2016) en su tesis para optar por el Título de Ingeniero Civil con la finalidad de determinar la correlación entre en ensayo no destructivo con esclerómetro y la resistencia a la compresión del concreto normal, modificado con fibras sintéticas y fibras de acero durante las 3 etapas de maduración, llegando a la siguiente conclusión:

Se presenta un rango de variación notablemente bajo, siendo que el promedio de variación no supera el 0.1 entre las medias directas y las determinadas mediante calculo, por lo cual llegan a la conclusión de que es recomendable considerar el ensayo con esclerómetro como un método para determinar la resistencia a la compresión del concreto. (Salazar & Herreño, 2016)

Suarez, Elías (2013) en su tesis para optar por el grado de Maestría en Ciencias de Ingeniería Estructural pretende determinar la resistencia a compresión del concreto en cilindros, mediante el uso del esclerómetro antes de que sean ensayadas a compresión simple de manera que se pueda hacer una comparación de las resistencias obtenidas, para aprobar la utilización del esclerómetro como herramienta muy eficaz para evaluar a compresión la resistencia del concreto a edades tempranas, la cual permite un ahorro de tiempo y dinero en rotura de probetas cilíndricas. Llegando a la conclusión que indica que el ensayo con martillo de rebote no sustituye al ensayo de compresión simple como método para conocer la resistencia a la compresión del concreto, pero es de gran utilidad porque da resultados dentro de parámetros aceptables. (Suarez del Orbe, 2013)

Estrada & Benavides (2015) en su trabajo de investigación realizado con el fin de elaborar una correlación entre dos ensayos para determinar la resistencia del concreto, siendo uno el número de rebote o martillo esclerómetro (NTC 3692) y el otro en ensayo de resistencia a la compresión (NTC 673). Para la elaboración del concreto se hizo uso de dos mezclas, la primera con arena de cantera “El Espino” y triturado de la mina “Pabon” mientras que para la segunda mezcla se utilizó arena de

cantera “El Espino” y triturado de la mina “Pilcuan”. El cemento empleado para las mezclas es “Argos” Portland del tipo 1.

Al concluir sus ensayos y habiendo obtenido la resistencia a la compresión por ambos ensayos, estos fueron correlacionados mediante una gráfica XY en la cual se obtiene una ecuación del tipo exponencial, ecuación que es ingresada al esclerómetro haciendo uso de un software conocido como HAMMERLINK, para que el martillo electrónico determine las resistencias del concreto como si se usara el ensayo de compresión. (Estrada & Benavides, 2015).

## 2.2.Bases Teóricas

### 2.2.1. Concreto

#### 2.2.1.1.Definición del concreto

Según Negrete y Agustín (2005) definen al concreto (hormigón) como un elemento formado por la unión de grava (agregado grueso), arena (agregado fino), cemento Portland hidratado y generalmente de huecos. (Cano, 2013).

Otro concepto dado por Harmsen (2005) nos da a conocer al concreto como la unión en una mezcla de cemento, piedra fina o agregado grueso, arena o agregado fino o arena y agua. El cemento se logra de la pulverización de Clinker, el cual es producto de la calcinación hasta la calcinación hasta la fusión insipiente de materiales calcáreos y arcillosos. El agregado fino o arena posee como características durables limpio fuerte y libre de polvo. (Cano, 2013)

En cambio, Kosmatka y Panarese (1992) definen al concreto como la fusión de dos componentes siendo estos los agregados y la pasta .La pasta que está compuesta por cemento Portland y agua cuya función es unir a los agregados(arena grava o piedra triturada) con la finalidad de formar una masa semejante a la roca. (Cano, 2013).

#### 2.2.1.2.Propiedades del concreto

##### 2.2.1.2.1. Trabajabilidad

Según las Especificación ASTM C 143 se define a la trabajabilidad como una propiedad fundamental para las aplicaciones del concreto. Esta es la facilidad con la cual pueden fusionarse los componentes y la mezcla resultante pueda manejarse, ser transportada y colocada con mínima pérdida de homogeneidad. Se determina la trabajabilidad utilizando el ensayo de revenimiento el cual consiste en colocar una muestra en un molde de forma cónica de 12 plg de altura con dos bases, una base superior de 4 plg y una base inferior de 8plg de diámetro. (Cano, 2013)

Otra descripción por parte Kosmatka y Panarese (1992) nos define a la trabajabilidad como la simplicidad de colocar, consolidar y acabado del concreto recién mezclado siendo este aun trabajable sin la presencia de segregación o sangrado. (Cano, 2013)

#### 2.2.1.2.2. Durabilidad

Un concepto dado por Troxell (1968) nos define durabilidad como una importante propiedad que posee el concreto, teniendo este que contar con la capacidad de resistir la intemperie, acciones de productos químicos y desgastes debido al tiempo de servicio. Se atribuye gran parte de los daños por intemperie que afectan al concreto a los ciclos de congelación y descongelación. (Cano, 2013)

#### 2.2.1.2.3. Impermeabilidad

El concepto dado por Troxell (1968) nos define a la impermeabilidad como una propiedad importante del concreto que puede mejorar de acuerdo a la cantidad de agua que participa en la mezcla. El exceso de agua conlleva a la aparición de vacíos y cavidades luego de que esta se evapora y si estos se encuentran interconectados el agua puede penetrar el concreto. (Cano, 2013)

#### 2.2.1.2.4. Cambio en volumen

Según Waddell (1968) nos define el cambio de volumen como otra propiedad del concreto a tener en cuenta, siendo esta la expansión producto a las reacciones químicas que experimenta la mezcla pudiendo ocasionar pandeo y contracción que al momento de secarse darán lugar a grietas. (Cano, 2013).

#### 2.2.1.2.5. Resistencia

Para Waddell (1968) nos define a la resistencia como una propiedad del concreto que siempre es motivo de preocupación debido a que esta propiedad indicara la carga máxima que soportara el concreto, por lo general, para determinar la resistencia del concreto se hace uso de probetas que serán sometidas a compresión; siendo también en ocasiones estas sometidas a flexión y tensión. El concreto aumenta la resistencia a la compresión en un periodo de 28 días siendo la medida más común para determinar esta propiedad (Cano, 2013).

Kosmatka y Panarese (1992) definen a la resistencia a la compresión como la máxima resistencia alcanzada por un espécimen de concreto o motero sometido a carga axial. Generalmente es expresado en kilogramos por centímetro cuadrado ( $\text{kg/cm}^2$ ) a una edad de 28 días y se le designa con el símbolo  $F'c$ . (Cano, 2013).

#### 2.2.1.2.6. Escurrimiento Plástico

Para Orchard (1976) el termino escurrimiento plástico se refiere a una deformación que sucede con carga constante durante un largo periodo de tiempo. La deformación del concreto continua, pero a una velocidad que disminuye con el tiempo. Esta es proporcional al esfuerzo con carga de trabajo y aumenta cuando se incrementa la cantidad de la proporción agua-cemento; pudiendo disminuir cuando se incrementa la humedad relativa. (Cano, 2013).

#### 2.2.1.2.7. Hermeticidad

Para Orchard (1976) nos presenta a la hermeticidad cómo la capacidad del concreto de refrenar o retener el agua sin escapes visibles (Cano, 2013).

#### 2.2.1.2.8. Permeabilidad

Para Kosmatka y Panarese (1992) el termino permeabilidad se refiere al desplazamiento de agua a través de concreto cuando esta se encuentra a presión, o la capacidad del concreto de resistir la penetración de agua u otras sustancias. (Cano, 2013).

Negrete y Agustín (2005) establecen los factores que intervienen en las propiedades del concreto siendo estos los siguientes:

- 1.- Relación entre los componentes del concreto: arena agregado grueso y cemento.
- 2.- Relación del contenido de agua y cemento.
- 3.- Las características del agregado grueso y arena, siendo recomendable hacer uso de agregados con aristas puntiagudas y no redondeadas.
- 4.- Tiempo de mezcla y forma de colocación.
- 5.- Tiempo del curado del concreto.

#### 2.2.2. Ensayos Destructivos

##### 2.2.2.1. Ensayos a compresión

Ensayo de resistencia a la compresión. ASTM (C-39/C39M-03)

Ensayo de resistencia a la compresión. ASTM (C-39/C39M-03), al momento de valorar un concreto endurecido, pues las propiedades del concreto se vinculan con su resistencia a la compresión de manera cualitativa, pero principalmente para validar los datos de resistencia a compresión que propone el diseñador estructural.

El ensayo consiste en aplicar una carga axial lateral a las probetas de concreto con dimensiones standard. a una intensidad que aumenta según

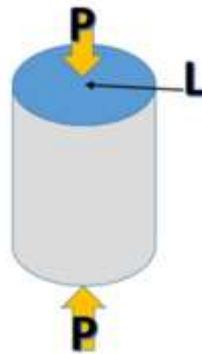
norma, hasta que el espécimen falle. Para interpretar y deducir la resistencia a compresión del espécimen, se debe dividir el valor de la carga fijada durante el ensayo sobre el área circular transversal de la probeta.

El ensayo debe ser realizado en intervalos según la edad del concreto: 3, 7, 14 y 28 días de curado.

Calculo:

Fórmula para hallar la compresión del cilindro:

$$Q = \frac{P}{L}$$



Donde:

Q = Carga crítica obtenida.

P = Carga final ejercida sobre la probeta.

L = Área en contacto.

Procedimiento

- Se debe elaborar un formato para controlar el tiempo de curado de cada espécimen para posteriormente realizar el ensayo.
- Asegurar el cuidado de las probetas seleccionadas, para evitar deterioros y abolladuras en su superficie y mantener el espécimen húmedo para obtener valores representativos en el ensayo.
- Se debe colocar láminas de neopreno en la superficie superior e inferior del espécimen, esto facilitara que la carga actúe uniforme sobre la sección circular de la probeta.

- La velocidad aplicada a la carga sobre la probeta será mínima, 3 kg/s hasta conseguir que el espécimen llegue al punto de falla.
- Anotar el valor de la carga máxima soportada por la probeta hasta llegar al punto de falla.

#### 2.2.2.2. Resistencia del concreto por corazones diamantinos. (Mamani, 2018)

Este ensayo se desarrolla haciendo la extracción de corazones diamantinos in situ para poder determinar la resistencia del concreto de la estructura y de esta forma evaluar la calidad del concreto en obra.

Equipo:

Según la NTP 339.059 se utilizarán los siguientes equipos:

- Un taladro con broca tubular de diamantina para realizar el corte en el concreto.
- Una sierra con el fin de cortar los extremos de las muestras extraídas con el taladro.

Según la norma NTP 339.059 es necesario seguir la metodología y considerar lo siguiente:

Diámetro de las muestras Diamantinas:

La muestra de diamantina debe tener un diámetro mínimo de 95 mm, para el caso de concretos con un tamaño nominal de 1 ½ plg, el diámetro de la muestra diamantina debe tener por lo menos tres veces el tamaño máximo nominal del agregado.

Longitud de la muestra Diamantina:

La muestra de diamantina debe tener una longitud que varía entre 1.9 a 2.1 veces el diámetro de la probeta a analizar, siendo recomendable que el valor se aproxime a 2, en caso la longitud de la muestra diamantina sea menor al 95% de su diámetro en ensayo no podrá realizarse.

Extremos de Probetas Diamantinas:

Los extremos de la probeta de muestra diamantina deber ser de superficies lisa y estar en forma perpendicular al eje del equipo de compresión siendo aceptable una desviación máxima de 0.5.

Presencia de acero dentro del núcleo diamantino:

La muestra diamantina no debe contar con presencia de acero alguna, sin embargo, por circunstancia de la obra la muestra diamantina contiene acero, este debe estar en dirección perpendicular al eje del equipo de compresión para evitar problemas al momento de realizar el ensayo.

Dirección De Extracción de la Diamantina:

Por motivo del fenómeno de exudación del concreto se dan diferencias en las muestras de núcleos diamantinos extraídos de manera horizontal o vertical. Por lo general presentan menor resistencia a la compresión los núcleos extraídos de forma horizontal que en dirección vertical con un margen de 10%.

Altura de Extracción de diamantina según tipo de Estructura:

Siendo lógico que se hagan notorias variaciones en la resistencia en los elementos de concreto analizados debido a su altura, cuya razón se debe principalmente a la presión que ejerce el material posicionado superiormente del punto. Sin embargo, la distribución de las presiones no presenta una variación lineal, sino que para elementos de altura considerable la variación es del tipo parabólico. Con los mayores a  $h/4$  o  $h/3$ .

Contenido de humedad en las muestras diamantinas:

Según norma se debe realizar los ensayos con las muestras en un estado húmedo.

Factores de corrección de Resistencias según Longitud y Diámetro:

Por la relación longitud/diámetro, las muestras analizadas deben corregir las resistencias obtenidas por el ensayo de acuerdo a la tabla 6 que se muestra a continuación:

Tabla 1: FACTORES DE CORRECCIÓN POR L/D

Longitud/ diámetro	ASTM	BSi
2.00	1.00	1.00
1.75	0.98	0.98
1.50	0.96	0.96
1.25	0.93	0.94
1.00	0.87	0.92

Fuente: NTP 339.059

#### 2.2.2.3. Resistencia a la flexión

##### Ensayo a la resistencia a la flexión (ASTM- C78-02)

Para estimar la resistencia a flexión del concreto endurecido, debe ensayarse según establecido la norma ASTM C78, en especímenes prismáticos (vigas), estos deben colocarse de tal manera que la carga fijada sea en una de sus caras laterales, el espécimen debe estar siempre húmedo al momento del ensayo, de lo contrario, una superficie seca genera menores resistencias en muestras de concreto. El rango aceptable es de 0.86 y 1.21 Mpa/min para vigas de sección 150mm x 150mm con una luz de 450mm entre apoyos, equivalente a cargas de 6.45 y 9.08 Kn/min o 0.11 y 0.15 Kn/seg. (ASTM, C-78 AMERICAN SOCIETY TESTING OF MATERIAL)

El ensayo, se realiza a una viga de concreto simple, es decir sin presencia de algún tipo de refuerzo, aplicando dos cargas puntuales separados equidistante a lo largo de la superficie de viga, hasta llegar al punto de falla. Las cargas puntuales deben emplearse en puntos que tendrán un espaciamiento a un tercio de su longitud entre apoyos.

Para el ensayo de flexión se utiliza el criterio de carga en los dos tercios de claro, que básicamente es marcar longitudes equidistantes de 450mm de la distancia entre apoyos, midiendo 75mm desde el extremo de la viga hasta el eje de apoyo; de tal forma que, las cargas sean aplicadas de forma perpendicular a la viga.

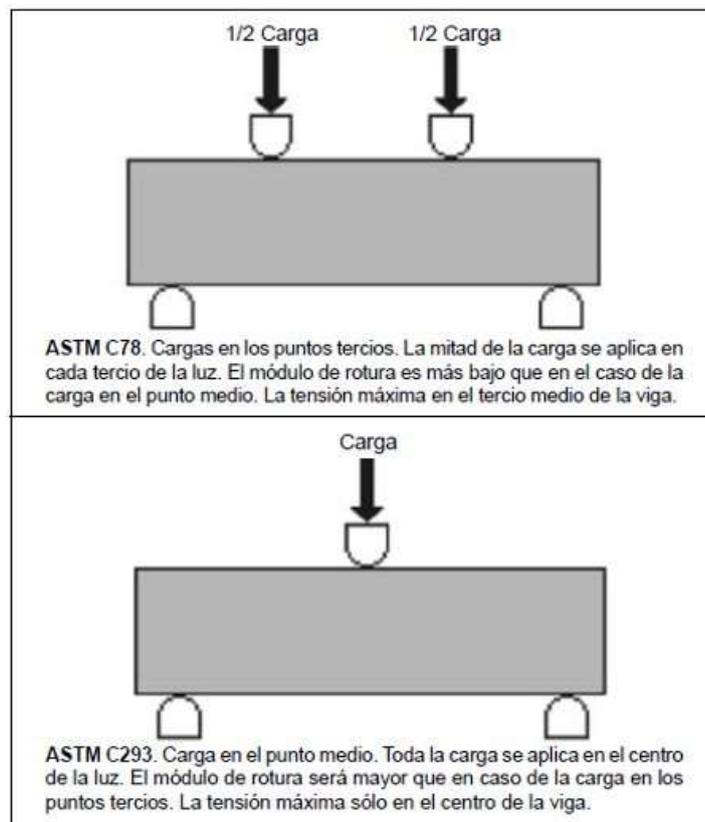


Figura 1: Métodos de ensayo ASTM C78 (cargada en los puntos tercios) y ASTM C293 (cargada en el punto medio)

Fuente: Civilgeeks

#### Procedimiento

- Registrar la información de la viga (dimensiones, sección, edad).
- Señalizar la superficie de la viga, los puntos de apoyo y los puntos de carga.
- Asegurar la velocidad de carga establecida, de 3Kg/s según la norma, hasta conseguir la falla.

- Tomar nota de la cara máxima registrada y continuar los ensayos con la muestra que prosigue.
- Anotar la carga máxima soportada por la viga en el momento de falla.

### Calculo

Para el cálculo de módulo de rotura se emplea la operación:

$$MR = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2}$$

Donde:

MR= Módulo de rotura (Mpa).

P= Carga aplicada (Kn).

L= La distancia entre apoyos de la viga (mm).

b = El ancho que posee la viga (mm).

d = La altura que posee la viga (mm).

### 2.2.3. Ensayos No Destructivos

El objetivo de los ensayos no destructivos es estimar características del concreto en la estructura siendo la característica importante de estas pruebas la medida de las características del concreto en una estructura.

El resultado buscado generalmente es la fuerza de compresión que pueden soportar los elementos a analizar. Para realizar una estimación de la fuerza viene siendo necesario tener una relación entre el resultado del ensayo no destructivo y la fuerza que posee el concreto. Para una obra en ejecución esta relación se establecerá empíricamente en un laboratorio.

Entre los distintos ensayos no destructivos tenemos los siguientes:

#### 2.2.3.1. Prueba Del Martillo De Rebote

Uno de los métodos que ha encontrado aplicación práctica en un campo limitado es conocido como el ensayo de martillo de rebote, el cual fue desarrollado por Ernst Schmidt; conocido también como ensayo con esclerómetro o prueba de martillo de rebote.

El ensayo se basa en el principio que el rebote que se produce en una masa elástica depende de la dureza de la superficie que golpea dicha masa. En el ensayo de rebote o esclerómetro una masa es impulsada por un resorte que registra una cantidad fija de energía que se le marca al extender el resorte hasta una posición determinada; esto es logrado mediante la presión del embolo contra una superficie de concreto que se quiera evaluar. Al momento de liberar la masa rebota del embolo que se encuentra en contacto con la superficie del concreto y la distancia que recorre la masa expresada como un porcentaje de la extensión inicial del resorte es a lo que se llama “numero de rebote” y es determinado por un indicador que corre sobre una escala graduada. El número de rebote es una medida arbitraria debido a que es dependiente de la energía almacenada en el resorte y el volumen de la masa.

El martillo debe ser utilizado sobre una superficie homogénea y de preferencia cimbrada, debido a ello no es posible analizar concreto de textura abierta. Las superficies de análisis deberán ser lisas caso contrario es necesario lisarlas. En caso se analice un elemento que no conforme parte de una masa mayor será necesario que sea sujetado firmemente, debido a que los golpes durante la prueba pueden sufrir una disminución del número de rebote registrado.

#### Procedimiento

Para una lectura fiable, es necesario calibrar el esclerómetro como primer paso, esto con el apoyo de un yunque de tarado.

- Se debe conseguir una superficie lisa para realizar una lectura real de la resistencia

- Situar el punzón de impacto del esclerómetro perpendicular a la superficie a ensayar, en seguida presionar contra la superficie requerida y anotar los datos en cada rebote.
- Sera necesario realizar un mínimo de 8 a 10 lecturas de prueba de rebote, con una distancia mínima de 20mm entre prueba.

#### Factores que influyen en el ensayo

Según Cortes (2008) en su artículo nos presenta los siguientes factores que influyen en el ensayo de esclerómetro o martillo de rebote. (Cortés, 2008)

#### El tipo de cemento

Se llegó a la conclusión de que el tipo de cemento utilizado marca una dureza superficial características al concreto. Esta disparidad de dureza superficial (por lo tanto, en índice esclerometrico) es mayor a medida que se incrementa a medida que aumenta la resistencia a la compresión del concreto. (Cortés, 2008)

Una variación determinada por Chefdeville se ilustra en la figura 02. Donde se emplearon muestras de 20x20x60 cm sobre las cuales se determinó el índice esclerometrico posteriormente se cortaron cubos de 20cm de arista para ensayarlos a compresión. Este suceso cobra importancia en nuestro medio, donde comienzan a aparecer otro tipo de cementos diferentes al Portland 1 y aun este generalmente incorpora adiciones de naturaleza puzolonica. (Cortés, 2008)

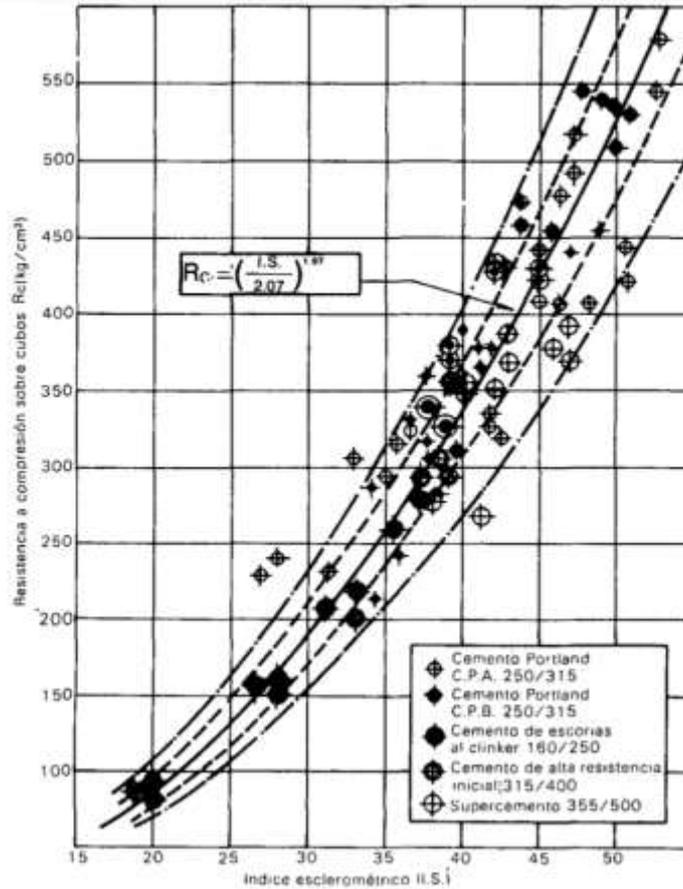


Figura 2: Influencia del tipo de cemento

Fuente: Gabriel Gomez (2008)

### Contenido, Tipo y Tamaño Máximo del Agregado

Se determinó que a mayor contenido de agredo por volumen de concreto (para los agregados de peso unitario normal) estos conllevan a valores más alto al momento de realizar las medias de índice esclerometrico y los tamaños máximos pequeños generan medidas más altas que tamaños máximos grandes. Estos comportamientos se observan en la figura 3. (Cortés, 2008)

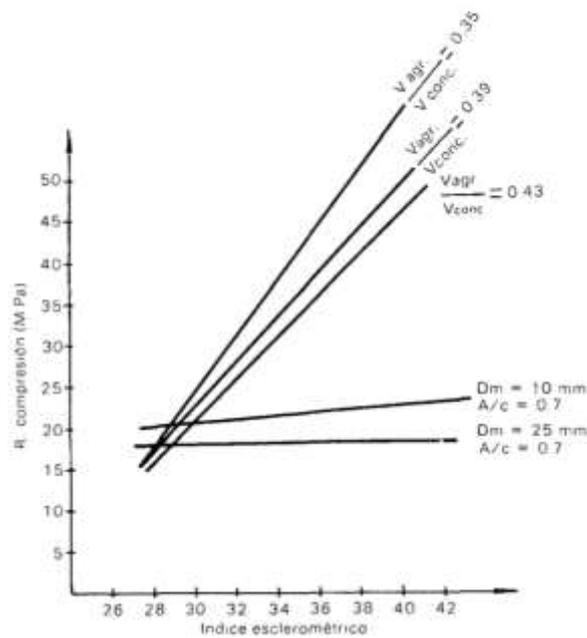


Figura 3: Influencia del contenido y tamaño máximo del agregado sobre el índice esclerométrico.

Fuente: Gabriel Gómez (2008)

### Forma y Textura de la Superficie

La forma de la superficie junto a la textura producto de la formaleta generan diferencias en las lecturas del ensayo esclerométrico. Superficies con condición plana generan medidas levemente mayores a las de superficies en condición curvada y las formaletas metálicas (que producen una textura más lisa) llevan a medidas de índice menor que las de cartón (no utilizadas en nuestro medio) y madera (utilizada comúnmente) como se aprecia del análisis de la Figura 4 y Figura 5. (Cortés, 2008)

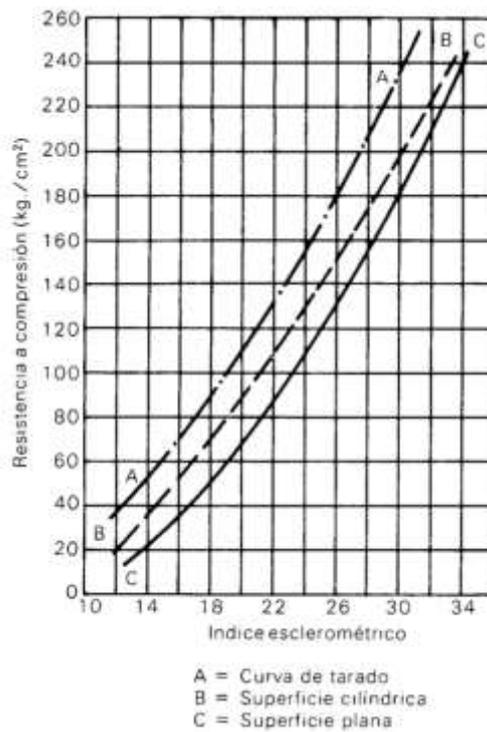


Figura 4: Relación entre la resistencia a compresión y el índice esclerométrico (probetas cúbicas y cilíndricas).

Fuente: Gabriel Gómez (2008)

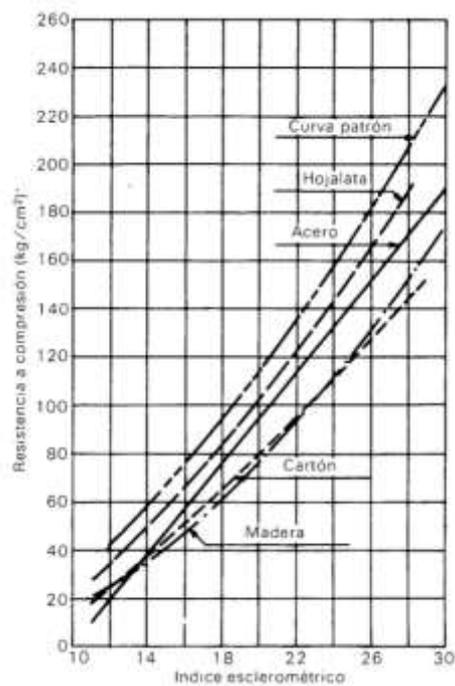


Figura 5: Relación entre la resistencia a compresión y el índice esclerométrico (probetas cúbicas y cilíndricas).

Fuente: Gabriel Gómez (2008)

## Posición del Aparato

Es evidente que el resultado obtenido de índice de magnitud de rebote de la masa es influenciado por la posición del instrumento de medición; en caso de una posición horizontal, inclinado hacia arriba o hacia abajo el componente correspondiente a la gravedad podrá actuar de manera favorable o desfavorable sobre la medida obtenida. (Cortés, 2008)

Los fabricantes de los instrumentos generalmente colocan sobre cada uno de ellos curvas de calibración para posiciones horizontales. Inclinas hacia arriba o hacia abajo, dependiendo del ángulo de inclinación como se muestran en la figura 6.

Existen sin embargo antecedentes que aceptan que la separación de cada una de las curvas debería ser mayor.

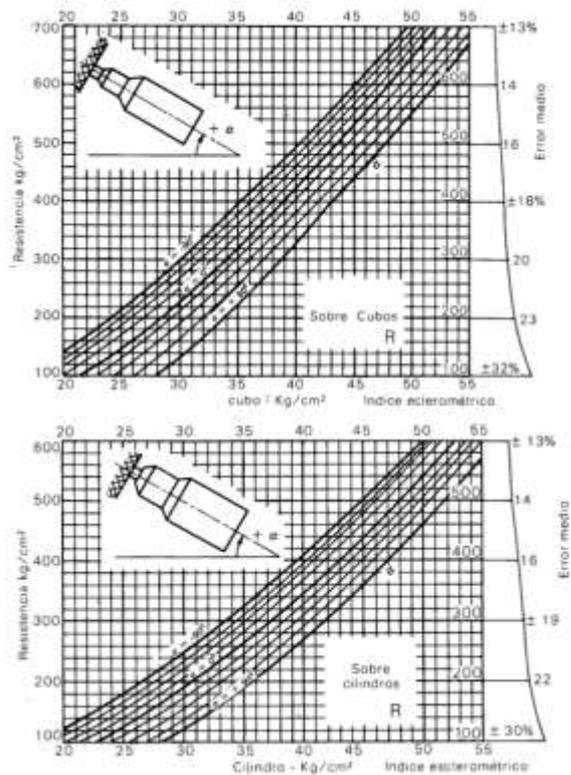


Figura 6: Influencia de la posición del aparato.

Fuente: Gabriel Gómez (2008)

## Carbonatación Superficial del Hormigón.

Para (Cebey, 2016) la carbonatación es un factor realmente importante que influyen en la vida útil que desempeña en el tiempo una estructura de concreto armado, la carbonatación puede ser definida como la reducción de alcalinidad que posee el concreto por la acción de componentes ácidos encontrados en la atmosfera como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el azufre (SO<sub>2</sub>).

En su trabajo de investigaciones (Cortés, 2008) comparte que el concreto u hormigón con el pasar del tiempo presenta un fenómeno denominado carbonatación de la superficie que ocasiona un aumento de la dureza superficial, sin aumento de la resistencia mecánica.

El anhídrido carbónico que se encuentra en el aire penetra el concreto a través de los capilares y este se combina con el hidróxido de calcio (Portlandita) disueltos en poros de gel. Formando carbonato de calcio neutro y agua resultando en que el pH líquido contenido en los poros cuyos valores están comprendidos entre 12 y 13 disminuyan paulatinamente.

En caso de que el valor de pH sea inferior a 9.5, el concreto será denominado “concreto carbonatado”, que posee mayor dureza superficial posee un problema de que el pH no es suficiente para lograr mantener pasiva la carga de óxido de las armaduras y bajo efecto de la humedad y oxígeno facilita el comienzo de corrosión y la carbonatación progresará naturalmente del exterior al interior y la velocidad de penetración depende entre otros factores de:

- La humedad relativa que está presente en el ambiente.

- El contenido de CO<sub>2</sub> presente en el medio ambiente.
- La porosidad y el contenido de cemento del concreto.

Se ha determinado que la profundidad de carbonatación varía entre unos 3 mm al cabo de 30 años para condiciones favorables, a unos 20mm en 10 para condiciones adversas.

Aproximadamente se puede establecer la profundidad de la carbonatación mediante la expresión:

$$C = K\sqrt{T}$$

C: Profundidad de la carbonatación (cm)

T: Tiempo (años)

K: Parámetro que depende de condiciones límites (medio ambiente, calidad del hormigón), menor en cuanto mejor sea la calidad del hormigón y menos agresivo sea el medio ambiente y mayor en caso contrario. Varía ampliamente con valores que oscilan entre 0.5 y 10. Según Delibes el parámetro K puede establecerse según la siguiente expresión:

Tabla 2: Valores de K según Delibes.

Influencia del cemento	Portland normal	Alta resistencia	Escorias 40% - 60%	Puzolánico
Valor de r(1)	1.0	0.6	1.4 - 2.2	1.7 - 1.9
Influencia del agregado	rodado de río	Arena nat. Grava lig.	Agregados livianos	Cenizas
Valor de r(2)	1.0	1.2	2.9	3.3
Influencia del aditivo	Normal	Aireantes		Plastificantes
Valor de r(3)	1.0	0.6		0.4

Fuente: Gabriel Gómez (2008)

$$K = R\sqrt{a}$$

$$a = \frac{((A/C) - 0.25)^2}{0.3(1.15 + 3(A/C))}$$

$$R = r(1) * r(2) * r(3)$$

A/C: Relación agua/cemento

r(1), r(2), r(3) son los factores que relacionados con el cemento, agregados y aditivos empleados. según la tabla 2. El autor no conoce curvas que muestren la influencia de este fenómeno en la determinación del índice esclerométrico. pero su influencia es ampliamente citada y constituye un tema interesante de reflexión e Investigación.

En estos métodos analizados se precisa una estimación mayor en las mediciones producto del proceso de carbonatación cuya intervención genera una mayor dureza del concreto superficial por la acumulación de poros en la superficie externa del concreto. Esta misma de acuerdo a la profundidad esta sobreestimada se va incrementando de acuerdo al siguiente gráfico: (FUENTES, 2019)

Tabla 3 : Factores de corrección por carbonatación

Profundidad de carbonatación (cm)	Factor de corrección
0,5	0,97
1	0,94
1,5	0,90
2	0,87
2,5	0,84
3	0,80
3,5	0,78
4	0,74
4,5	0,72
5	0,68
5,5	0,65
6 o mayor	0,62

Fuente: (Fernández, 2014)

## Capas diferentes de Hormigón

Al existir dos o más capas de hormigón, se crea una discontinuidad en la superficie de contacto entre ellas, que altera el valor del índice esclerométrico determinado, situación que se hace más notable, si las capas presentan valores muy diferentes. Este comportamiento se ilustra en la Figura 7. En caso de que el concreto se encuentre recubierto por una capa de mortero es necesario retirar dicha capa para una correcta toma de medidas con el esclerómetro.

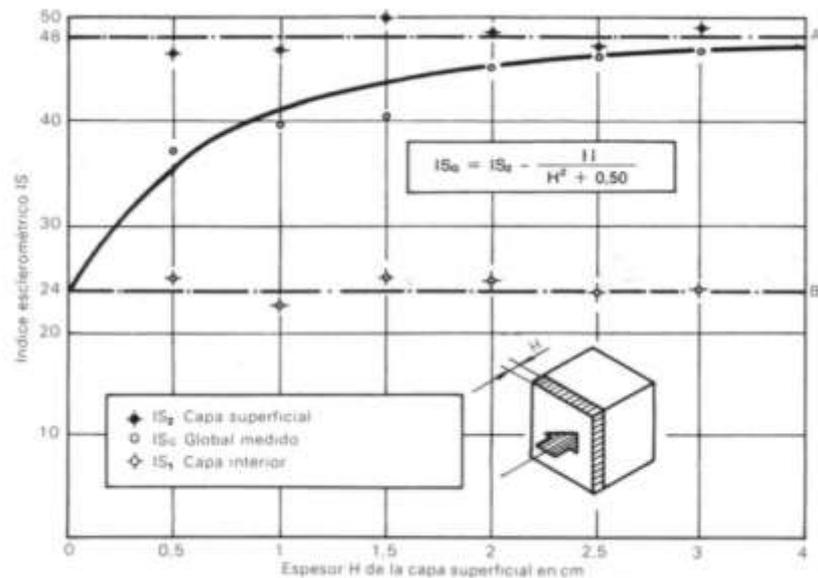


Figura 7: Variación del índice esclerométrico global medido con el espesor de la capa superficial

Fuente: Gabriel Gómez (2008)

Donde:

A: Valor medio del índice esclerométrico de la capa superficial  $IS_2$

B: Valor medio del índice esclerométrico de la capa inferior  $IS_1$ .

## CONDICION DE HUMEDAD SUPERFICIAL

En caso se dé la presencia de agua que sature los poros de la superficie del concreto esta ejercerá un efecto amortiguador sobre el

esclerómetro haciendo que las muestras mediciones obtenidas en superficies húmedas presenten valores menores de índice que mediciones realizadas en superficies secas como se aprecia en la figura 8.

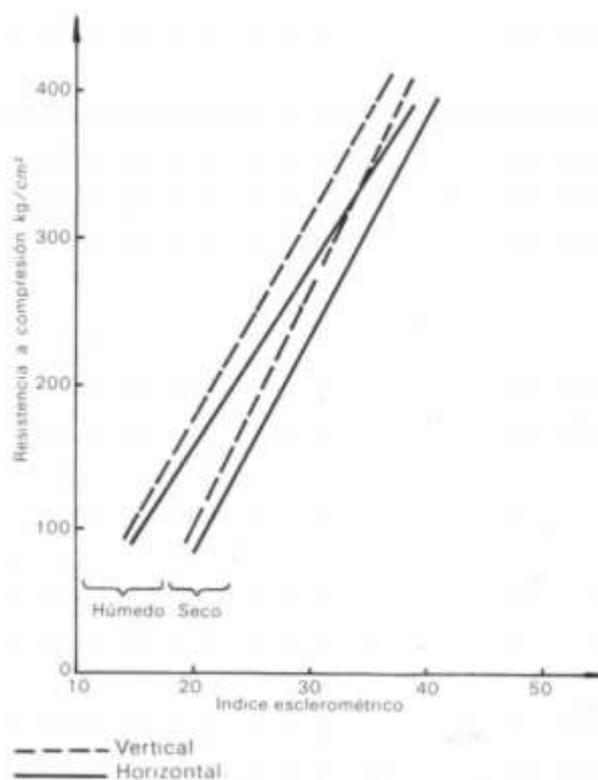


Figura 8: 8. Influencia de la posición del aparato y condición de humedad de la superficie en lecturas de índice esclerométrico.

Fuente: Gabriel Gómez (2008)

### Consideraciones

Para Vazques (2018) en su informe toma en cuenta las siguientes consideraciones para realizar el ensayo de esclerómetro (Vasquez, 2018).

- Un espesor mayor o igual a 100mm.
- La zona de ensayo será de 300 mm x 300mm aproximadamente.
- La superficie a analizar no debe contar con recubrimiento y debe presentar una textura lisa, en caso que se necesite quitar el recubrimiento se utilizara una piedra abrasiva de carburo de silicio.)

- Se dibujará una cuadrícula cuyas líneas estarán separadas a una distancia de 25 a 50 mm como se muestra en la figura 2 y tomar en cuenta las intersecciones como los puntos donde impactara el equipo.

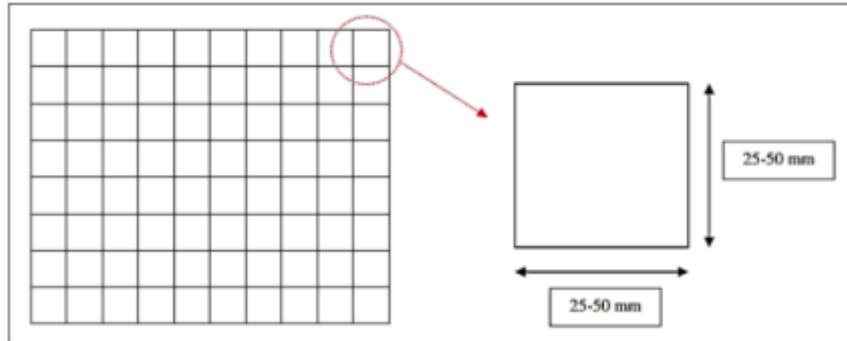


Figura 9: Cuadrículas de 25 y 50 mm para el ensayo de esclerómetro. (VASQUEZ, 2018)

- Se debe comprobar el equipo esclerómetro con la ayuda de un yunque tarado.



Figura 10: Yunque Tarado de acero para calibración del esclerómetro.

Fuente: (VASQUEZ, 2018)

- Se realizarán por lo menos 10 lecturas con una distancia mayor igual a 25 mm a 50 mm.
- Realizar las lecturas con el yunque tara y compararlas con las que se obtuvieron anteriormente para comprobar el tarado.
- En caso difieran, repetir el ensayo.

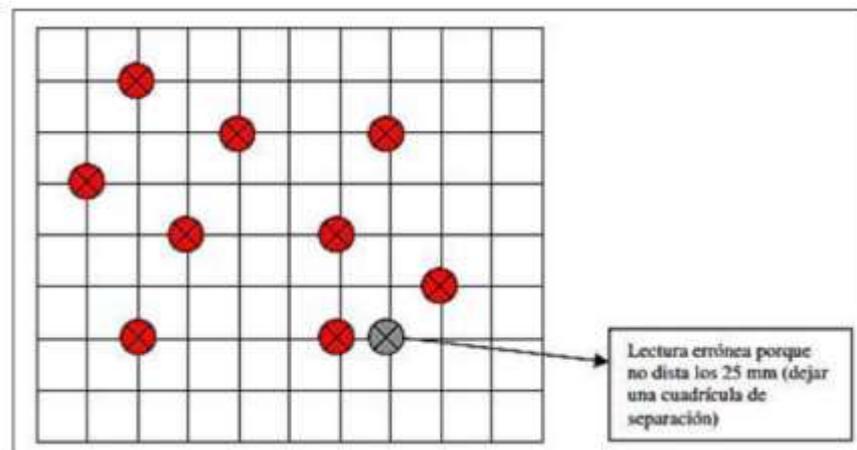


Figura 11 :Ejemplo de lecturas realizadas con el esclerómetro.

Fuente: (VASQUEZ, 2018)

#### 2.2.3.2. Ensayo De Ultrasonido

Ensayo estándar normado por ASTM C-597 que se basa en la velocidad de propagación de pulso ultrasónico a través del concreto endurecido.

Este método se basa en medir el tiempo que tarda en recorrer un pulso eléctrico de un transductor a otro, situados uno al extremo de otro de cualquier elemento de concreto que se desee evaluar. El resultado de este ensayo es la velocidad longitudinal.

La velocidad longitudinal es inversamente proporcional a la resistencia, la que generalmente se obtiene por rotura de probetas. El ensayo nos permite obtener la resistencia de una estructura a través de la densidad del concreto, que es un factor común entre la velocidad y la resistencia.

Podemos considerar otros factores aparte de la resistencia del concreto que pueden influir la velocidad de pulsación, siendo uno de ellos

la cantidad de mortero en la mezcla. Cuando la mezcla de mortero cambia de un estado seco a uno saturado, está comprobado que la velocidad de pulsación se incrementara en un 5% (ASTM, c-597).

El ensayo consiste en rastrear una señal de pulsos de elevado voltaje y reducida duración, a través de dos transductores que trabajan por medio de frecuencias de resonancia. Una vez enviada la señal de pulsos a través de la estructura, es recibido por un receptor situado en su otro extremo. una vez decepcionada la señal, el medidor electrónico se detiene y se registra el tiempo del recorrido de transductor de un lado a otro. La velocidad de pulsación se puede incrementar en un cinco por ciento, esto debido al grado de saturación de la muestra de concreto, según (ASTM C597).

Procedimiento.

- Sera necesario pulir la superficie a analizar y donde tendrá contacto el equipo.
- Se determinará la longitud de transmisión que existe entre los transductores esta no debe exceder los 400mm.
- Se determinará el tipo de lectura si esta es directa 15m o indirecta 0.25 a 5m.
- Se agregará gel sobre la superficie donde se colocan los transductores para un mejor acople.
- Para un concreto las pulsaciones del dispositivo deberán tener una velocidad superior a 2000 m/s.

Calculo.

Fórmula para el cálculo de la velocidad de transmisión

$$V = \frac{L}{T}$$

Donde:

V = Es la velocidad de propagación.

L = Es la longitud de transmisión (m).

T = Es la lectura de tiempo(s).

#### 2.2.3.3. Prueba De Resistencia A La Penetración (ASTM C 803)

La prueba conocida comercialmente como la prueba de la sonda Windsor logra calcular la resistencia del concreto teniendo en cuenta la profundidad de la penetración de una varilla metálica que es impulsada por una carga establecida de pólvora. El principio en que se fundamenta está dado por las condiciones estándar de prueba, donde la penetración es inversamente proporcional a la resistencia a la compresión del concreto, pero la relación es dependiente de la dureza que posee el agregado. Por ello se debe determinar la dureza del agregado en la escala de Moh.

Para agregados de dureza de 3 a 7 en la escala de moh existen graficas de resistencia contra la penetración, la resistencia a la penetración debe estar relacionada con la resistencia a la compresión de muestras estándar de concreto. Es necesario recordar que la prueba no proporciona valores absolutos, aunque tiene utilidad para realizar comparaciones.

Las sondas son introducidas en grupos de tres (3) cercanas entre si y es empleada la penetración promedio para el cálculo de la resistencia. La prueba de resistencia a la penetración puede ser considerada casi no destructiva ya que el daño que causa al concreto por las sondas de 6.3 mm son locales quedando la posibilidad de ensayar en áreas cercanas.

No se encuentra disponible una evaluación completa de la prueba, debido a que no se ha aplicado extensamente sin embargo se dispone de un método establecido por la ASTM C 803. Es probable que la prueba de resistencia a la penetración logre sustituir en menor parte a la prueba de esclerómetro debido a que es superior en ciertos aspectos al llevarse la medición en la superficie y profundidad del concreto.

#### 2.2.4. Muros De Contención

Son estructuras comúnmente construidas para estabilizar el desnivel de suelos, para dar paso a estructuras importantes en este entorno.

La estabilidad de los muros de contención recae principalmente en su geometría y su propio peso, al estar sometido a altas presiones laterales de diversos materiales, entre ellos; tierra, agua, arena, rellenos y otros materiales que se depositan detrás de él. Existen diversos tipos de muros, diseñados según los requerimientos del medio donde se construye.

En todo el estudio que sigue, un muro de contención se representa como una estructura de dos dimensiones, teniendo un espesor unitario.

Dentro de la consideración de este tipo de estructuras, tiene importancia establecer la diferencia entre: los muros de contención y los llamados muros de revestimiento, ya que representando una estructura análoga tienen diferentes fines.

Los muros de contención tienen por objeto resistir presiones laterales, en tanto que los muros de revestimiento, sirven para evitar la caída de tierras que pertenecen en el sitio de su yacimiento, pero que se han excavado, dejando un parámetro vertical o inclinado.

#### 2.2.4.1. Clasificación de muros de contención

Los muros de contención pueden dividirse en dos grandes grupos, a considerar:

- muros de contención flexibles
- muros de contención rígidos o inflexibles

##### 2.2.4.1.1. Muros de contención flexibles

Son aquellos que están constituidos por elementos estructurales poco rígidos, sensibles a deformarse bajo la acción de cargas exteriores; tal como sucede con los tablestacados de madera.

Los muros de contención, de madera tratada, se usan extensamente para retener los terraplenes en las obras de construcción en general. Estas construcciones son muy estables si se diseñan adecuadamente para las presiones que se considera que actuarán sobre ellas; y si se construyen bien y con madera tratada a presión, darán un servicio duradero con muy poco o ningún mantenimiento. La madera tratada a presión queda satisfactoriamente

protegida contra la descomposición y es muy resistente a los ácidos que pueden estar presentes en el suelo.

El tipo más corriente de muro de contención, de madera, es el muro de tablestacas, sostenida en posición con pilotes guías y largueros de tabloncillos gruesos. También los muros de tabloncillos horizontales, aguantados por postes o pilotes redondos de madera, son comunes. La distancia entre los postes depende del empuje del terraplén y del espesor de los tabloncillos horizontales, que son vigas continuas apoyados en varios puntos y cargadas uniformemente en toda su longitud por las presiones del relleno a sus respectivos niveles o cotas.

Para alturas de 2m o menos los postes de apoyo, hundidos hasta las profundidades convenientes, dan amplia protección contra los vuelcos, inclinaciones o desplazamientos, sin necesidad de amarres ni esfuerzo lateral alguno, a menos que se trate del suelo más pobre que se pueda imaginar. Si los muros llegan a mayor altura, se deben anclar a muertos o a pilotes de anclaje, usando varillas o cables que generalmente se equipan con torniquetes para facilitar el ajuste. También se refuerzan estos muros con pilotes inclinados.

#### 2.2.4.1.2. Muros de contención rígidos

Son aquellos en los cuales las deformaciones producidas por el empuje del relleno son tan pequeñas que pueden ser despreciadas. Esta condición se verifica en los muros realizados en hormigón y en mampostería.

Debido a lo frecuente que se presentan en la práctica, se considera únicamente el estudio de los muros de contención rígidos.

Este tipo fundamental de estructura, se subdividen en cuatro grupos principales, a saber:

Muros de contención:

- gravedad
- voladizo
- semigravifco
- contrafuertes

#### 2.2.4.1.3. Muros de gravedad

Estos muros de contención son los que dependen enteramente de su peso para lograr la estabilidad necesaria.

El concreto sin refuerzo o hasta la propia piedra colocada, constituyen un material adecuado para su construcción. La característica fundamental del diseño en este caso, consiste en mantener el eje de compresión dentro del tercio central de la sección transversal.

#### 2.2.4.1.4. Muros en voladizo.

Estos muros, son generalmente estructuras de concreto armado, en las que se emplea el peso propio del suelo para lograr la estabilidad deseada. Estos tres elementos, se diseñan cada uno como losa en voladizo. Los elementos fundamentales de este tipo de estructura son:

- tronco
- pie
- talón

#### 2.2.4.1.5. Muros semigravificos

Este tipo de muro de contención, emplea un refuerzo ligero y es de construcción intermedia entre el tipo de gravedad y el del voladizo.

#### 2.2.4.1.6. Muros de contrafuertes

Este tipo de estructura, se parece al muro de contención en voladizo y al igual que éste, logra su estabilidad mediante el peso del terreno.

El tronco y la base se unen en intervalos regulares, mediante contrafuertes, nervaduras o paredes de arriostamiento. Estas nervaduras actúan en la forma de arriostamiento en tensión y modifican totalmente los apoyos de las losas del tronco y del talón. El tronco resulta una losa horizontal entre los contrafuertes o nervaduras y el talón es una losa apoyada en tres puntos.

### 2.3. Definición de términos

#### a) Probeta de Concreto

Según Diaz (2012) define a las probetas de concreto como un muestreo que se utiliza para realizar ensayos mecánicos del hormigón endurecido. Se realizan en moldes metálicos cilíndricos de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura rígidos, indeformables y no absorbentes untados en aceite mineral que no ataque al cemento y evite su adherencia (DIAZ, 2012).

#### b) Núcleo de concreto

Los núcleos o cilindros de concreto son muestras que se extraen de la estructura a analizar con taladros equipados con brocas de punta diamante de diferentes diámetros su diámetro depende del espesor de los elementos de concreto de los cuales se van a extraer y de la distribución del acero de refuerzo que allí se encuentre (Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos de Estructuras, 2020).

#### c) Carbonatación superficial

Osorio (2018) define el concepto como la pérdida de pH que ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio (con alto pH) a carbonato de calcio, el cual tiene un pH más neutral (OSORIO, 2018).

#### d) Yunque tarado

Es un yunque de acero para la verificación del esclerómetro, definido por una dureza mínima de 52 HRC y una masa de  $(16 \pm 1)$  kg y un diámetro de aproximadamente 150 mm (González, 2016).

#### e) Piedra abrasiva

Es una piedra de carburo de silicio de textura de grano medio o similar (González, 2016).

## CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Tipo y diseño de la investigación

Se trabajó la investigación utilizando un método aplicativo, se evaluó el concreto de estructuras existentes.

El diseño de la investigación es descriptivo-evaluativo, ya que se procedió a el análisis de las muestras extraídas y comparar los resultados obtenidos mediante los dos tipos de ensayos utilizados y se evaluara los resultados para determinar la condición en la que se encuentra la estructura.

### 3.2. Población y/o muestra de estudio

La población de estudio será el distrito de Ciudad Nueva, específicamente los muros de contención en la Calle Intiorko tramo Av. Los precursores - Pasaje Pomata, distrito Ciudad Nueva – Tacna.

### 3.3. Operacionalización de variables

Variable	Definición operacional	Indicador
<u>Variable independiente:</u>  Resistencia del Concreto.	Resistencia del concreto por esclerómetro y rotura de cilindros..	Resistencia a la compresión del concreto $f'c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )
<u>Variable dependiente:</u>  Muro de contención del distrito de Ciudad Nueva Tacna-2020.	Elemento estructural sobre el cual se realizan los ensayos de esclerómetro y rotura de cilindros.	-Tabla de resultados ensayo de esclerómetro. -Tabla de resultados ensayo de rotura de cilindros. -Tabla resistencia-calidad del concreto.

Fuente: Elaboración Propia



### 3.4.2. TRABAJO DE CAMPO

#### 3.4.2.1. Ensayo de Esclerómetro

Para el desarrollo del ensayo de Esclerómetro el día 17 de agosto del 2020 a las 10:30 AM se visitó los muros el previamente para poder verificar el estado en que estos se encontraban y determinar si era necesario llevar equipo adicional al recomendado para poder realizar de manera correcta el ensayo.



Figura 13: Vista del muro previa realización del Ensayo de Esclerómetro.

Fuente: Elaboración propia por el equipo de trabajo

El día 26 de agosto del 2020 se realizó la cuadrícula utilizando tiza la cual indicaba donde se llevó a cabo el ensayo de esclerómetro, la cuadrilla para la muestra 01 se trazó con ayuda de una wincha metálica formando una cuadrícula de 4x3 a una distancia de 50mm de la misma forma para la muestra 02 se trazó una cuadrícula de 3x4 con una separación de 40mm, siendo necesario tener en cuenta que el mínimo de distancia entre vértices de las cuadrículas debe ser entre 25 mm a 50 mm.



Figura 14: Trazado de la cuadrícula con tiza para el ensayo de Esclerómetro.

Fuente: Elaboración propia por el equipo de trabajo

Se llevó a cabo el ensayo de Esclerómetro el día 27 de agosto del 2020 promediando las 10:45AM con la presencia de Técnico de la Universidad Privada de Tacna el cual contando con el equipo de protección personal y el Esclerómetro procedió a realizar la toma de muestras.

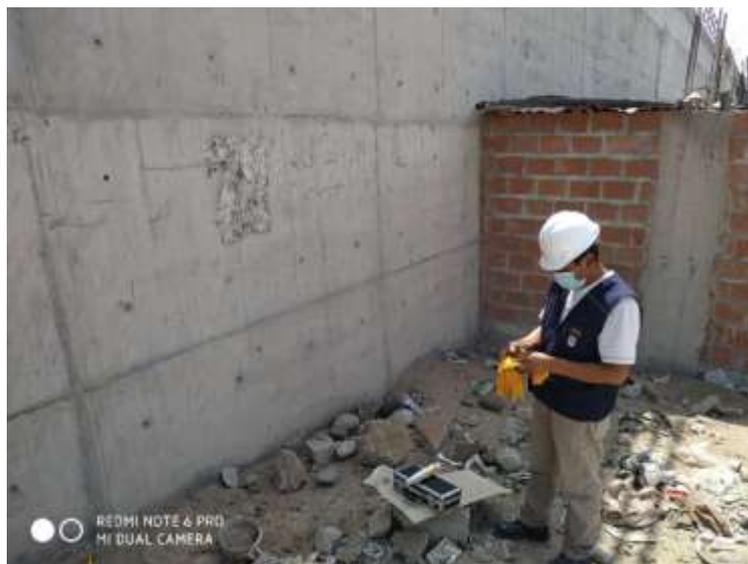


Figura 15: Técnico colocándose el equipo de protección personal.

Fuente: Elaboración propia



Figura 16: Toma de muestras con el equipo Esclerómetro.

Fuente: Elaboración propia

Para la muestra 01 se tomaron en total 10 medidas con el equipo Esclerómetro, las cuales fueron anotadas en una libreta para su posterior análisis, de igual forma para la muestra 02 se tomaron un total de 12 puntos.



Figura 17: Valor de rebote de la Muestra 01 obtenida con el equipo Esclerómetro.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 18: Valor de rebote de la Muestra 02 obtenida con el equipo Esclerómetro.

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente con los datos obtenidos con la ayuda del equipo Esclerómetro se procedió a procesar la información mediante cuadros que se indican a continuación tomando en cuenta el lugar en la cuadrícula correspondiente al valor obtenido por el esclerómetro y el valor promedio para cada muestra correspondiente:

Muestra 01

Para la muestra 01 se obtuvieron los siguientes valores de rebote:

39	40	42	35
38	40	38	
38	38	35	38

Figura 19 : Cuadro con valores obtenidos de la Muestra 01

Fuente: Elaboración Propia

Promedio: 38.2

Muestra 02

Para la muestra 02 se obtuvieron los siguientes valores de índice de rebote:

35	39	40
38	42	41
43	45	38
34	42	43

Figura 20: Cuadro con valores obtenidos de la Muestra 01

Fuente: Elaboración Propia

Promedio: 40.0

Calculo de índice de rebote

Dicho índice es la mediana de todas las lecturas y expresada en número entero. Los n datos obtenidos se ordenan de mayor a menor y se calcula el valor de la mediana:

Cuando n es impar, la mediana es el valor que ocupa la posición  $(n+1)/2$ .

Cuando n es par, la mediana es la media aritmética de las dos observaciones centrales.

Para la muestra 01 con valor n impar, ordenando de menor a mayor los datos obtenidos.

35, 35, 38, 38, 38, 38, 39, 40, 40, 42

Donde:

$$\frac{(n + 1)}{2} = \frac{11 + 1}{2} = 6$$

Siendo la mediana: 38

Para la muestra 02 con valor n par, ordenando de menor a mayor los datos obtenidos.

34, 35, 38, 38, 39, 40, 41, 42, 42, 43,43, 45

Siendo la mediana: 40

Con los datos obtenidos previamente y con ayuda del ábaco se procedió a calcular la resistencia (kg/cm<sup>2</sup>) aproximada de las muestras

Para la muestra 1

Muestra 1						
39	40	42	35		a=0	Horizantal
38	40	38	37		IR	38
38	38	35	38			

Figura 21: Cuadro con valores para el cálculo de la resistencia f/c de la muestra 01.

Fuente: Elaboración Propia

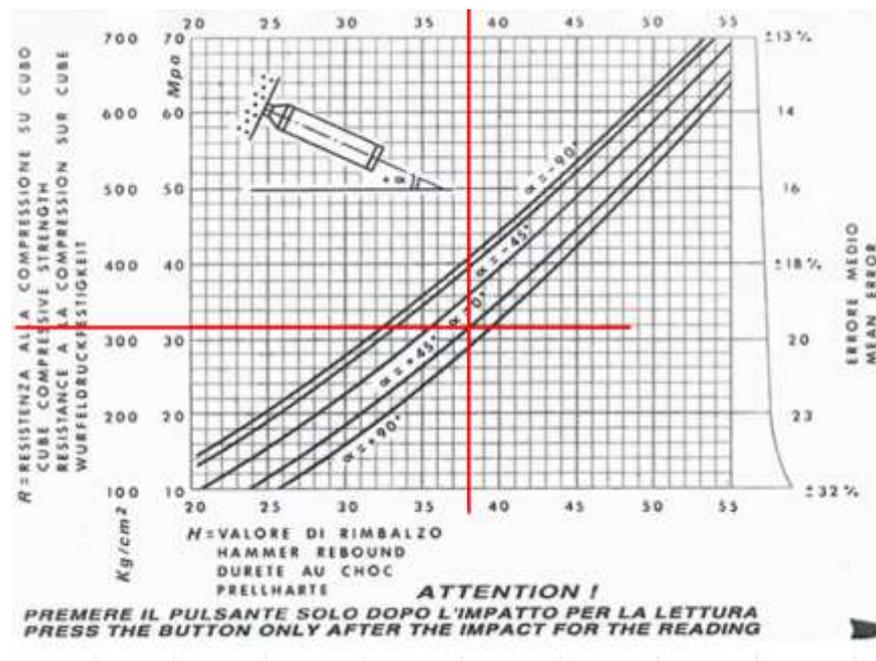


Figura 22 : Abaco de comparación Índice de rebote(IR) vs resistencia del concreto para la Muestra 01

Fuente: Leonardo Gómez (2020)

Con un índice de rebote (IR) de 38 y con un ángulo de instrumento de 0° se obtiene una resistencia de 320 kg/cm<sup>2</sup> con un error medio de +/- 19.8% siendo los parámetros de resistencia comprendidos entre:

$$f'c = 256.64 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'c = 383.36 \text{ kg/cm}^2$$

Otro punto de vista para el análisis de los resultados obtenidos está de acuerdo al siguiente cuadro con el índice de rebote podemos acercarnos el resultado a una resistencia de acuerdo a la norma ASTM-C805.

		IMPACT ANGLE $\alpha$				
REBOUND VALUE R	R	$\alpha - 90^\circ$	$\alpha - 45^\circ$	0°	$\alpha + 45^\circ$	$\alpha + 90^\circ$
		20	125	115		
	21	135	125			
	22	145	135	110		
	23	160	145	120		
	24	170	160	130		-45°
	25	180	170	140	100	-90°
	26	198	185	158	115	
	27	210	200	165	130	105
	28	220	210	180	140	120
	29	238	220	190	150	138
	30	250	238	210	170	145
	31	260	250	220	180	160
	32	280	265	238	190	170
	33	290	280	250	210	190
	34	310	290	260	220	200
	35	320	310	280	238	218
	36	340	320	290	250	230
	37	350	340	310	265	245
	38	370	350	320	280	260
	39	380	370	340	300	280
	40	400	380	350	310	295
	41	410	400	370	330	310
	42	425	415	380	345	325
	43	440	430	400	360	340
	44	460	450	420	380	360
	45	470	460	430	395	375
	46	490	480	450	410	390
	47	500	495	465	430	410
	48	520	510	480	445	430
	49	540	525	500	460	445
	50	550	540	515	480	460
	51	570	560	530	500	480
	52	580	570	550	515	500
	53	600	590	565	530	520
	54	OVER 600	OVER 600	580	550	530
	55	OVER 600	OVER 600	600	570	550

Figura 23 : Resistencias del Concreto utilizando el Esclerómetro

Fuente: Norma ASTM-C805

Siendo nuestro Índice de rebote (Ir) de 38 según el cuadro de la Figura 23. Podemos establecer como resistencia estándar para la muestra 01 como la siguiente:

$$F'c = 320 \text{ Kg/cm}^2$$

Para la muestra 2

Muestra 2					
35	39	40		a=0	Horizontal
38	42	41		IR	40
43	45	38			
34	42	43			

Figura 24: Cuadro con valores para el cálculo de la resistencia f/c de la muestra 01.

Fuente: Elaboración propia.

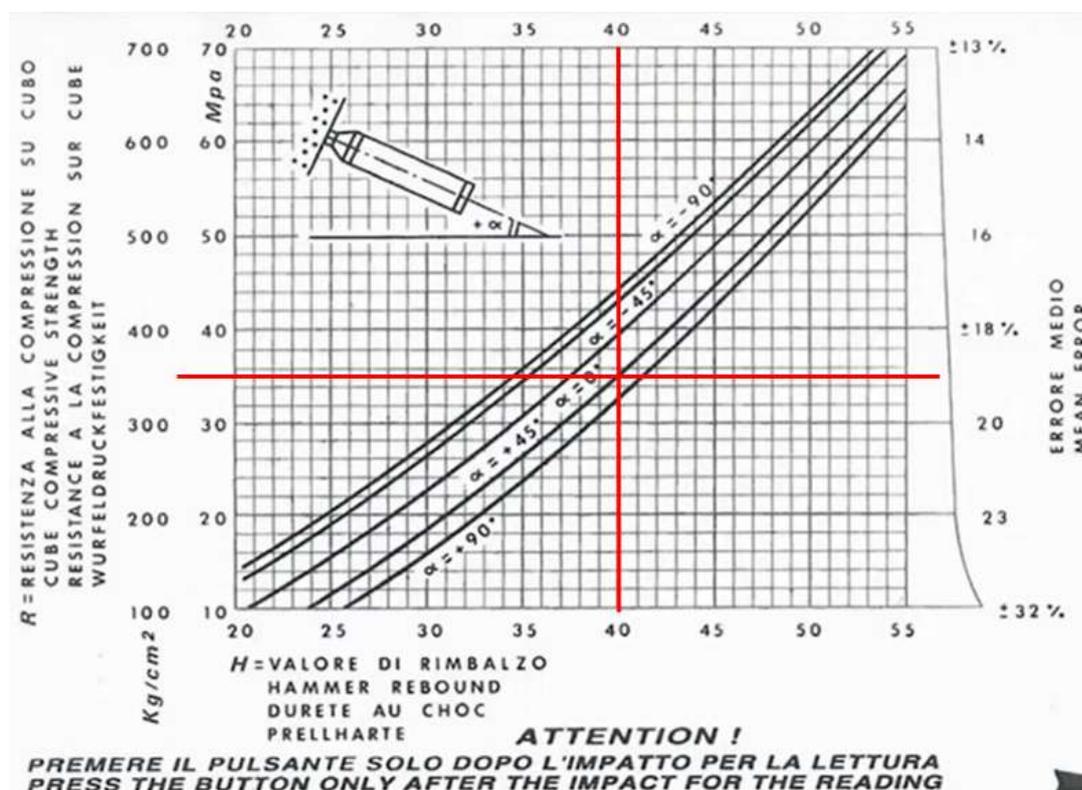


Figura 25: Abaco de comparación Índice de rebote (IR) vs resistencia del concreto para la Muestra 02

Fuente: Leonardo Gómez (2020)

Con un índice de rebote (IR) de 40 y con un ángulo de instrumento de 0° se obtiene una resistencia de 350 kg/cm<sup>2</sup> +/- 19 % siendo los parámetros de resistencia comprendidos entre:

$$f'c = 283.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'c = 416.5 \text{ kg/cm}^2$$

Sin embargo, el análisis de los resultados obtenidos puede aproximarse a una resistencia estándar con el siguiente cuadro utilizando el índice de rebote podemos acercarnos el resultado a una resistencia de acuerdo a la norma ASTM-C805.

		IMPACT ANGLE $\alpha$				
		$\alpha - 90^\circ$	$\alpha - 45^\circ$	$0^\circ$	$\alpha + 45^\circ$	$\alpha + 90^\circ$
REBOUND VALUE R	R					
	20	125	115			+90°
	21	135	125			
	22	145	135	110		
	23	160	145	120		
	24	170	160	130		-45°
	25	180	170	140	100	-90°
	26	198	185	158	115	
	27	210	200	165	130	105
	28	220	210	180	140	120
	29	238	220	190	150	138
	30	250	238	210	170	145
	31	260	250	220	180	160
	32	280	265	238	190	170
	33	290	280	250	210	190
	34	310	290	260	220	200
	35	320	310	280	238	218
	36	340	320	290	250	230
	37	350	340	310	265	245
	38	370	350	320	280	260
	39	380	370	340	300	280
	40	400	380	350	310	295
	41	410	400	370	330	310
	42	425	415	380	345	325
	43	440	430	400	360	340
	44	460	450	420	380	360
	45	470	460	430	395	375
	46	490	480	450	410	390
	47	500	495	465	430	410
	48	520	510	480	445	430
	49	540	525	500	460	445
	50	550	540	515	480	460
	51	570	560	530	500	480
52	580	570	550	515	500	
53	600	590	565	530	520	
54	OVER 600	OVER 600	580	550	530	
55	OVER 600	OVER 600	600	570	550	

Figura 26 : Resistencias del Concreto utilizando el Esclerómetro

Fuente: Norma ASTM-C805

Siendo nuestro Índice de rebote (Ir) de 40 según el cuadro de la Figura 23. Podemos establecer como resistencia estándar para la muestra 02 como la siguiente:

$$F'c = 350 \text{ Kg/cm}^2$$

Tomando en consideración el factor de carbonatación superficial un factor que influye con la medida del ensayo esclerómetro por ello será determinado de acuerdo a lo establecido en el marco teórico a continuación:

De acuerdo a la fórmula:

$$C = R\sqrt{T}$$

Además:

$$k = R * \sqrt{a}$$

$$a = \frac{((A/C) - 0.25)^2}{0.3(1.15 + 3(A/C))}$$

$$R = r(1) * r(2) * r(3)$$

La resistencia del concreto que para el que fue diseñada la mezcla corresponde una resistencia  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  según se indica en los planos del proyecto. Tomando en cuenta la dosificación de agua y cemento del Instituto Americano del Concreto (ACI) la relación agua/cemento es de 0.68 sin aire incorporado. Para los valores de  $r_1$ ,  $r_2$  y  $r_3$  se obtuvieron de la Tabla 2.

$$A/C = 0.68$$

$$r_1=1.00$$

$$r_2=1.20$$

$$r_3= 1.00$$

$$a=0.193$$

$$k=0.527$$

Con los valores obtenidos se procedió a calcular la profundidad de carbonatación superficial aproximada con un  $t$  equivalente a 11 años que es la antigüedad de la estructura:

$$C = 0.527 * \sqrt{11} = 1.75 \cong 2 \text{ cm}$$

#### 3.4.2.2.Extracción de núcleos con diamantina.

El proceso de extracción de los núcleos de concreto utilizando el equipo de diamantina se realizó con ayuda de equipo técnico externo a la universidad. El ensayo se realizó el día jueves 27 de agosto del 2020 a las 4:00 am. Previo permiso al encargado del cuidado de los muros y vecino aledaño a la zona de estudio se procedió a la toma de muestras en dos puntos.

En el lugar de extracción de testigos diamantinos se realizó el procedimiento siguiente:

Para poder determinar los dos puntos para extraer las muestras con el equipo de diamantina se tuvo que realizar previamente con la ayuda de un detector de metales la ubicación de zonas que no contengan presencia de armadura, para evitar dañar la estructura con el equipo de extracción.



Figura 27: Búsqueda de zonas aptas para muestreo con ayuda del detector de metales.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 28 : Equipo detector de metales hasta 120mm.

Fuente: Elaboración Propia.

Se continuo con la instalación del equipo de diamantina comenzando con fijar la base donde se sostendrá dicho equipo,



Figura 29 : Instalación de la base del equipo de extracción diamantina

Muestra 01

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 30: Fijación del equipo de extracción diamantina Muestra 01

Fuente: Elaboración Propia.

Debido a que no se contó con alimentación eléctrica para el equipo se utilizó un grupo electrógeno para alimentar el equipo y se procedió a extraer los testigos utilizando agua en baldes ubicados en la zona de los muros cuya función controlar la temperatura del equipo.



Figura 31: Extracción de Testigo circular de concreto con equipo de diamantina Muestra 01.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 32;Muestra D1 y D2 extraídas con equipo de diamantina.

Fuente: Elaboración Propia.

Se realizó una medición preliminar de los testigos su identificación y empaquetado para su transporte al laboratorio.

El día sábado 30 de agosto del 2020 a las 4:35 PM se asistió al laboratorio TECOSUR S.C.R. donde se realizó el ensayo de compresión a los testigos circulares de concreto para determinar la resistencia  $f'_c$  correspondiente.

El trabajo realizado en el laboratorio con los testigos diamantinos se describe a continuación:

El laboratorio TECOSUR S.C.R se encargó de regularizar la superficie de los testigos circulares de concreto.



Figura 33: Testigos Circulares de Concreto Muestra D1 y D2

Fuente: Elaboración Propia.

Previo a la realización del ensayo se tomaron las medias correspondientes al diámetro y altura de cada testigo, siendo los valores obtenidos de  $r = 7.5$  cm y un  $d = 11.5$  cm para ambas muestras.



Figura 34: Toma de medidas de los Testigos de Concreto.

Fuente: Elaboración Propia.

Se colocaron los ensayos los testigos en el equipo de compresión y se procedió a aplicarles carga obteniendo los para la Muestra D1 una carga de 12300 Kg y para la Muestra D2 una carga de 13060 kg.



Figura 35: Ensayo de Compresión aplicado a los testigos de concreto M-D1 y M-D2

Fuente: Elaboración Propia.





Figura 36 y 35 : Cargas Máximas registradas por el equipo de Compresión.

Fuente: Elaboración Propia.

Con las cargas máximas obtenidas a partir del ensayo realizado se procedió a determinar la resistencia que poseían los testigos de concreto mediante la carga aplicada y el área de los testigos; tomando la cuenta el factor de corrección en el siguiente cuadro:

<b>ENSAYO DE COMPRESION EN TESTIGOS DIAMANTINOS</b>			
<b>ELEMENTO</b>	<b>MURO DE CONTENCIÓN</b>		
<b>UBICACIÓN</b>	<b>CALLE INTIORKO -CIUDAD NUEVA-TACNA</b>		
	<b>TESTIGO</b>	<b>MD-01</b>	<b>MD-02</b>
<b>Altura(h)</b>	cm	11.5	11.5
<b>Diámetro(d)</b>	cm	7.5	7.5
<b>Relación(d/h)</b>		1.53	1.53
<b>Área</b>	cm <sup>2</sup>	44.18	44.18
<b>Carga</b>	Kg	12300	13600
<b>f'c</b>	Kg/cm <sup>2</sup>	278.42	295.62
<b>Factor de corrección</b>		0.96	0.96
<b>f'c corregido</b>	Kg/cm <sup>2</sup>	267.28	283.79

Figura 37 : Ensayo de Compresión en Testigos Diamantinos

Fuente: Elaboración Propia

Con los datos encontrados podemos establecer el rango de la resistencia de concreto con los siguientes valores:

$$f^{\prime}c1 = 267.28 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f^{\prime}c2 = 283.79 \text{ Kg/cm}^2$$

## CAPITULO IV: RESULTADOS

### 4.1. Cuadro de resultados del ensayo con Esclerómetro.

A continuación, se presenta un cuadro resumen con los datos relevantes del ensayo de esclerómetro realizado al muro de contención:

N°	MEDICIONES												CIA (KG/CM2)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>Mustra 01</b>	39	40	42	35	38	40	38	37	38	38	35	38	320
<b>Mustra 02</b>	35	39	40	38	42	41	43	45	38	34	42	43	350
													335

Figura 38 : Cuadro Resumen de resultados del ensayo con el Esclerómetro.

Fuente: Elaboración Propia

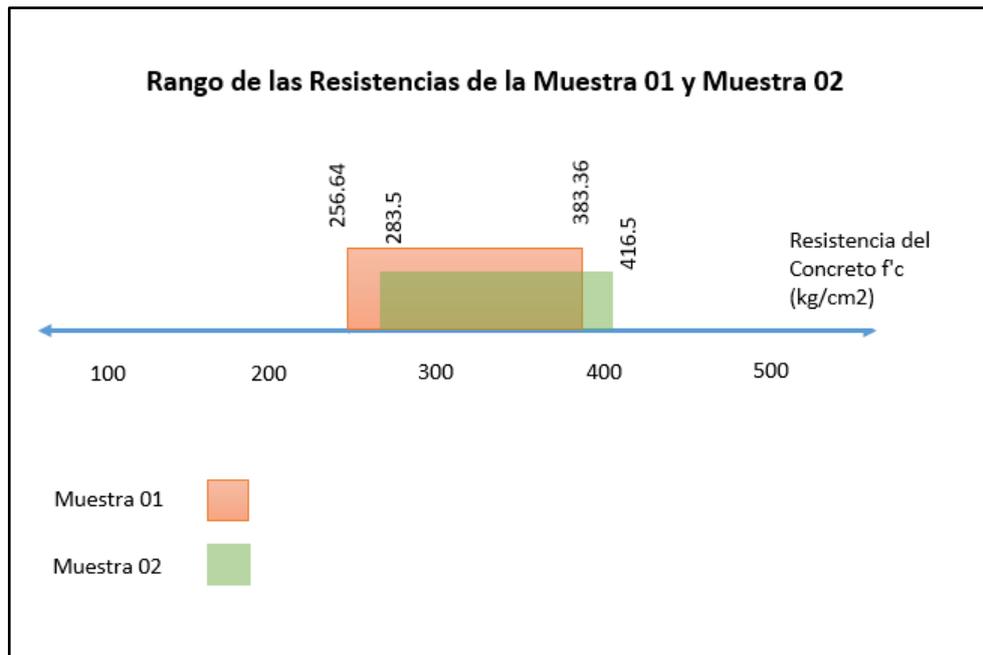


Figura 39 : Grafico de los rangos de Resistencia del concreto del ensayo con Esclerómetro.

Fuente: Elaboración Propia

Considerando el factor de corrección por carbonatación de aproximadamente 2cm, según la tabla 3 le corresponde un factor de corrección de 0.87. Entonces el  $F'c$  corregido fue:

$$F'c = 335 \times 0.87 = 291.45 \text{ Kg/cm}^2$$

#### 4.2. Cuadro de resultados del ensayo de Testigos circulares de Concreto.

En el siguiente cuadro se resumen los resultados obtenidos mediante el ensayo de compresión axial a la cual fueron sometidos los testigos circulares de concreto extraídos con el equipo de Diamantina.

<b>ENSAYO DE COMPRESION EN TESTIGOS CIRCULARES</b>			
<b>ELEMENTO</b>	MURO DE CONTENCION		
<b>UBICACIÓN</b>	CALLE INTIORKO - CIUDAD NUEVA-TACNA		
<b>TESTIGO</b>	<b>Area</b>	<b>Carga</b>	<b>Resistencia kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>MD-01</b>	44.18	12300	267.28
<b>MD-02</b>	44.18	13060	283.79
			275.54

Figura 40 :Cuadro de resultados del Ensayo de compresión en Testigos Circulares de Concreto.

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.3. Calidad del concreto según la resistencia y precisión de acuerdo a cada ensayo.

Según la resistencia del concreto se ha elabora la siguiente tabla donde se colocan rangos de resistencia y una calidad equivalente al valor comprendido entre los rangos de resistencia.

Tabla 4 : Calidad del concreto según la resistencia a la compresión.

Resistencia del Concreto $f'c$	Calidad del Concreto
300 kg/cm <sup>2</sup>	Excelente
280 kg/cm <sup>2</sup>	Muy Buena
210 kg/cm <sup>2</sup>	Bueno
170 kg/cm <sup>2</sup>	Regular

Fuente: Elaboración propia.

Comparando las resistencias determinadas luego de realizados los ensayos de esclerómetro y ruptura de testigos circulares de concreto extraídos con equipo de diamantina se comprueba que el ensayo de ruptura de testigos posee mayor precisión al momento de determinar la resistencia del concreto debido a que no depende del factor de carbonatación superficial que influye en el ensayo de esclerómetro.

## CAPITULO V: DISCUSIÓN

Según el objetivo general, determinar la resistencia del concreto en muestras de un muro de contención ubicado en el distrito de Ciudad Nueva Tacna 2020, los resultados obtenidos para el ensayo con el equipo esclerómetro obtenidos en la figura 38 nos indican un valor de resistencia promedio de 291.45 Kg/cm<sup>2</sup> por otra parte los resultados obtenidos haciendo uso del ensayo de compresión de testigos circulares se obtuvo una resistencia promedio de 275.4 Kg/cm<sup>2</sup>, siendo notable una diferencia entre los valores obtenidos por cada tipo de ensayo, considerando lo encontrado por Estrada y Benavides (2015) en su trabajo de investigación titulado **CORRELACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE REBOTE (NTC 3692) Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTC 673) EN CILINDROS DE CONCRETO, UTILIZANDO MATERIALES DE LA MINA “EL ESPINO” Y LAS CANTERAS “PABÓN” Y “PILCUAN”** en el cual llegan a la conclusión de que haciendo uso del ensayo de esclerómetro las muestras analizadas en su trabajo la resistencia a la compresión hallada por este ensayo tiene un grado de confiabilidad del 81% y que ellos habiendo utilizado los mismos testigos para realizar el ensayo de Compresión notaron que el ensayo con esclerómetro no llega a afectar la resistencia final de sus testigos analizados, con estos resultados obtenidos podemos afirmar que la confiabilidad para encontrar la resistencia del concreto en muros de contención haciendo uso del ensayo de Esclerómetro o martillo de rebote tiene una confiabilidad del 80% debido a la diferencia entre las medidas encontradas en el presente trabajo.

Por su parte Salazar y Herreño (2016) en su trabajo titulado **CORRELACIÓN ENTRE LAS RESISTENCIAS OBTENIDAS MEDIANTE ENSAYOS DE COMPRESIÓN Y ESCLEROMETRÍA EN CILINDROS DE CONCRETO**

NORMAL Y MODIFICADOS CON FIBRA SINTÉTICA Y FIBRA DE ACERO en sus conclusiones afirma que los resultados hallado que el rango de variación entre el ensayo de esclerómetro y el ensayo de compresión simple no supera el 0.1 dichos resultados son aplicables a proyectos de construcción, en contraste con los resultados encontrados podemos afirmar que el uso del ensayo con esclerómetro puede ser aplicado en proyectos de construcción para verificar la resistencia del concreto pero no lograra tener la precisión que podría tener el ensayo de compresión axial.

Contando con la opinión de Torres y Sucasaire (2019) en su trabajo titulado EVALUACIÓN ESTRUCTURAL Y PROPUESTA DE REFORZAMIENTO EN EL CENTRO DE SALUD LEONCIO PRADO, DE LA CIUDAD DE TACNA llegan a la conclusión la resistencia a la compresión obtenida por el ensayo de compresión a testigos diamantinos deben ser mayor o igual al 85% del  $f_c$  de diseño, siendo los resultados obtenidos por ambos ensayos mucha mayores a la resistencia de diseño especifica en el expediente técnico recuperado , en el cual se muestra que el  $f_c$  de diseño fue de 210 kg/cm<sup>2</sup> y que por lo tanto la estructura cumple con los estándares de seguridad.

Tomando en cuenta a Borja (2018) en su trabajo titulado CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA REAL DEL CONCRETO Y EL ENSAYO NO DESTRUCTIVO DE ESCLEROMETRÍA PARA MUESTRAS DE CONCRETO EN EL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE concluye que mediante fórmulas planteadas en su investigación la precisión de encontrar el valor de la resistencia del concreto va desde el 74% al 95% considerando que es un margen aceptable, en comparación a nuestros resultados obtenidos podemos afirmar que existe un margen aceptable al momento de encontrar con exactitud la resistencia a la compresión del concreto ,pero el resultado obtenido en caso de ser utilizado para fines constructivos, de mantenimiento o reparación no da la confiabilidad que podría dar los resultados obtenidos por el ensayo de ruptura de testigos cilíndricos de concreto.

Al momento de querer comparar nuestros resultados con alguna norma de nuestro país se puede apreciar que el tema de muros de contención no esta tan ampliamente explicado como es el caso de edificaciones siendo este también un aspecto muy importante debido a que la naturaleza de nuestro terreno no es plano más bien vivimos en zonas que están en pendientes , siendo ya un caso muy visto el

crecimiento poblacional a las faldas de los cerros , y como es sabido estos terrenos no están destinados para poder habitar en ellos , exponiendo la seguridad y la vida de las personas que los habitan, por ello se construyen estructuras como muros de contención que pueda retener las cargas de las edificaciones para así poder brindar seguridad ante un desplazamiento causado por movimientos sísmicos que son muy comunes en nuestra zona debido a nuestra ubicación en el cinturón de fuego.

Otro objetivo planteado fue determinar los parámetros de resistencia que poseía el muro de contención analizado en el presente trabajo y podemos ver que de acuerdo a los ensayos esta varía entre 291.45 kg/cm<sup>2</sup> a 275.4 kg/cm<sup>2</sup>, en otros trabajos tomados como antecedentes se puede ver que no toman en cuenta este rango de datos, que podría servir como referencia para el futuro diseño de muros de contención en zonas de mismas características o en la misma zona; y con este rango también se planteó determinar la calidad que poseía el concreto del muro analizado en cuestión , puesto que la resistencia supero a la de diseño la cual se indica en el expediente técnico la cual fue de 210 kg/cm<sup>2</sup> podemos afirmar que el concreto utilizado para la construcción de muro de contención fue de buena calidad.

Otro aspecto a considerar con los resultados obtenidos fue demostrar si existe diferencia entre la resistencia inicial de diseño indicada en el expediente técnico y la resistencia final en campo , a parte de los factores climáticos la experiencia de mano de obra y tipo de materiales utilizados siendo un dato de importancia mencionado en el expediente técnico, el cual fue que el transporte del concreto se hizo mediante mixer, dando a entender que se utilizó concreto pre mezclado, lo nos da noción de que debido a que al momento de transportar el concreto este necesita mantener su consistencia hasta llegar a obra , se hace uso de aditivos aparte de que el proceso de fabricación se encuentra industrializado podemos ver que dichos factores influyen en la resistencia final que adquiere el concreto.

## CONCLUSIONES

- Luego de analizar el muro de contención de la Calle Intiorko tramo Av. Los precursores - Pasaje Pomata distrito de Ciudad Nueva Provincia de Tacna se determinó la resistencia del concreto utilizando el ensayo de esclerómetro se obtuvo una resistencia de 291.45 kg/cm<sup>2</sup> este valor posee correlación con la resistencia determinada con el ensayo de perforación diamantina el cual tuvo un valor de 275.4 kg/cm<sup>2</sup>.
- De los resultados obtenidos podemos afirmar que la resistencia establecida en el expediente técnico de 210 kg/cm<sup>2</sup> no corresponde a la resistencia encontrada en campo, pero dicho valor demuestra que la estructura se encuentra en buenas condiciones y que puede brindar la seguridad a la población del Distrito de Ciudad Nueva.
- De acuerdo a la resistencia determinada por los ensayos de esclerómetro y testigos circulares de concreto extraídos con equipo de diamantina podemos determinar que el concreto es de una calidad buena a muy buena y el rango en los que oscila la resistencia del concreto entre el ensayo con esclerómetro y el ensayo de testigos circulares de concreto está comprendido entre 291.45 kg/cm<sup>2</sup> a 275.4 kg/cm<sup>2</sup>, que nos demuestran que el uso del método no destructivo del esclerómetro no posee una precisión tan cercana como el ensayo de testigos circulares de concreto pero es una opción viable al momento de analizar estructuras.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda a los ingenieros civiles que tomen en cuenta que a pesar que se demostró que la precisión del ensayo de ruptura de testigos circulares de concreto demuestra es mayor a la obtenida por el ensayo de esclerómetro, aun es un método factible que evita dañar la estructura y puede brindar una estimación para saber el estado en que esta se encuentra.
- Se recomienda a los ingenieros civiles que elabora proyectos, que en los expedientes siempre poner la información correspondiente al proyecto que se va a ejecutar debido a que mayormente se ha visto que se reutilizan plantillas de proyectos similares quedando información que no corresponde al proyecto en ejecución en cuestión.
- Se recomienda a los ingenieros civiles tomar en cuenta la precisión que brindan cada equipo de medición y elegir con criterio el equipo a utilizar dependiendo del proceso constructivo que desean realizar para poder obtener la resistencia del concreto y la magnitud de obra siendo recomendable utilizar los ensayos destructivos en edificaciones de gran envergadura o que están destinadas a ser utilizadas por gran cantidad de personas.
- Se recomienda a los ingenieros civiles que laboran en la Ciudad de Tacna y están a cargo del diseño de estructuras, realizar un diseño de muros de contención tomar en cuenta las resistencias encontradas en el muro de contención analizado para poder tener de referencia valores de diseño para poder realizar Estructuras que brinden la seguridad necesaria a la población tomando en cuenta las características de la zona donde se encuentra el muro perteneciente al Distrito de Ciudad Nueva.
- Se recomienda a las autoridades del Distrito de Ciudad Nueva tomar en consideración los resultados obtenidos en esta investigación y planificar un mantenimiento a largo plazo del muro en caso se produzcan movimientos sísmicos.
- Se recomienda a los ingenieros civiles que realizan sus trabajos de investigación similar al planteado contar con los equipos de protección necesarios y una buena planificación al momento de realizar los ensayos teniendo en cuenta varias situaciones que dificulten su realización.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cano, H. B. (28 de enero de 2013). *Propiedades del concreto y sus componentes*. Obtenido de Supervisión de Estructuras de Concreto y de Acero:  
<https://sites.google.com/site/construyetuingenio2013/>
- Cebey, A. L. (2016). *Evaluación de la carbonatación en hormigones elaborados con cemento de bajo carbono LC3*. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara. Obtenido de <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/7393>
- CIVILGEEKS.COM. (2011). *Resistencia a la flexión del concreto*. Obtenido de [Figura]:  
Recuperado de <https://civilgeeks.com>
- Cortés José, G. G. (1987). Determinación del índice esclerométrico en hormigones: factores que lo afectan. *Ingeniería E Investigación*, 31-38.
- Cortés, J. G. (2008). *Determinación del índice esclerométrico en hormigones: factores que lo afectan*. Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Obtenido de R:  
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/ingein/article/view/21576>
- DIAZ, F. (6 de mayo de 2012). *¿Qué es una probeta, como se realiza su llenado, que condiciones deben cumplir hasta su ensayo, cantidad mínima y tiempos de ensayos?* Obtenido de ESTRUCTURAS DE HORMIGON ARMADO:  
<http://estructurasdehormigonarmado.blogspot.com/2012/05/21-que-es-una-probeta-como-se-realiza.html>
- Estrada, J. D., & Benavides, J. G. (2015). *CORRELACIÓN ENTRE EL NÚMERO DE REBOTE (NTC 3692) Y LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (NTC 673) EN CILINDROS DE CONCRETO, UTILIZANDO MATERIALES DE LA MINA "EL ESPINO" Y LAS CANTERAS "PABÓN" Y "PILCUAN" [Tesis para Titulación, Universidad de Nariño]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/3081>
- Fernández, C. S. (2014). Resistencia del hormigón mediante esclerómetro o índice de rebote. *Patología Rehabilitación Construcción*. Obtenido de <https://www.patologiasconstruccion.net/2013/11/resistencia-del-hormigon-mediante-esclerometro-o-indice-de-rebote-1/>
- FUENTES, D. C. (2019). EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO EN EDIFICACIONES COMUNES DE LA CIUDAD DE PUNO 2018. *Repositorio Institucional*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, Puno, Peru. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/10434>
- González, E. y. (2016). Ensayos de hormigón en estructuras. Ensayos no destructivos. *Libro Sesiones Prácticas*. Universidad de la Laguna, España. Obtenido de [https://campusvirtual.ull.es/ocw/pluginfile.php/2099/mod\\_page/content/1/FichasTemas/tema18-rebote.pdf](https://campusvirtual.ull.es/ocw/pluginfile.php/2099/mod_page/content/1/FichasTemas/tema18-rebote.pdf)
- Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos de Estructuras. (2020). *6.16 Extracción y falla de núcleos de concreto de 10 cm*. Obtenido de Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos de Estructuras:

<https://www.lanamme.ucr.ac.cr/component/content/article/86-laboratorios/246-ensayos-de-estructuras?Itemid=437>

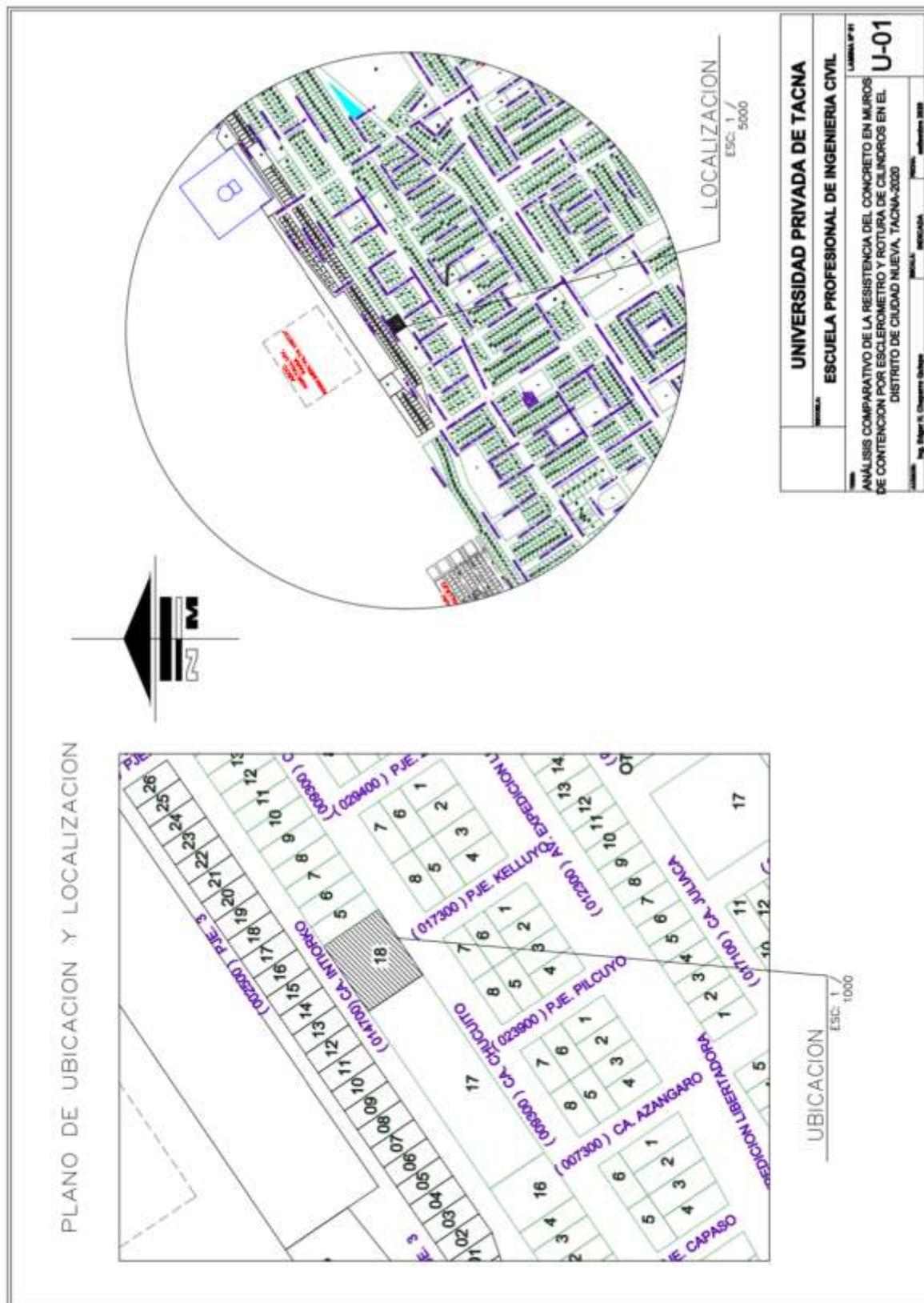
- Mamani, C. L. (2018). *Correlación entre núcleos diamantinos de losas de concreto y testigos de 6"x12", 4"x8" para determinar factores de corrección en la resistencia del concreto. (Tesis para optar el título de Ingeniera Civil). Universidad Nacional del Centro del Perú*. Obtenido de Repositorio Institucional:  
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/4983>
- OSORIO, J. D. (2018). *CARBONATACIÓN DEL CONCRETO: ¿CÓMO DETECTARLA?* Obtenido de Argos360enconcreto:  
<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/carbonatacion-del-concreto-como-detectarla>
- Salazar, R. B., & Herreño, M. P. (2016). *CORRELACIÓN ENTRE LAS RESISTENCIAS OBTENIDAS MEDIANTE ENSAYOS DE COMPRESIÓN Y ESCLEROMETRÍA EN CILINDROS DE CONCRETO NORMAL Y MODIFICADOS CON FIBRA SINTÉTICA Y FIBRA DE* [Tesis para Titulación, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional, Bogotá. Obtenido de  
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/13979/4/PROYECTO%20INVESTIGATIVO.pdf>
- Suarez del Orbe, E. (2013). *ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE ELEMENTOS DE CONCRETO OBTENIDA POR ROTURA DE CILINDRICOS Y CON MARTILLO O ESCLEROMETRO DIGITAL* [Tesis para Maestria; Instituto Tecnológico Santo Domingo. Repositorio Institucional, Santo Domingo, Republica Dominicana. Obtenido de <http://repositoriobiblioteca.intec.edu.do/handle/123456789/1598>
- Suárez, M. A. (2018). *CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA REAL DEL CONCRETO Y EL ENSAYO NO DESTRUCTIVO DE ESCLEROMETRÍA PARA MUESTRAS DE CONCRETO EN EL DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE* [Tesis de Titulación, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional. Obtenido de  
<http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/UNPRG/5761>
- Torres, E. A., & Sucasaire, D. Y. (2019). *Evaluación Estructural y Propuesta de Reforzamiento en el Centro de Salud Leoncio Prado, de la Ciudad de Tacna* [Tesis para titulación, Universidad Privada de Tacna]. Repositorio Institucional, Tacna. Obtenido de <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/UPT/840>
- Vasquez, G. (2018). *ENSAYO DE ESCLEROMETRIA*. Universidad Privada Antenor Orrego. Obtenido de <https://www.studocu.com/es/document/universidad-privada-antenor-orrego/ingenieria-civil/informe/esclerometria-el-presente-informe-esta-basado-en-la-ejecucion-de-uno-de-los-ensayos-no-destructivos/5794215/view>
- VASQUEZ, G. (2018). *ENSAYO DE ESCLEROMETRIA*. Obtenido de [Figura]: Recuperado de <https://www.studocu.com>
- Vélez, G. (2019). *Determinación de la resistencia a la compresión del concreto mediante el método de esclerometría* [Tesis de Titulación, UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/626340>

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO EN MUROS DE CONTENCIÓN POR ESCLERÓMETRO Y ROTURA DE CILINDROS EN EL DISTRITO DE CIUDAD NUEVA, TACNA-2020					
Planteamiento del Problema	Hipótesis	Objetivo	Variable	Indicador	Metodología
¿En qué condición se encuentra la resistencia del concreto en muros de contención por esclerómetro y rotura de cilindros en el distrito de Ciudad Nueva, Tacna-2020?	La resistencia del concreto en muros de contención por esclerómetro y rotura de cilindros será óptima.	Analizar la resistencia del concreto en muros de contención por esclerómetro y rotura de cilindros de concreto en muros de contención.	Variable independiente: Resistencia del concreto.	Resistencia a la compresión del concreto $f_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Investigación fundamental que tiene como finalidad analizar la resistencia del concreto en muros de concreto con el objetivo de determinar el rango de la resistencia del concreto
¿Qué resistencia presenta el concreto en muros de contención en el distrito de Ciudad Nueva mediante la extracción de muestras de haciendo uso del esclerómetro y rotura de cilindros de concreto?	Los parámetros de la resistencia del concreto en muros de contención determinado por el uso del esclerómetro y rotura de cilindros en el distrito de Ciudad Nueva, Tacna-2020 tendrán un valor cercano.	Analizar la resistencia del concreto en muros de contención en el distrito de Ciudad Nueva mediante la extracción y estudio de las muestras obtenidas por esclerómetro y rotura de cilindros.	Variables dependientes: Muros de contención.	-Tabla de resultados ensayo de esclerómetro.  -Tabla de resultados ensayo de rotura de cilindros.  -Tabla resistencia-calidad del concreto.	El diseño de investigación es evaluativo-comparativo, considerando los resultados de la aplicación del ensayo de esclerómetro y rotura de cilindros comparando los valores obtenidos en campo con expediente técnico del proyecto.
¿Están relacionadas la resistencia del concreto de los muros de contención en el distrito de Ciudad Nueva con la resistencia de diseño que se detalla en el expediente técnico del proyecto?	La resistencia del concreto en muros de contención por esclerómetro y rotura de cilindros en el distrito de Ciudad Nueva, Tacna-2020 no corresponderá a la especificada en el expediente técnico.  La calidad del concreto de acuerdo a la resistencia obtenida mediante el uso de esclerómetro y rotura de cilindros demostrarán que el concreto en los muros de contención es de buena calidad y la precisión del ensayo de esclerómetro será menor al ensayo de testigos cilíndricos de concreto.	Comparar la resistencia del concreto mediante resultados de ensayos de esclerometría y rotura de cilindros con los datos del expediente técnico del muro de contención en el distrito de Ciudad Nueva.  Determinar la calidad de la resistencia del concreto en muros de contención en el distrito de resistencia y precisión de resultados de laboratorio.			
¿Qué calidad presenta el concreto en los muros de contención en el distrito de Ciudad Nueva con respecto a su resistencia y precisión de resultados de laboratorio?					

# ANEXO 2: PLANO DE UBICACIÓN



### ANEXO 3: PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 41 : Fijación del equipo de extracción de la muestra M-01 Diamantina en el muro de contención de estudio.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 42 : Perforación de la Muestra 01 con equipo de Diamantina.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 43 : Extracción de la muestra 01 del muro de contención.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 44 : Instalación del equipo de diamantina para la extracción de la muestra 02

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 45: Perforación de la muestra D2 con el equipo de diamantina en el punto 2 de estudio.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 46 : Extracción de la muestra D2 del muro de contención.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 47 : Laboratorio TECOSUR S.C.R. donde se realizaron los ensayos de compresión de muestras cilíndricas de concreto.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 48 : Equipo de compresión de muestras cilíndricas de concreto propiedad del laboratorio TECOSUR S.C.R.

Fuente: Elaboración Propia.