



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Evaluación estructural del reservorio elevado de concreto armado R-3 “Sánchez Cerro” de la provincia de Sullana, Piura, 2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL EN INGENIERÍA CIVIL**

**AUTORES:**

Paredes Sánchez, Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-7068-0633)

**ASESOR:**

Dr. Atilio Rubén López Carranza (ORCID:0000-0002-3631-2001)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño sísmico y estructural

Piura – Perú

2021

## **DEDICATORIA**

Al concluir mi carrera profesional quiero extender un profundo agradecimiento, a quienes hicieron posible este sueño, aquellos que me guiaron en todo momento y siempre fueron inspiración, apoyo y fortaleza.

Esta mención es especial para DIOS, por iluminar mi camino, a mis padres, hermanos, esposa e hijos por ser parte de mi superación personal y profesional.

A mi hermano MARCO ANTONIO, mi tío JOSÉ EUDES que, aunque no están físicamente con nosotros, sé que desde el cielo siempre me guían en mis propósitos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos al Dr. ATILIO RUBÉN LÓPEZ CARRANZA, asesor de nuestra tesis, por su inestimable ayuda y paciencia desde los primeros días en nuestra elaboración de tesis, sus aportaciones han sido de mucha importancia en este proyecto, hemos podido entender y comprender gracias a sus aportaciones y profesionalismo en el campo de la ingeniería estructural.

## Índice de contenidos

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEORICO:.....	4
III. MÉTODO.....	14
3.1. Tipo y Diseño de investigación .....	14
3.2. Variables y operacionalización .....	14
3.3. Población, muestra y muestreo .....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	15
3.5. Procedimientos .....	15
3.6. Método de análisis de datos .....	16
3.7. Aspectos éticos.....	16
IV. RESULTADOS .....	17
V. DISCUSIÓN.....	32
VI. CONCLUSIONES.....	35
VII. RECOMENDACIONES .....	36
REFERENCIAS.....	37
ANEXOS	

## Índice de tablas

Tabla 1. Ubicación geográfica Reservoirio Elevado R-3 “Sánchez Cerro” – Sullana - Piura.....	17
Tabla 2. Patologías encontradas en Reservoirio Elevado R-3 “Sánchez Cerro” – Sullana - Piura.....	20
Tabla 3. Dimensiones del Reservoirio Elevado R-3 “Sánchez Cerro” – Sullana - Piura.....	21
Tabla 4. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión esclerometría, Reservoirio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana - Piura.....	23
Tabla 5. Definición de materiales en SAP2000, Reservoirio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.....	25
Tabla 6. Definición de secciones en SAP2000, Reservoirio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.....	26
Tabla 7. Definición de patrones de carga en SAP2000, Reservoirio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.....	27
Tabla 8. Definición de combinaciones de carga en SAP2000, Reservoirio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura .....	29

## Índice de figuras

Figura 1. Partes o elementos estructurales de un reservorio elevado.....	10
Figura 2: Modelo del comportamiento del fluido al interior del tanque. ....	11
Figura 3. Reservorio Elevado R-3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.....	17
Figura 4. Ubicación del Reservorio Elevado R-3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura. .....	18
Figura 5. Interior del Reservorio Elevado R-3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura. .....	19
Figura 6. Presencia de eflorescencia en el fondo cónico del Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.....	19
Figura 7. Plano del Reservorio Elevado R-3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura .	22
Figura 8. Resistencia a la compresión de elementos estructurales, Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura. ....	23
Figura 9. Modelamiento del Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.....	24
Figura 10. Definición de materiales en SAP2000 - Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.....	25
Figura 11. Definición de secciones en SAP2000 - Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.....	26
Figura 12. Definición de patrones de carga en SAP2000 - Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.....	27
Figura 13. Definición de patrones de presión hidráulica en SAP2000 - Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura. ....	28
Figura 14. Asignación de patrones de presión hidráulica en SAP2000 - Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura. ....	28
Figura 15. Definición de casos de carga en SAP2000 - Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.....	29

Figura 16. Definición de combinaciones de carga en SAP2000 - Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.....	30
Figura 17. Reporte gráfico de esfuerzos en SAP2000 - Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.....	30
Figura 18. Comprobación de diseño en SAP2000 - Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.....	31
Figura 19. Reporte de diseño en SAP2000 - Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.....	31

## **RESUMEN**

Este estudio tuvo como propósito determinar la evaluación estructural del reservorio elevado del A.H. Sánchez Cerro de la provincia de Sullana, 2021. Se planteó una metodología de enfoque cuantitativo, aplicado, de diseño no experimental descriptivo y transeccional. Se trabajó una muestra consistente en todos los elementos estructurales del reservorio a los cuales se les realizó la inspección visual, verificación de planos, estudios de campo, y análisis estructural. Los resultados principales fueron: el reservorio tiene una antigüedad de 40 años, actualmente se encuentra en funcionamiento, y su estado de conservación es bueno. Entre las patologías solo se encontró eflorescencia en los anillos inferiores y en el fondo cónico y fondo esférico en un grado de afectación leve. De los ensayos de esclerometría la resistencia a la compresión promedio fue de 322.50 kg/cm<sup>2</sup> y del análisis estructural, y se evidenció que las cargas sísmicas aplicadas sobrepasan la capacidad de resistencia de las nervaduras. Se concluyó que el reservorio elevado cumple con la resistencia mínima requerido por la norma E.060 Concreto Armado, sin embargo, es necesario tomar acciones para solucionar la deficiencia encontrada en las nervaduras como el reforzamiento estructural.

**PALABRAS CLAVE:** Evaluación estructural, Esclerometría, Análisis estructural

## **ABSTRACT**

The purpose of this study was to determine the structural evaluation of the elevated reservoir of the A.H. Sánchez Cerro in the province of Sullana, 2021. A quantitative, applied, non-experimental, descriptive and transectional design methodology was used. The sample consisted of all the structural elements of the reservoir, which underwent visual inspection, plan verification, field studies, and structural analysis. The main results were: the reservoir is 40 years old, it is currently in operation, and its state of conservation is good. Among the pathologies, only efflorescence was found in the lower rings and in the conical bottom and spherical bottom in a slight degree of affectation. From the sclerometry tests, the average compressive strength was 322.50 kg/cm<sup>2</sup> and from the structural analysis, it was evidenced that the applied seismic loads exceed the resistance capacity of the ribs. It was concluded that the elevated reservoir complies with the minimum resistance required by the E.060 Reinforced Concrete standard; however, it is necessary to take actions to solve the deficiency found in the ribs, such as structural reinforcement.

**KEY WORDS:** Structural evaluation, Sclerometry, Structural analysis.

## I. INTRODUCCIÓN

Los reservorios de agua potable son el corazón de un sistema de agua potable dado que son las encargadas del almacenamiento del agua tratada que posteriormente será distribuida mediante las redes de distribución hacia cada vivienda de la ciudad. Es importante que estas estructuras se encuentren siempre en óptimo estado de funcionalidad y servicio para la población, sin embargo, cabe mencionar que gran parte de estos reservorios fueron construidos hace muchos años atrás, y algunos ya presentan signos de deterioro graves como presencia de filtraciones, eflorescencia, grietas, exposición del refuerzo, presencia de corrosión, etcétera en sus elementos estructurales como cimientos, fuste, anillos, cúpula, techado. La presencia de estos signos representa un gran riesgo a la estructura que incluso pueden llevar a comprometer el refuerzo interior y la resistencia a la compresión original con la que el reservorio fue construido, reduciendo las condiciones y la capacidad de almacenamiento para el cual el reservorio fue diseñado, aumentando el riesgo de colapso en el peor de sus casos, poniendo en riesgo asimismo la salud e integridad de la población, razón por la cual siempre se debe tener en cuenta los mantenimientos preventivos y correctivos de manera periódica a estas estructuras.

Esta situación se complica cuando se tiene en cuenta que además de las deficiencias el factor sísmico se encuentra presente. El Perú ha sufrido varios eventos de estos tipos durante su historia, citando algunos considerados catastróficos como Nazca - 1996, el Terremoto del Sur del 2001 o Pisco - 2007, causando considerables pérdidas humanas y perjuicios materiales (El Comercio, 2020). Esto se debe a que nuestro país se encuentra en el Cinturón de Fuego del Pacífico mostrando alta actividad tectónica y sísmica. Un artículo reveló que estos sismos han demostrado que muchos reservorios son altamente vulnerables, especialmente los construidos en soporte tipo marco y que la mejor opción sería emplear aquellos llamados de péndulo invertido; además se menciona que en el Perú existen más de doscientos reservorios construidos bajo este sistema (Nuñez, 2013).

La provincia de Sullana no está excluida de la actividad sísmica, siendo el último sismo reportado hasta la fecha uno de magnitud 6.1 con epicentro ubicado

a 12 kilómetros al oeste la ciudad y ocurrido el 30 de julio del 2021 (IGP, 2021) que causó pánico en la población, heridos y daños materiales e hizo preguntarse a civiles y especialistas: ¿Qué hubiera pasado si el sismo hubiera tenido una mayor magnitud? ¿Estará Sullana preparada para un gran terremoto? La cantidad de edificaciones antiguas en Sullana, sumado con la construcción informal presente que influye en la vulnerabilidad sísmica de las edificaciones (Diaz, 2021) hacen que la importancia de realizar una evaluación estructural a edificaciones que no deben ceder ante un sismo sea clave.

En la provincia existen varios reservorios de agua potable de tipo elevado que han sido construidos ya hace más de 20 años y su capacidad de almacenamiento se ha visto significativamente reducida debido al crecimiento poblacional. Uno de los reservorios que abastece a gran parte de la ciudad es el Reservorio R-3 conocido como Sánchez Cerro, mismo que se encuentra ubicado en un asentamiento humano que lleva su mismo nombre. El motivo de la presente investigación fue realizar una evaluación estructural al mencionado reservorio con las condiciones actuales en las que se encuentra, partiendo de análisis no destructivos y simulaciones sísmicas en softwares especializados, por lo que se planteó el siguiente problema general: ¿Cómo será la evaluación estructural del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" de la provincia de Sullana, 2021?

Como objetivo general se planteó: Determinar la evaluación estructural del reservorio elevado del A.H. Sánchez Cerro de la provincia de Sullana en el año 2021, y como objetivos específicos se plantearon: Realizar la inspección de campo del reservorio elevado del A.H. Sánchez Cerro de la provincia de Sullana en el año 2021, realizar los estudios de campo del reservorio elevado del A.H. Sánchez Cerro de la provincia de Sullana en el año 2021; y realizar el análisis estructural del reservorio elevado del A.H. Sánchez Cerro de la provincia de Sullana en el año 2021.

La hipótesis general planteada es: La evaluación estructural del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" evidenciaría un estado estructural actual regular. Las hipótesis específicas planteadas son: La Inspección de campo del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" evidenciaría presencia de patologías físicas, mecánicas y químicas, la

verificación de los planos del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" pondría de manifiesto las características estructurales y arquitectónicas, los estudios de campo del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" permitirían conocer la resistencia del concreto, el análisis estructural del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" evidenciaría un comportamiento sísmico deficiente.

Esta investigación se justifica porque, según el Reglamento Nacional de Edificaciones en su capítulo de Diseño Sismorresistente o Norma E.030 en su Artículo 15 se indica que los reservorios de agua potable forman parte de las llamadas edificaciones esenciales o de categoría A, o sea aquellas que deben garantizar su funcionamiento en momentos de crisis, emergencias, desastres y/o catástrofes como lo es un terremoto; en otras palabras, son estructuras que no deben colapsar, por lo que es importante conocer el estado estructural de los mismos realizando una evaluación que es lo que este estudio plantea como problema y objetivo principal, dándole una justificación práctica. Tiene justificación metodológica porque los métodos empleados en este estudio que permitieron realizar la evaluación estructural pueden ser generalizados y empleados en futuros trabajos similares, empleando herramientas tecnológicas como software de simulación. Tiene justificación social porque el evaluar una estructura de mucha importancia para la población de Sullana como es el caso del Reservorio Elevado R-3 "Sánchez Cerro", contribuye de alguna u otra manera a que los resultados de este estudio sean utilizados por autoridades competentes, y se tomen las acciones de mejora y de prevención.

## II. MARCO TEORICO:

En la bibliografía consultada de fuentes virtuales como repositorios, revistas indexadas se citan los siguientes antecedentes por bloque y de acuerdo a categoría por origen. Como antecedentes internacionales se presenta:

Hernández (2018) en México, quien realizó una investigación titulada “Respuesta sísmica de tanques elevados tipo péndulo invertido” la cual tuvo como objetivo general realizar el análisis dinámico de un reservorio elevado que presente comportamiento de péndulo invertido, planteando una ecuación general basada en 4 modelos de masa-resorte simplificados que representa el comportamiento del líquido contenido en la estructura. Para ello, trabajó una muestra que consistió en un reservorio elevado de sección rectangular con paredes de concreto reforzado de dimensiones: 4.30 m de largo y ancho, y de 4.00 m de altura, con muros de 0.15m de espesor el cual es una geometría típica empleada por los municipios de la ciudad de México. Los resultados obtenidos permitieron concluir que este tipo de arquitectura empleada (de péndulo invertido) influye en la respuesta sísmica de estos tanques elevados dado que induce a tener momentos de volteo mayores a los producidos en arquitecturas consideradas tradicionales y que son las propuestas en los códigos de diseño del país.

Restrepo y Hernández (2017) en México, quienes realizaron una investigación titulada “Comportamiento sísmico de tanques tipo para distribución de agua potable” tuvieron como objetivo general realizar el análisis sísmico y estático de reservorios de almacenamiento de agua potable y verificar los esfuerzos que se generan, realizando un modelo 3d en el software de análisis estructural Larsa 4D que trabaja con el método de elementos finitos. El tipo de investigación fue aplicado y trabajó un diseño no experimental con una muestra de estudio consistente en un reservorio de 10m<sup>3</sup> de sección cilíndrica el cual fue modelado en el software anteriormente mencionado. Los resultados obtenidos permitieron concluir que en el análisis estático se evidenciaron cargas axiales muchos menores que cuando esta se somete a un análisis sísmico; sin embargo, en el caso de los muros del tanque la fuerza que es distribuida a los apoyos extremos y fue generada en el análisis sísmico es mucho menor que cuando el tanque está estático. Concluyó que la simulación de reservorios es muy

importante y se debe tener sumo cuidado en realizarse ya que una mala operación variará en los resultados que se esperan obtener si se desea tener un buen diseño.

Hernández, Arce, y Huergo (2017) en México, realizaron una investigación titulada “Comportamiento sísmico de un tanque elevado con alto grado de agrietamiento” cuyo objetivo principal fue realizar el análisis sísmico de un tanque elevado mediante el modelamiento en un software basado en el método de elementos finitos. Para lo cual, trabajó una muestra consistente en un tanque elevado de concreto armado y sección cilíndrica, cuyo cuerpo consiste en un sistema porticado de vigas y columnas ubicado en una zona altamente sísmica y que además presenta agrietamiento en sus elementos estructurales. Los resultados permitieron concluir que bajo las condiciones actuales y según las características sísmicas de la zona, no es recomendable emplear este tipo de reservorios elevados en tanto el modelo analizado que se configuró con características físico químicas actuales como dimensiones, espesores, resistencia actual a la compresión del concreto, etcétera; no presentó un adecuado comportamiento sísmico, evidenciando torsión debido a la excentricidad accidental.

Como antecedentes nacionales se presenta: Arias y Gustavo (2019) en su investigación titulada “Evaluación estructural del Reservorio R-15 de la ciudad de Tacna para determinar su vulnerabilidad sísmica” tuvo como objetivo principal determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica del mencionado reservorio realizando una evaluación estructural teniendo en cuenta la normativa ACI-350 y la norma peruana E.030. La investigación que planteó fue de tipo aplicada y de diseño no experimental. La muestra consistió en un reservorio de tipo circular (R-15) a quien se le realizó ensayos no destructivos y destructivos como esclerometría y diamantina respectivamente. La técnica empleada fue el análisis documental y de la observación y como instrumento se emplearon documentos, planos, fichas, esclerómetro y martillo de rebote. Se concluyó que el reservorio evaluado cumple con las condiciones estructurales adecuadas como resistencia a la compresión del concreto, y no sobrepasa los desplazamientos máximos exigidos en la norma peruana E.030. Se cumplió con esfuerzos anulares, de flexión y cortante, así como con los periodos.

Martínez (2019) en su investigación titulada “Evaluación del comportamiento sísmico de un reservorio elevado de concreto armado de cuba de sección circular y rectangular, aplicando la normativa norteamericana - Tacna 2019” tuvo como objetivo principal comparar el comportamiento sísmico de un reservorio elevado de sección circular vs uno de sección rectangular aplicando la normativa ACI 03-03 y la norma peruana E.030. Para ello, planteó una investigación de tipo aplicada y de diseño no experimental, y trabajó una muestra de cuatro reservorios (Uno de sección circular y tres de sección rectangular) a quienes se les aplicó la técnica del análisis documental recopilando toda la información necesaria para realizar el modelamiento sísmico posteriormente en el software SAP2000 y luego se comparó los resultados en cuanto a esfuerzos de tensión anular, desplazamientos y periodos. El análisis concluyó que los reservorios de sección circular muestran mejor comportamiento sísmico con respecto a los reservorios de sección rectangular.

Meniz y Diaz (2019) en su investigación titulada “Evaluación estructural de reservorios apoyados de concreto armado en Lima Metropolitana considerando la norma ACI 350-06 y las normativas peruanas” tuvieron como objetivo principal evaluar el comportamiento estructural ante sismos de cinco reservorios apoyados de sección circular cuya construcción data del año 1977 al 1997 y que actualmente se ubican en zonas altamente vulnerables. Para ello realizaron una investigación de tipo aplicada y de diseño no experimental, trabajando una muestra conformada por los cinco reservorios anteriormente mencionados a quienes se les aplicó la técnica de la observación con respecto a sus condiciones actuales y cuyos valores fueron ingresados, procesados y modelados en el software SAP2000. Concluyeron que los reservorios evaluados presentan serias deficiencias estructurales que comprometen su funcionalidad y no se acoplan a las exigencias de diseño sismorresistente requeridas en la actualidad como lo son el refuerzo mínimo horizontal, vertical, cuantías mínimas entre otros, evidenciando que ante un evento sísmico estas edificaciones fallarán.

Campos (2018) en su investigación titulada “Evaluación estructural de Reservorio Apoyado de C° A° de Sección Circular (20 m<sup>3</sup>) Sector 1 del C.P. Cabracancha – Chota” tuvo como objetivo principal analizar el comportamiento

sísmico del mencionado reservorio para lo cual se planteó una investigación de tipo aplicada, de diseño no experimental y cuya muestra estuvo conformada por el mismo. Se empleó la técnica de la observación y como instrumento se realizó ensayos de esclerometría en los diferentes elementos estructurales del reservorio para poder determinar la resistencia a la compresión del reservorio además de ensayos de suelos para determinar la capacidad portante del suelo y posteriormente estos datos fueron ingresados y modelados en el software SAP2000. Se concluyó que en cuanto a la resistencia a la compresión del concreto actual, no cumple ya que esta fue inferior a la resistencia de diseño; a diferencia del comportamiento estructural que se verificó desplazamientos máximos y cortante basal dentro de los límites que manda la norma E.030 por lo cual cumple. En cuanto al acero estructural se evidenció que en la losa base y en la cúpula hay sobredimensionamiento del refuerzo estructural y el cimiento se encuentra subdimensionado.

Torres y Montalván (2018) en su investigación titulada “Evaluación por desempeño sísmico del comportamiento estructural de dos reservorios elevados con soporte tipo marco, Caballococha 2018” tuvieron como objetivo general evaluar el comportamiento sísmico estructural de los reservorios R2 (construido en 1980) y R3 (construido en 2011) de la localidad de Caballococha para lo cual plantearon una investigación de tipo aplicada y de diseño no experimental. La muestra estuvo conformada por los mencionados reservorios y los autores emplearon la técnica de la observación en cuanto a las características reales e in situ de los elementos estructurales y los materiales empleados, para posteriormente ser modelados y procesados en el software SAP2000 en donde se realizó un análisis estático que dio como resultado esfuerzos y desplazamientos dentro de los límites establecidos. Concluyó que el desempeño sísmico para ambos reservorios fue bueno, lo que garantiza que estas edificaciones se encuentran en excelente condición y vida útil.

Como antecedentes locales no se encontró evidencia de investigaciones sobre evaluación estructural, ni análisis sísmico estructural en cuanto a reservorios elevados o apoyados de agua potable. Sin embargo, se evidenciaron investigaciones que realizaron la evaluación patológica de reservorios de la ciudad de Piura y Sullana:

Cortez (2019) en su investigación titulada “Determinación y evaluación de las patologías del concreto armado del tanque elevado de agua potable de 1500 m<sup>3</sup> del parque infantil Miguel Cortes, en el distrito de Piura, provincia y región Piura, marzo – 2018” tuvo como objetivo general realizar la evaluación patológica del mencionado reservorio el cual es uno de los más antiguos que existen en la ciudad de Piura, para lo cual planteó una investigación de tipo aplicada, y de diseño no experimental descriptivo. La muestra evaluada fueron los diferentes elementos estructurales que componen al reservorio elevado R - 13 en la cual se aplicó la técnica de la observación y como instrumento empleó una ficha de recolección de datos diseñada por el investigador y aprobada por expertos en el tema. Concluyó que el reservorio en estudio presentó diferentes tipos de patologías como humedad, erosión, fisuras, grietas siendo la suciedad la patología que abarcaba un poco más de un cuarto de toda el área afectada. La evaluación determinó que el reservorio se encuentra en moderado estado de severidad.

Chilon (2019) en su investigación titulada “Determinación y evaluación de las patologías del concreto armado del tanque elevado de agua potable N°17 de 1000 m<sup>3</sup>, ubicado en el Centro Poblado Monte Sullón, distrito de Catacaos, provincia y región Piura, febrero 2019” tuvo como objetivo general para lo cual planteó una investigación de tipo aplicada, y de diseño no experimental descriptivo. La muestra evaluada fueron los elementos como el fuste, cúpula, escalera y puente interior en las cuales se aplicó la técnica de la observación y como instrumento se emplearon fichas de recolección de datos. Concluyó que la patología con mayor presencia fue la eflorescencia en un porcentaje aproximado de un quinto del área afectada. También determinó que la cúpula del reservorio presenta alto riesgo dado que el nivel de severidad evaluado fue grave. Se presentaron en menor cantidad otro tipo de patologías como grietas, erosión, suciedad, fisuras, oxidación, entre otros.

Rimaycuna (2019) en su investigación titulada “Determinación y evaluación de las patologías de concreto armado del reservorio elevado R-1 Grau, avenida Miguel Grau, capacidad de 1000 m<sup>3</sup>, Sullana, Piura, Octubre – 2018” tuvo como objetivo principal realizar el estudio patológico del mencionado reservorio el cual abastece a gran parte del centro de la ciudad de Sullana, para

lo cual planteó una investigación de tipo aplicada y de diseño no experimental descriptivo. La muestra en estudio estuvo conformada por los elementos estructurales que conforman al reservorio; y aplicó la técnica de la observación y como entre los resultados obtenidos de la evaluación se concluyó que la suciedad fue la anomalía con mayor presencia en la estructura, seguido de eflorescencia y en menor medida filtraciones y fisuras.

Los reservorios de agua potable según la Organización Panamericana de la Salud (2005) son estructuras diseñadas para almacenar este líquido elemento; y que forman parte de todo un proyecto de agua potable, es el encargado de recibir el agua tratada proveniente de una línea de conducción o impulsión – de acuerdo al tipo de sistema – y almacenarla para posteriormente distribuirla a través de las redes de distribución hacia cada punto de salida o vivienda. Asimismo, la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento SUNASS (2004) define a los reservorios como grandes tanques de almacenamiento de agua que tienen como propósito asegurar continuidad del servicio y una presión constante y adecuada en la ciudad.

La clasificación de los tanques está ligada al material en el cual se encuentra construido, a su geometría y a la ubicación en la que se encuentra. Según el CONAGUA (2007), los materiales que mayormente se utilizan para la construcción de reservorios de almacenamiento son mampostería, concreto armado, concreto pre tensado y acero. Por otra parte, la forma más común de los reservorios son los rectangulares y los circulares. En cuanto a la función según la OPS (2005) en el manual Guía Para el Diseño de Reservorios Elevados de Agua Potable, los reservorios pueden funcionar de cabecera o flotantes, mientras que Agüero (1997) indica que los reservorios pueden ser elevados, o apoyados o semienterrados de acuerdo a las condiciones topográficas en las que se ubican con respecto a la ciudad que abastecerán.

Este tipo de estructuras según la Norma Técnica Peruana E.030 que abarca el capítulo de diseño sismorresistente (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017) son del tipo esenciales, categoría A. Esto quiere decir que su diseño y funcionalidad debe prever el ser empleado en situaciones de post emergencias y/o catástrofes, en otras palabras, si el caso

fortuito fuera un terremoto, estas estructuras no deben ceder, y deben seguir funcionando después de este evento.

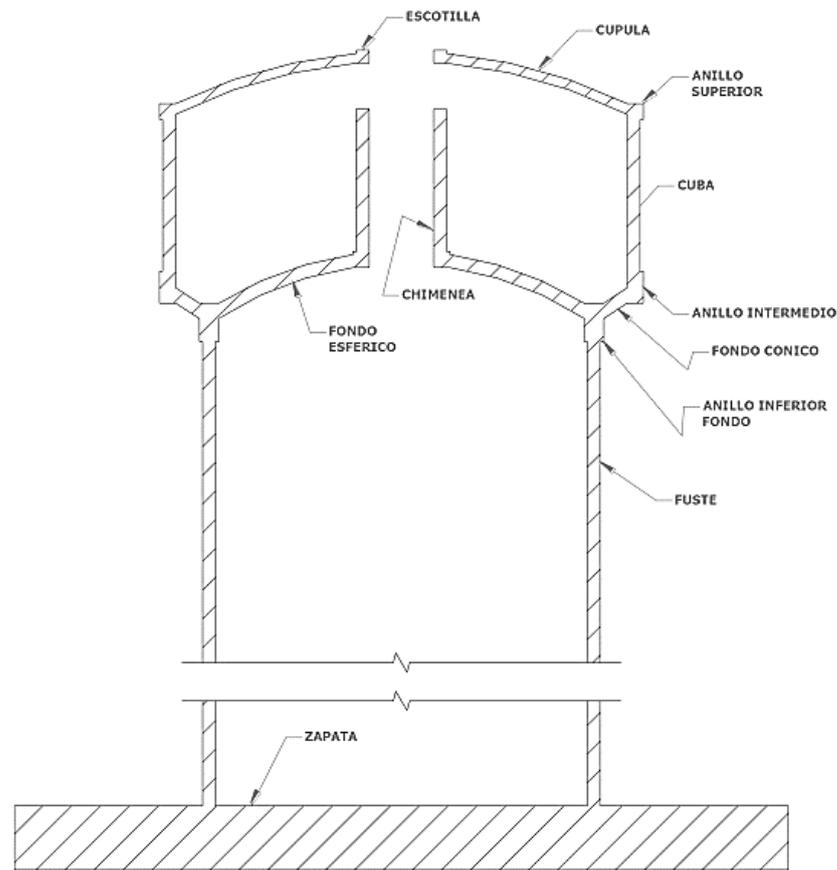


Figura 1. *Partes o elementos estructurales de un reservorio elevado*

Los reglamentos nacionales no cuentan con metodologías o normas específicas para realizar el diseño o analizar este tipo de estructuras; por lo que los especialistas suelen recurrir a la norma internacional americana ACI-350 que involucra el diseño sísmico de estructuras contenedoras de líquidos y complementarla con las normas peruanas E.030 y E.060 del Reglamento Nacional de Edificaciones RNE (2017). Por otra parte, el Instituto Americano del Concreto (2009) indica que para el diseño de reservorios se debe tener en cuenta las aceleraciones del suelo, características de la masa estructural, rigidez y amortiguamiento. Por lo tanto, establece parámetros límite que se consideran tolerables para la estructura pensando en la no alteración de la capacidad estructural en caso de eventos sísmicos. El modelo de Housner es el más referido ya que es un modelo simplificado capaz de interpretar el comportamiento

hidrodinámico; y establece que en la parte interior del tanque el agua oscila de acuerdo a la aceleración que sufre la estructura.

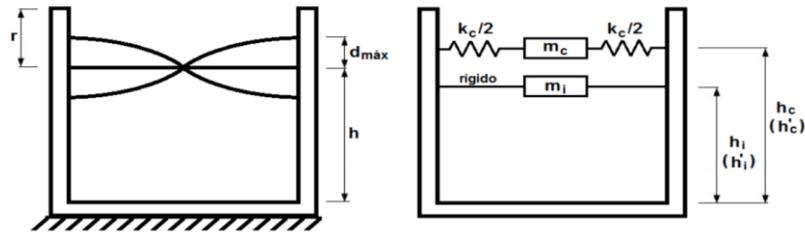


Figura 2: Modelo del comportamiento del fluido al interior del tanque.

Una evaluación estructural según Dueñas (2020) es una serie de procesos que tienen como finalidad dar a conocer las condiciones estructurales actuales que presenta una determinada edificación. Un concepto similar es el establecido por la *American Society of Civil Engineers ASCE* (2017) quienes mencionan que una evaluación sísmica estructural consiste en una serie de procedimientos que se le realizan a la edificación, en donde se toma en cuenta sus características y deficiencias con la finalidad de estudiar el comportamiento del mismo ante terremotos. Para Dueñas, la metodología para realizar una evaluación estructural consiste principalmente en 4 etapas: inspección de campo, verificación de planos, estudios de campo y análisis estructural.

La primera etapa: inspección de campo, consiste en la primera evaluación realizada a la edificación. Esta se basa en el análisis visual e identificación de defectos o patologías presentes en la edificación (Dueñas, 2020). El propósito de la inspección visual según Espada y Mego (2020) es identificar problemas en el concreto, o sea detectar alguna anomalía. Malek y Omrane (2018) indican que, la durabilidad de las estructuras de concreto armado depende de su comportamiento en relación con las condiciones climáticas y ambientales que existen en los entornos en los que se construyen. Estas estructuras suelen estar sometidas a un proceso permanente de degradación física y química como consecuencia de las agresiones externas.

Para Bejarano y Daza (2017) las patologías se clasifican en 3 tipos: patologías físicas, patologías químicas y patologías mecánicas. Las patologías físicas son aquellas originadas por los cambios físicos del concreto como lo es el cambio de volumen, dilatación, contracción, entre otros (Sanchez de Guzman,

2011). Las patologías mecánicas son aquellas originadas por un concreto malo, de baja resistencia, por deficiencias en la estructura, entre otros (Lopez, 2004). Las patologías químicas son aquellas originadas por agentes externos, generalmente ambientales que cambian las propiedades químicas del concreto y le afectan de manera inmediata o a medida que pasa el tiempo, siendo las más representativas la eflorescencia, carbonatación, corrosión, oxidación, entre otros (Broto, 2005).

La segunda etapa: verificación de planos, consiste en la contrastación de lo construido vs lo proyectado. Se evalúa que no existan diferencias o incompatibilidades entre el plano de construcción con lo que ya está construido, y de ser el caso que existan diferencias lo que se debe hacer es anotarse para tenerse en cuenta una vez que se realice el análisis estructural (Dueñas, 2020). Los planos ofrecen información gráfica y especificaciones técnicas que son de mucha importancia como las dimensiones de la estructura, la distribución del acero y sus diámetros o números, empalmes, traslapes, así como la resistencia del concreto de diseño, características de elementos estructurales, etcétera (Rodríguez, 2018).

La tercera etapa: estudios de campo son el conjunto de ensayos que se realizarán a la estructura con la finalidad de conocer parámetros importantes que comprometen la estabilidad de la misma como lo son los estudios de suelos, los estudios de resistencia del concreto, entre otros (Dueñas, 2020). Olukole, Oji, y Olatunde (2016) indican que los estudios de suelo ayudan a determinar y comprender el comportamiento del suelo de un lugar concreto, también ayuda a determinar el contenido de agua del suelo, la gravedad específica, la plasticidad, la resistencia, el tamaño de las partículas, la compresibilidad y la capacidad portante del suelo. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú MTC (2013) destacan que los principales ensayos que se deben considerar en un estudio de suelos son la granulometría, los límites de consistencia, el ensayo de proctor estándar y modificado, el ensayo de CBR, entre otros.

Los estudios de resistencia de concreto pueden ser destructivos y no destructivos según Jedidi y Machta (2014), la trituración o rotura de probetas es el ensayo destructivo habitual para determinar la resistencia del concreto. El ensayo de martillo de rebote o de esclerometría y el dispositivo de ultrasonidos

se utilizan en el ámbito de los ensayos no destructivos para determinar, respectivamente, la resistencia a la compresión.

Por último, la cuarta etapa: análisis estructural es el estudio del comportamiento de la edificación, y se realiza mediante modelamiento matemático empleando los valores obtenidos en los pasos anteriores; en otras palabras, se realiza una simulación estructural de la edificación con las condiciones reales determinadas en campo (Dueñas, 2020). Según Udoeyo (2020) el análisis estructural es la predicción de la respuesta de las estructuras a cargas externas arbitrarias especificadas. Durante la fase de diseño estructural preliminar, se estima la carga externa potencial de una estructura y se determina el tamaño de los miembros interconectados de la estructura en función de las cargas estimadas.

El análisis estructural puede ser estático y dinámico, y la principal diferencia entre estos es el tiempo. Skotny (2019) explica que, si la carga se aplica tan lentamente que los efectos de la inercia no desempeñan ningún papel, sólo se necesita un análisis estático. El análisis dinámico se ocupa de los impactos y otras situaciones que ocurren "rápidamente", pero también de las vibraciones (que ocurren en el tiempo). Entre las herramientas que facilitan realizar análisis estructural en estructuras complejas se encuentra el SAP2000. Baldissera y Palomino (2020) mencionan que este es un software muy conocido para el análisis y el diseño estructural, utilizado por la mayoría de diseñadores y profesionales debido a su versatilidad y a su interfaz amigable.

### III. MÉTODO

#### 3.1. Tipo y Diseño de investigación

Tipo: La presente investigación de acuerdo a CONCYTEC (2018) es aplicada; dado que se resolverá un problema práctico empleando teorías sustentadas y fundamentadas científicamente.

Diseño de investigación: corresponde a un estudio de diseño no experimental, descriptivo y transeccional. Según Carrasco (2005) y Hernández et al (2014), es no experimental porque no habrá manipulación de las variables ni mucho menos existen grupos de control experimentales, es descriptivo porque se estudiará a la variable sin aplicarle ningún tratamiento que llegue a afectarla y transeccional porque la observación se realizará en un preciso momento, y no durante un intervalo temporal.

El esquema de investigación es el siguiente:



Donde:

M= Muestra

O= Observación

A= Análisis

E= Evaluación

R= Resultado

#### 3.2. Variables y operacionalización

Variable cualitativa: Evaluación estructural, según Dueñas (2020) es una serie de procesos que tienen como finalidad dar a conocer las condiciones estructurales actuales que presenta una determinada edificación. Esta variable se operacionaliza de acuerdo a: inspección de campo, estudios de campo y análisis estructural (Ver Anexo 4).

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

Población: abarca a todo el reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" de la provincia de Sullana. Incluye la totalidad de los elementos estructurales.

Muestra: Se trabajó una muestra no probabilística e intencional. Se efectuarán los ensayos de esclerometría en elementos como el fuste, escaleras de acceso, puente interior, muros de la cuba y techado.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Técnicas: Se emplearon las técnicas de la observación y del análisis documental. De la observación en el sentido de la inspección ocular del reservorio, y de los ensayos de esclerómetro. Se observará cada una de las características y cualidades producto de lo mencionado anteriormente. En cuanto al análisis documental, se solicitaron los planos y documentación histórica sobre el reservorio elevado a la Empresa Prestadora de Servicios Grau EPS Grau.

Instrumentos: Los instrumentos empleados fueron Ficha de Recolección de datos para la inspección de campo, Esclerómetro, y el Software SAP2000.

### **3.5. Procedimientos**

El procedimiento que se siguió para obtener los resultados de la presente tesis se dividió en dos partes: Actividades de campo y actividades de gabinete. Actividades de campo: Primero, se realizó la inspección de campo del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" con la finalidad de identificar la presencia de patologías presentes en los elementos estructurales, además de conocer aspectos y características físicas y geométricas del reservorio. Para ello se coordinó con los encargados de EPS Grau de la provincia de Sullana quienes facilitaron el acceso al reservorio. Posterior a ello, se solicitó a personal de EPS Grau la información técnica como lo son los planos de construcción con los que el reservorio fue ejecutado y también se realizó un levantamiento gráfico del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" basado en las características estructurales y arquitectónicas del mismo. Posterior a ello se realizaron los ensayos de campo mediante el uso de esclerómetro el cual fue

aplicado en los elementos estructurales seleccionados, que conforman al reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro".

Actividades de gabinete: Se modelaron las características obtenidas en campo del reservorio R-3 "Sánchez Cerro" con la finalidad de realizar el análisis estructural. Los resultados obtenidos fueron contrastados con los requerimientos mínimos que la norma e.030 Diseño Sismo resistente del Reglamento Nacional de Edificaciones exige y se realizó un chequeo de diseño de los elementos estructurales, todo empleando el software SAP2000.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Para realizar el análisis de los datos obtenidos en campo, se emplearon diferentes softwares como Excel 2016 y SAP2000. El primero para realizar los cuadros descriptivos y el segundo para realizar los modelamientos correspondientes. Los resultados fueron ordenados en los mencionados cuadros descriptivos a los cuales se les adjuntó una imagen como representación gráfica.

### **3.7. Aspectos éticos**

La presente investigación cumple con los requisitos éticos en la investigación; no comprometiéndola vida ni salud de ningún individuo sin previo consentimiento ya que no se trabajó con ningún ser vivo; no hubo conflictos de interés, y se declara que la información expuesta en la presente investigación es original y no plagiada. Se respetaron los derechos de autoría de demás investigadores y los lineamientos del código de ética de la Universidad Cesar Vallejo (2017).

#### IV. RESULTADOS

De acuerdo al primer objetivo específico: Realizar la inspección de campo del reservorio elevado del A.H. Sánchez Cerro de la provincia de Sullana en el año 2021; se obtuvieron los siguientes resultados:



Figura 3. Reservorio Elevado R-3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.

Tabla 1. *Ubicación geográfica Reservorio Elevado R-3 “Sánchez Cerro” – Sullana - Piura*

Descripción	Norte (X)	Este (Y)	Cota (Z)
R-3 SANCHEZ CERRO	9457107.00	533962.00	66,50 m.s.n.m.

Fuente: GIS EPS Grau

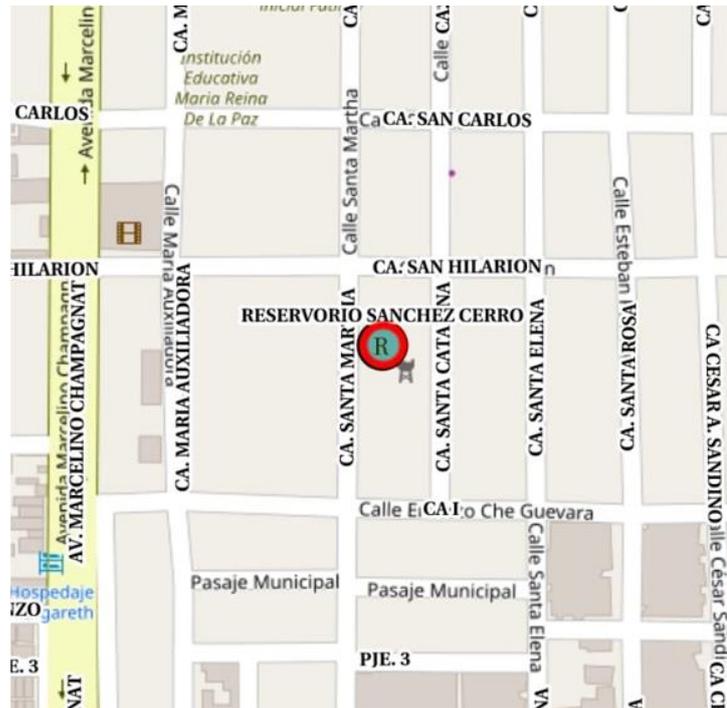


Figura 4. Ubicación del Reservorio Elevado R-3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura. (Fuente: GIS EPS Grau)

Generalidades y ubicación: El reservorio elevado R-3 “Sánchez Cerro” se encuentra ubicado en el asentamiento humano que lleva el mismo nombre, en el distrito y provincia de Sullana, en el Departamento de Piura. El reservorio es de concreto armado, tiene una capacidad útil de 3000 m<sup>3</sup>, y fue construido en el año 1980 por lo que hasta la fecha el reservorio tiene 40 años. Actualmente se encuentra en buen estado y abastece a varias zonas de la ciudad de Sullana.

Estructuración: La estructura del reservorio corresponde al modelo INTZE. Los elementos estructurales que le conforman son: la zona de soporte constituido por un fuste nervado verticalmente, la zona de almacenamiento constituida por la cuba (que a su vez se compone de los anillos inferiores y superiores, del fondo cónico, fondo esférico y chimenea vertical) y el techado constituido por la cúpula y la escotilla. El interior del reservorio posee una escalera helicoidal para acceder a la zona de almacenamiento; esta empalma con un puente de concreto armado apoyado en dos vigas. El acceso a la cuba es a través de una escalera metálica.



*Figura 5.* Interior del Reservorio Elevado R-3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.



*Figura 6.* Presencia de eflorescencia en el fondo cónico del Reservorio Elevado R-3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.

Tabla 2. *Patologías encontradas en Reservoirio Elevado R-3 “Sánchez Cerro” – Sullana - Piura*

Elemento	Patologías halladas	Área afectada (%)	Nivel	Observaciones
Fuste			-	
Anillo inferior fondo	Eflorescencia	1.95	Leve	Lavar con agua a presión y cepillar
Cuba			-	
Anillo intermedio	No presenta		-	No se hace nada
Fondo esférico	Eflorescencia	0.41	Leve	Lavar con agua a presión y cepillar
Fondo cónico	Eflorescencia	3.77	Leve	Lavar con agua a presión y cepillar
Chimenea				
Anillo superior	No presenta		-	No se hace nada
Cúpula	No presenta		-	No se hace nada
Escotilla	No presenta		-	No se hace nada

Fuente: Ficha de inspección de campo

De acuerdo a la Tabla 2, en la inspección visual se reportó eflorescencia en cantidades muy pequeñas. El anillo inferior tiene el 1.95% de su área afectada con eflorescencia indicando un grado de afectación leve, el fondo esférico tiene el 0.41% de su área afectada con eflorescencia indicando un grado de afectación leve y el fondo cónico tiene el 3.77% de su área afectada con eflorescencia indicando un grado de afectación leve. El área afectada total de todo el reservorio fue de 0.97%, lo que indica que el nivel de afectación patológica en el reservorio es leve.

Tabla 3. Dimensiones del Reservorio Elevado R-3 “Sánchez Cerro” – Sullana - Piura

Elemento	Dimensiones	Resistencia a la compresión del concreto de diseño (kg/cm <sup>2</sup> )
Fuste		
Diámetro interno	9.00 m	280
Espesor	0.35 m	280
Altura	27.15 m	280
Anillo inferior fondo		
Alto x ancho	0.40 x 0.50 m	280
Cuba		
Diámetro interno	21.40 m	280
Espesor	0.35 m	280
Altura	7.00 m	280
Fondo esférico		
Espesor	0.35 m	280
Fondo cónico		
Espesor	0.35 m	280
Altura	2.75 m	280
Chimenea		
Diámetro interno	1.00 m	280
Espesor	0.20 m	280
Anillo superior		
Alto x ancho	0.30 x 0.30 m	-
Cúpula		
Espesor	0.10 m	175
Altura	1.60 m	175
Escotilla		
Diámetro interno	2.00 m	175
Espesor	0.10 m	175
Altura	0.95 m	175

Fuente: Plano estructural del Reservorio Elevado R-3 “Sánchez Cerro”

La

Tabla 3 y Figura 7 muestran las dimensiones del reservorio elevado R-3 “Sánchez Cerro”. En el análisis documental se encontró según los planos otorgados por EPS Grau, que la resistencia a la compresión del concreto de diseño fue de 280kg/cm<sup>2</sup> para elementos estructurales como el fuste, los anillos superiores e inferiores, la cuba, fondo cónico, fondo esférico, chimenea y de 175kg/cm<sup>2</sup> para elementos como la cúpula y la escotilla. Por otro lado, se presentaron las características geométricas del reservorio producto del levantamiento en campo.

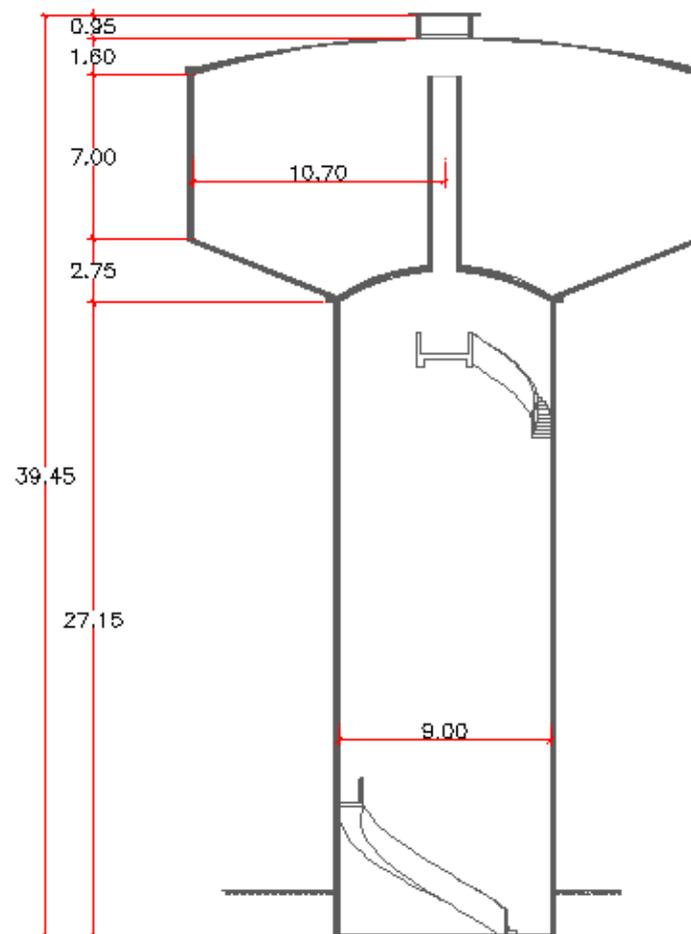


Figura 7. Plano del Reservorio Elevado R-3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura

De acuerdo al segundo objetivo específico: Realizar los estudios de campo del reservorio elevado del A.H. Sánchez Cerro de la provincia de Sullana en el año 2021; los resultados fueron los siguientes:

Tabla 4. Resultados del ensayo de resistencia a la compresión esclerometría, Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana - Piura

UBICACION	N° MUESTRA	PROM. DISPAROS	RESISTENCIA PROMEDIO (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Cuba</b>	M-1	39.5	340
	M-2	38.6	
<b>Anillo inferior fondo</b>	M-3	31.7	290
	M-4	40.3	
<b>Chimenea de acceso a la cuba</b>	M-5	35.8	280
<b>Fuste</b>	M-6	42.8	380

Fuente: Informe de Ensayo de esclerometría

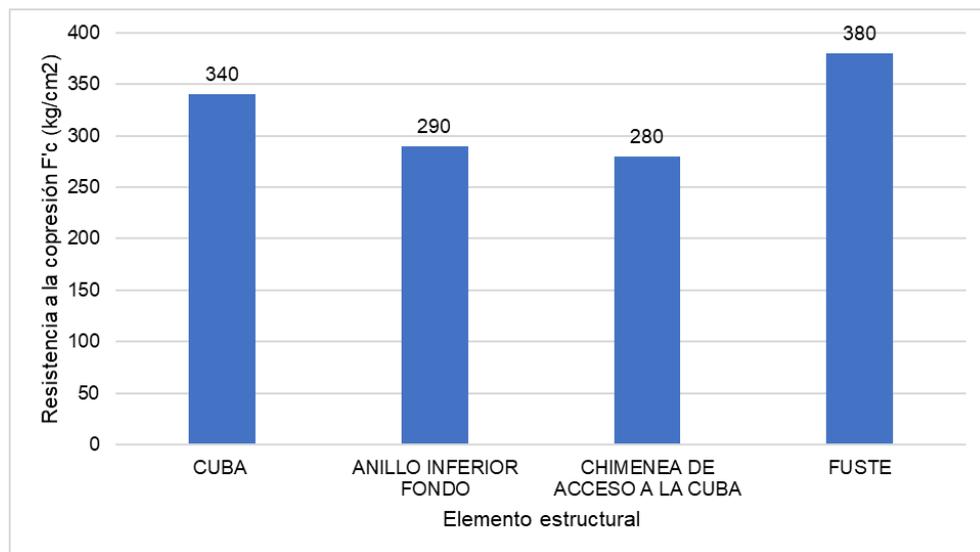
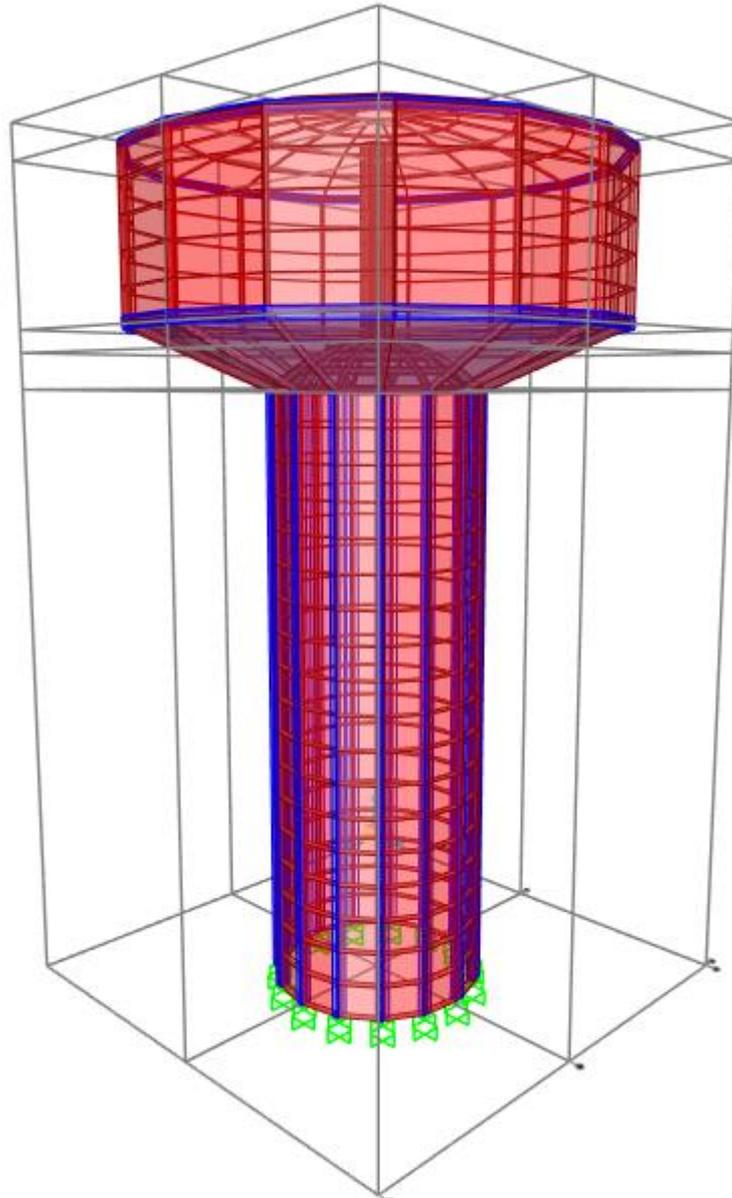


Figura 8. Resistencia a la compresión de elementos estructurales, Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.

La Tabla 4 y Figura 8 muestran los resultados del informe de ensayos de esclerometría. La resistencia a la compresión encontrada en la Cuba fue de 340 kg/cm<sup>2</sup>, en el anillo inferior del fondo fue de 290 kg/cm<sup>2</sup>, en la chimenea de acceso a la cuba fue de 280 kg/cm<sup>2</sup> y en el fuste fue de 380 kg/cm<sup>2</sup>. La resistencia promedio del reservorio elevado fue de 322.50 kg/cm<sup>2</sup>.

De acuerdo al tercer objetivo específico: Realizar el análisis estructural del reservorio elevado del A.H. Sánchez Cerro de la provincia de Sullana en el año 2021, se obtuvieron los siguientes resultados:



*Figura 9.* Modelamiento del Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.

Modelo y Análisis estructural: el análisis fue elástico y lineal y se modeló en el software SAP2000. Se configuró el modelo tridimensional.

Definición de materiales: Se configuraron los valores de concreto con los obtenidos en los ensayos de esclerometría realizados a la estructura. Se empleó como valor de resistencia a la compresión 322.50 kg/cm<sup>2</sup> tanto para el fuste, la cuba, el fondo cónico, fondo esférico, los anillos, la chimenea y la cúpula. Como valor de acero de construcción se empleó ASTM A615 Grado 60 (a615Gr60) Fy=4,200 Kg/cm<sup>2</sup>.

Tabla 5. Definición de materiales en SAP2000, Reservoirio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura

Elemento	Concreto	Acero
Fuste	(Con322) 322.50 kg/cm <sup>2</sup>	(a615Gr60-1) Fy=4,200 Kg/cm <sup>2</sup>
Anillo inferior y superior	(Con322) 322.50 kg/cm <sup>2</sup>	(a615Gr60-1) Fy=4,200 Kg/cm <sup>2</sup>
Fondo cónico	(Con322) 322.50 kg/cm <sup>2</sup>	(a615Gr60-1) Fy=4,200 Kg/cm <sup>2</sup>
Fondo esférico	(Con322) 322.50 kg/cm <sup>2</sup>	(a615Gr60-1) Fy=4,200 Kg/cm <sup>2</sup>
Cuba	(Con322) 322.50 kg/cm <sup>2</sup>	(a615Gr60-1) Fy=4,200 Kg/cm <sup>2</sup>
Chimenea	(Con322) 322.50 kg/cm <sup>2</sup>	(a615Gr60-1) Fy=4,200 Kg/cm <sup>2</sup>
Cúpula	(Con322) 322.50 kg/cm <sup>2</sup>	(a615Gr60-1) Fy=4,200 Kg/cm <sup>2</sup>

Fuente: SAP2000

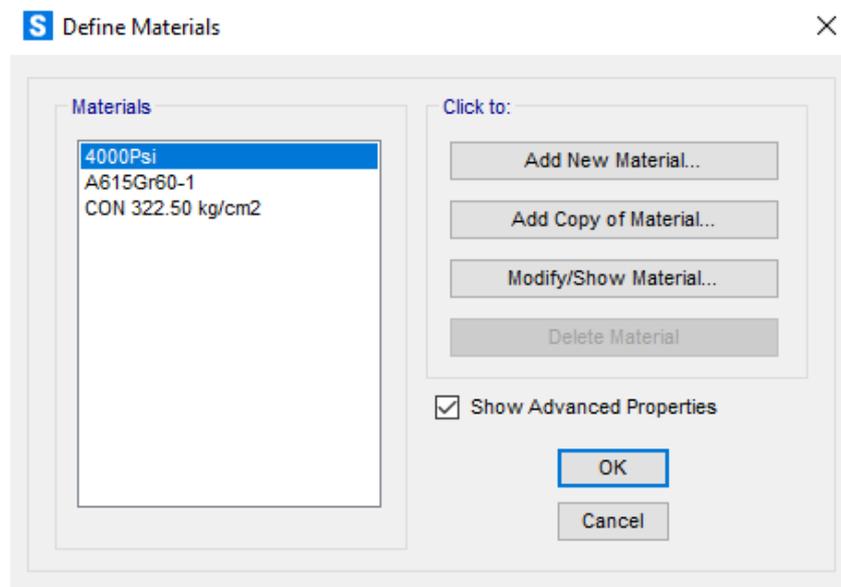


Figura 10. Definición de materiales en SAP2000 - Reservoirio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.

Definición de secciones de elementos: Para los diferentes elementos modelados se configuraron de acuerdo a lo expuesto en la **¡Error! La autoreferencia al marcador no es válida.:**

Tabla 6. *Definición de secciones en SAP2000, Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura*

Elemento	Tipo	Dimensiones	Refuerzo	Recubrimiento
<b>Fuste (con nervaduras)</b>	Shell Thin Frames	Espesor: 0.35 m 0.30 x 0.50 m	02 capas	4 cm
<b>Anillo inferior y superior</b>	Frame Rectangular	Inferior 0.40 x 0.50 m Superior 0.30 x 0.30 m	02 capas 02 capas	4 cm
<b>Fondo cónico</b>	Shell Thin	Espesor: 0.35 m	02 capas	4 cm
<b>Fondo esférico</b>	Shell Thin	Espesor: 0.35 m	02 capas	4 cm
<b>Cuba</b>	Shell Thin	Espesor: 0.35 m	02 capas	4 cm
<b>Chimenea</b>	Shell Thin	Espesor: 0.20 m	02 capas	4 cm
<b>Cúpula</b>	Shell Thin	Espesor: 0.10 m	01 capa	2 cm

Fuente: SAP2000

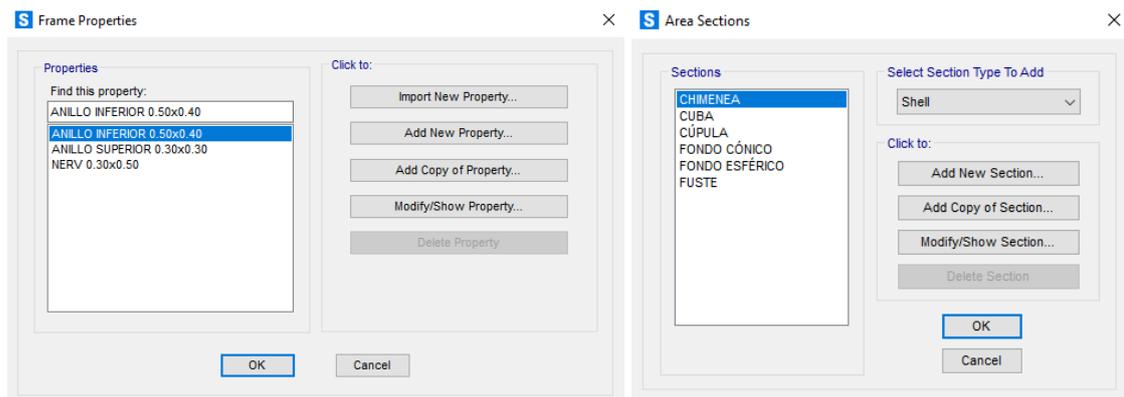


Figura 11. Definición de secciones en SAP2000 - Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.

Definición de los patrones de carga: Las cargas que soporta la estructura son la carga muerta (CM), la carga viva (CV), presión hidrostática (PH), y carga sísmica (P)

Tabla 7. Definición de patrones de carga en SAP2000, Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura

Patrones de carga	Configuración
Carga muerta	CM
Carga viva	CV
Presion hidrostática	PH
Carga de Sismo	Pi, Pc, Pw

Fuente: SAP2000

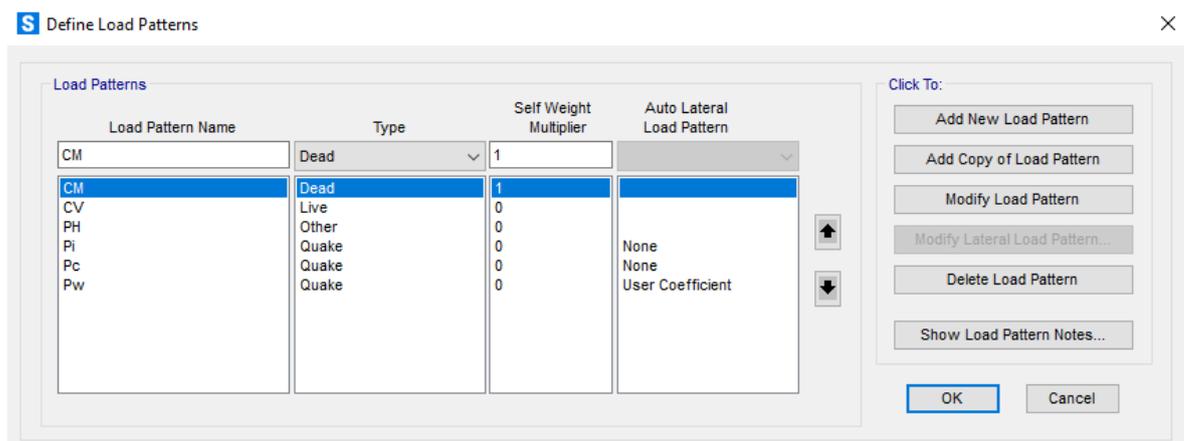


Figura 12. Definición de patrones de carga en SAP2000 - Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.

La Tabla 7 y Figura 12 muestran los patrones de carga configurados para el análisis estructural. La Carga Muerta (CM) fue calculada por el propio programa colocando el valor de 1 en la opción Self Weight Multiplier. La Carga Viva (CV) se aplicó sobre la Cúpula en forma de carga uniforme aplicada en el sentido de la gravedad, cuyo valor fue 50 Kg/cm<sup>2</sup> de acuerdo a la Norma E.020.

La Presión Hidrostática (PH) estuvo definida por los *Joint Patterns* para tres casos: Presión Hidrostática, Presión Inductiva y Presión Convectiva. La carga de Presión Hidrostática corresponde a la Presión del Agua sobre Paredes y Fondo de la Cuba FL=  $\gamma H$  donde  $\gamma=1000\text{Kg/m}^3$

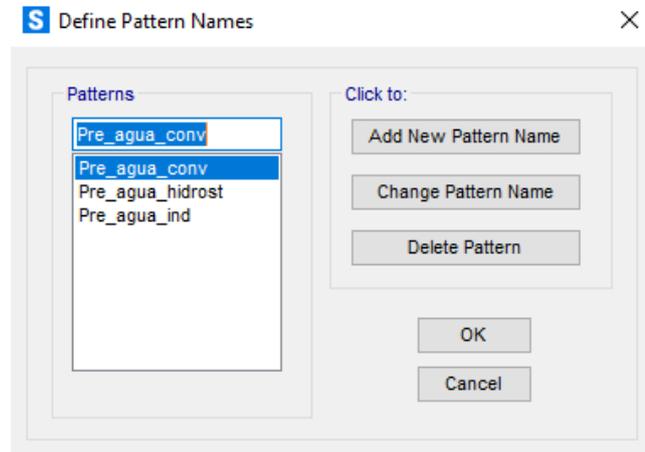


Figura 13. Definición de patrones de presión hidráulica en SAP2000 - Reservoirio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.

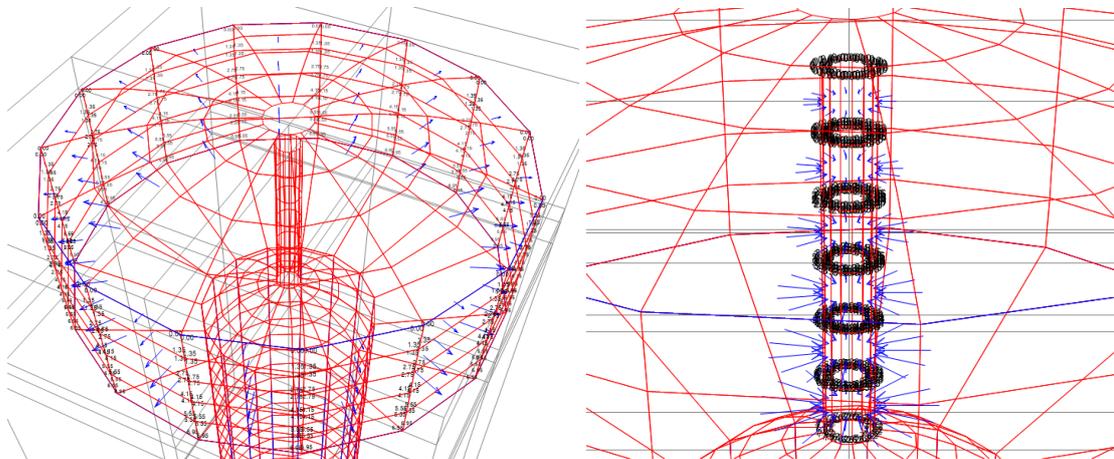


Figura 14. Asignación de patrones de presión hidráulica en SAP2000 - Reservoirio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.

Carga Sísmica (S): La carga sísmica fue aplicada solo a una dirección (x) debido a que el reservorio es completamente simétrico. Se definió la carga sísmica de agua tanto inductiva como convectiva (Olas). Para ello se empleó el método estipulado en la Norma Americana ACI 350.3-06 *Seismic Design Guide for Liquids- Containing Concrete Structures and Commentary* y se tuvo presente la Norma Peruana E.030 Diseño Sismo Resistente.

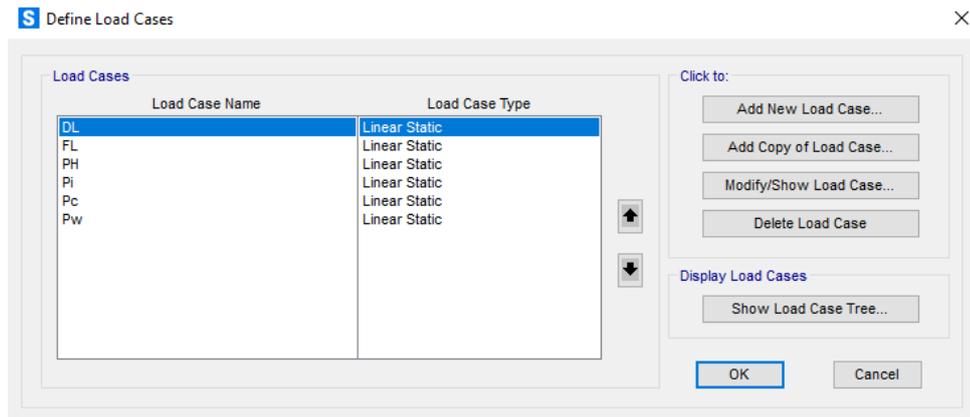


Figura 15. Definición de casos de carga en SAP2000 - Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.

Definición de las combinaciones de carga: Las combinaciones de carga configuradas y empleadas en el modelamiento fueron las definidas por las normas técnicas de diseño:

Tabla 8. Definición de combinaciones de carga en SAP2000, Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura

Combinación de carga	Configuración
<b>COMB1</b>	= 1.2 DEAD + 1.6 LIVE
<b>COMB2</b>	1.3 DEAD + 1.0 LIVE ± 1.0 CS
<b>COMB3</b>	0.80 DEAD ± 1.0 CS
<b>LIVE = LL+FL</b>	Total Carga Viva
<b>CS = Pw + Pi + Pc</b>	Total carga Sísmica.
<b>DL+LIVE =</b>	Carga Muerta + Total Carga Viva.
<b>ENVELOPE =</b>	COM1+COMB2+COMB3

Fuente: SAP2000

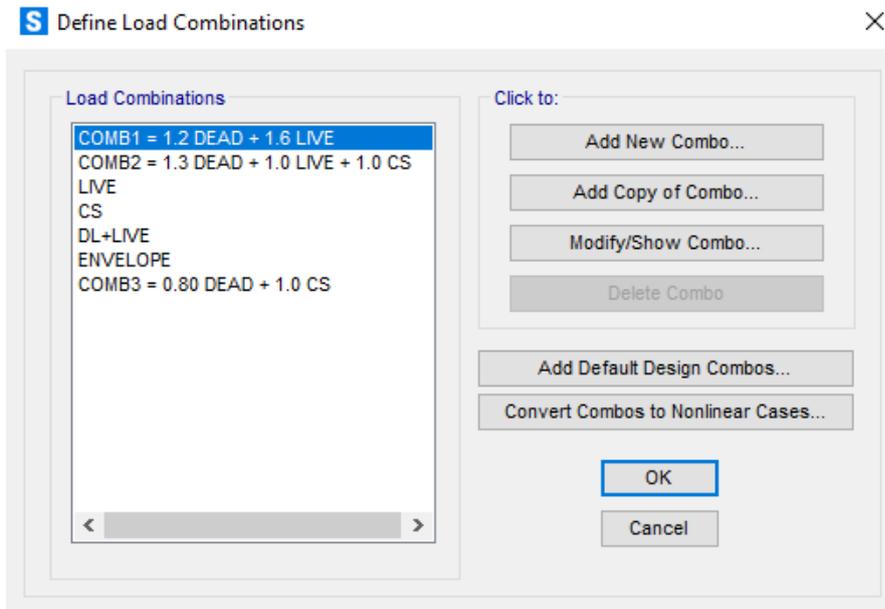


Figura 16. Definición de combinaciones de carga en SAP2000 - Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.

Diseño estructural: se realizó empleado el software SAP2000 v22 y el análisis se basó en la norma de diseño ACI 318-05. Para los elementos de concreto, el diseño se fundamentó en la mecánica estructural. El método de diseño fue el de “Rotura”, o diseño plástico, mediante el cual los elementos deben dimensionarse para que tengan una resistencia adecuada (inferior a la que entraría al rango elástico), utilizando los factores de Carga (de las combinaciones) y los factores de reducción de resistencia  $\phi$  (Flexión, Tensión axial, Tensión axial y flexión: 0.90, Flexo compresión con estribos en espiral 0.75, Flexo compresión con estribos, 0.70 y Torsión 0.85)

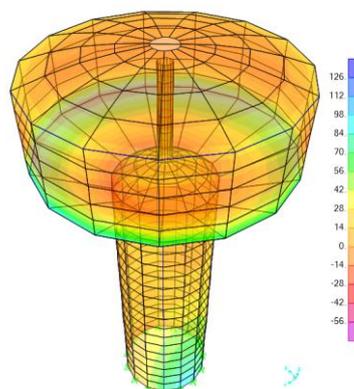


Figura 17. Reporte gráfico de esfuerzos en SAP2000 - Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.

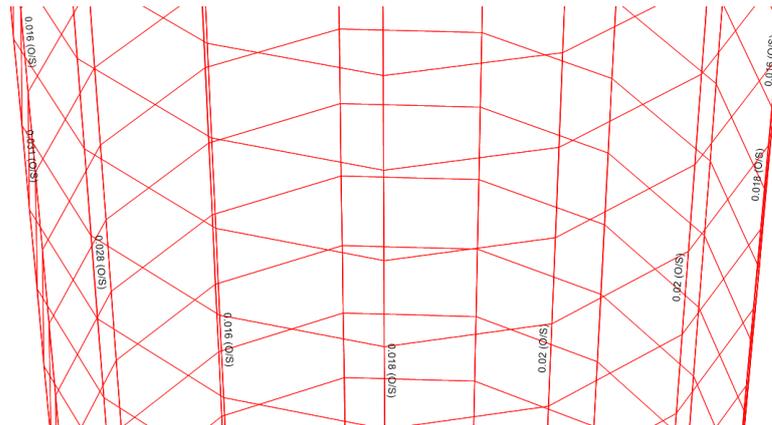


Figura 18. Comprobación de diseño en SAP2000 - Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.

Se verificó los resultados de diseño demostrando que la estructura cumple con los requerimientos mínimos de esfuerzos a los que el reservorio se encuentra sometido, a excepción de las nervaduras verticales que se encuentran acopladas al fuste. De acuerdo a los resultados de la comprobación de diseño, estos elementos fallarían ante un eventual acontecimiento sísmico.

ACI 318-14 COLUMN SECTION DESIGN Type: Sway Special Units: Tonf, m, C (Summary) Units: Tonf, m, C

Element : 16 B=0.3 D=0.5 dc=0.067  
 Section ID : NERV 0.30x0.50 E=2534563.54 fc=3225. Lt.Wt. Fac.=1.  
 Combo ID : DL+LIVE L=27.15 Fy=42184.178 fys=42184.178  
 Station Loc : 22.625 RLLF=1.

Phi(Compression-Spiral): 0.75  
 Phi(Compression-Tied): 0.65  
 Phi(Tension Controlled): 0.9  
 Phi(Shear): 0.75  
 Phi(Seismic Shear): 0.6  
 Phi(Joint Shear): 0.85

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN FOR PU, M2, M3

Rebar	Design	Design	Design	Minimum	Minimum
Area	Pu	M2	M3	M2	M3
O/S #5	31.961	0.	0.	0.775	0.967

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT FACTORS

	Cm	Delta_ns	Delta_s	K	L
	Factor	Factor	Factor	Factor	Length
Major Bending(M3)	1.	0.	1.	1.	27.15
Minor Bending(M2)	1.	0.	1.	1.	27.15

SHEAR DESIGN FOR V2,V3

	Rebar	Shear	Shear	Shear	Shear
	Av/s	Vu	phi*Vc	phi*Vs	Vp
Major Shear(V2)	0.	0.114	10.684	0.	0.
Minor Shear(V3)	0.	0.031	9.581	0.	0.

JOINT SHEAR DESIGN

	Joint Shear	Shear	Shear	Shear	Joint
	Ratio	VuTop	VuTot	phi*Vc	Area
Major Shear(V2)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Minor Shear(V3)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

(6/5) BEAM/COLUMN CAPACITY RATIOS

	Major	Minor
	Ratio	Ratio
	N/A	N/A

O/S #5 Column factored axial load exceeds Euler Force.

Figura 19. Reporte de diseño en SAP2000 - Reservorio Elevado R- 3 “Sánchez Cerro” – Sullana – Piura.

## V. DISCUSIÓN

El estudio evaluó estructuralmente al reservorio R-3 “Sánchez Cerro” del distrito y provincia de Sullana, Piura y permitió conocer las características principales sobre su diseño. La metodología aplicada en el presente estudio pudo determinar que el mismo se encuentra en buen estado de conservación, resultado similar a lo obtenido por Arias y Gustavo (2019) quien realizó una evaluación estructural a un reservorio elevado en Tacna, encontrando que el mismo cumple con las condiciones estructurales adecuadas como resistencia a la compresión del concreto, y no sobrepasa los desplazamientos máximos exigidos en la norma peruana E.030. Esto puede deberse al diseño del tanque en sí, siendo ambos (tanto el tanque evaluado en esta investigación como el evaluado por Arias y Gustavo) de tipo Intze o también llamados de péndulo invertido. Hernández (2018) en México explicó que este tipo de arquitectura influye en la respuesta sísmica de los reservorios elevados dado que induce a tener momentos de volteo mayores a los producidos en arquitecturas consideradas tradicionales.

Pese a la antigüedad que presenta el reservorio (tiene una antigüedad de 40 años), actualmente opera sin problemas y visualmente su estado de conservación es muy bueno. No se presentaron deficiencias o patologías comprometedoras en la estructura salvo algunas zonas en donde se presentó eflorescencia en el fondo cónico, precisamente donde se empalma con el anillo inferior del reservorio; a diferencia de los resultados obtenidos por Rimaycuna (2019) quien también realizó una evaluación patológica a otro reservorio elevado de concreto armado de la ciudad de Sullana: el llamado R-1 Grau, cuya capacidad es de 1000 m<sup>3</sup> y encontró gran daño causado por la suciedad, la eflorescencia y en menor medida filtraciones y fisuras.

Pese a ser reservorios ubicados en la misma ciudad, no tienen la misma tecnología estructural y difieren significativamente en su estado de conservación: Por un lado, el reservorio elevado R-3 Sánchez Cerro es un reservorio de tipo Intze mientras que por el otro lado el R-1 Grau es un reservorio tradicional, apoyado sobre marcos de vigas y columnas, inclusive hasta más antiguo (Rimaycuna, 2019). Otros resultados que difieren con los de esta investigación son los hallados por Cortez (2019) quien estudió el reservorio elevado de agua

R-13 “Parque Infantil” de la ciudad de Piura; un reservorio de tipo marco con una antigüedad mayor a los 40 años y el cual en el momento de la inspección presentó diferentes tipos de patologías como humedad, erosión, fisuras, grietas siendo la suciedad la patología que abarcaba un poco más de un cuarto de toda el área afectada, concluyendo un moderado estado de severidad. Así mismo Chilon (2019) encontró que el Reservorio elevado N°17 de 1000 m<sup>3</sup> ubicado en el Centro Poblado Monte Sullón del distrito de Catacaos, Piura, presenta eflorescencia en aproximadamente un quinto del área afectada, y la cúpula del reservorio presenta alto riesgo dado que el nivel de severidad evaluado fue grave.

La tecnología de estructuración no es condicionante del estado de conservación, y esto lo comprueban Torres y Montalván (2018) quienes estudiaron dos reservorios elevados con soporte tipo marco en Caballococha y concluyeron un desempeño sísmico bueno, una excelente condición, sin embargo Hernández, Arce, y Huergo (2017) mencionaron que los reservorios contruidos en la tecnología de “tipo marco”, compuesto por vigas y columnas ya no se deberían emplear, dado que tienen un comportamiento sísmico problemático lo que pone en gran riesgo a la estructura. La diferencia del estado de conservación de los reservorios se debe a la falta de mantenimiento, el cual es un factor que influye en el estado de conservación de los reservorios, por lo que es aconsejable seguir un mantenimiento rutinario a los reservorios de la ciudad.

De los estudios de campo realizados para este estudio, se obtuvo una resistencia a la compresión promedio de 322.50 kg/cm<sup>2</sup>, valor que se obtuvo de los ensayos de esclerometría; y de manera individual (o sea por elemento estructural), el valor de resistencia de concreto más bajo reportado fue 280kg/cm<sup>2</sup>. Este valor cumple con la resistencia estructural mínima establecida en la norma vigente E.060 Concreto Armado y con aquella que mandaron los planos estructurales del reservorio elevado. Este método también fue empleado en investigaciones como las realizadas por Arias y Gustavo (2019) quienes evaluaron el Reservorio R-15 de la ciudad de Tacna realizando ensayos no destructivos y encontrando que el reservorio evaluado cumple con las condiciones estructurales adecuadas como resistencia a la compresión del

concreto, y no sobrepasa los desplazamientos máximos exigidos en la norma peruana E.030. Resultados diferentes obtuvo Campos (2018) quien también empleó ensayos de esclerometría en la evaluación estructural realizada a un reservorio apoyado en Chota, Cajamarca, y encontró que la resistencia a la compresión del concreto actual, no cumple con la resistencia de diseño siendo significativamente inferior.

Del análisis estructural realizado al reservorio R-3 Sánchez Cerro, se evidenció que los únicos elementos estructurales que sufrirían daño ante un eventual sismo serían las nervaduras verticales. Mediante el chequeo de diseño del software SAP2000 v22 se pudo comprobar que las cargas aplicadas sobrepasan la capacidad de resistencia de estos elementos. Resultados similares obtuvieron Meniz y Diaz (2019) quienes evaluaron reservorios apoyados de concreto armado en Lima Metropolitana hallando que estos presentan serias deficiencias estructurales que comprometen su funcionalidad y no se acoplan a las exigencias de diseño sismorresistente requeridas en la actualidad. Es importante evaluar una alternativa técnica de reforzamiento de la estructura. Esta solución sería a corto plazo, mientras que la reconstrucción del reservorio es la alternativa a largo plazo.

## VI. CONCLUSIONES

1. De la inspección de campo, se concluyó que el reservorio tiene una antigüedad de 40 años, actualmente se encuentra en funcionamiento, y su estado de conservación es bueno. Entre las patologías halladas en la estructura se encontró eflorescencia en el fondo cónico en un grado de severidad leve. No presentó fisuras, ni grietas, ni otro tipo de daño comprometedor. Las dimensiones del fuste con diámetro interno de 9.00m, una altura de 27.15m, y espesor de 0.35 m. Por otra parte, la cuba tiene un diámetro interno de 20.40 m, una altura de 7.00, y espesor de 0.35 m
2. De los estudios de campo, se concluyó que la resistencia a la compresión promedio obtenida de los ensayos de esclerometría fue de 322.50 kg/cm<sup>2</sup>, y de manera individual la menor resistencia fue de 280 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica que el reservorio elevado cumple con la resistencia mínima requerido por la norma E.060 Concreto Armado y también cumple con la resistencia a la compresión establecida en los planos estructurales del reservorio otorgados por la entidad EPS Grau.
3. Del análisis estructural, se concluyó que los únicos elementos estructurales que sufrirían daño ante un eventual sismo serían las nervaduras verticales. Mediante el chequeo de diseño del software SAP2000 v22 se pudo comprobar que las cargas aplicadas sobrepasan la capacidad de resistencia de estos elementos.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Para la eflorescencia encontrada en el anillo inferior y en el fondo cónico y esférico, se recomienda limpiar con agua a presión y cepillar en las zonas en las que se presenta.
2. Dado que la resistencia a la compresión del reservorio obtenida mediante ensayos de esclerometría es muy buena y cumple con lo mínimo estipulado en el reglamento nacional de edificaciones, se recomienda de todas maneras realizar un estudio más profundo aplicando ensayos de diamantina y carbonatación. Además, es necesario mantener en óptimas condiciones a la estructura y realizar evaluaciones estructurales de manera periódica.
3. Con respecto a las nervaduras, si bien es cierto el reservorio tiene hasta la fecha 40 años de antigüedad, este aún se conserva muy bien. La alternativa a corto plazo para evitar el deterioro del reservorio ante un evento sísmico sería el reforzamiento estructural en las nervaduras y la alternativa de reconstrucción y ampliación del reservorio sería la solución a largo plazo, por lo que se recomienda a las autoridades competentes tomar las medidas preventivas correspondientes para evitar daños severos ante un evento sísmico.

## REFERENCIAS

1. Agüero, R. (1997). *Agua Potable para Poblaciones Rurales*. Lima, Perú: Asociacion Servicios Educativos Rurales SER.
2. American Concrete Institute. (2009). *Guide for the Analysis, design, and Construction of Elevated Concrete and Composite Steel-Concrete Water Storage Tanks*. United States of America.
3. American Society of Civil Engineers. (2017). *Seismic Evaluation and Retrofit of Existing Buildings*. <https://doi.org/10.1061/9780784414859>
4. Arias, C., & Castañeda, G. (2019). *Evaluación estructural del Reservorio R-15 de la ciudad de Tacna para determinar su vulnerabilidad sísmica*. (Tesis de pregrado. Universidad Privada de Tacna). <http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/1154/1/Arias-Lopez-Casta%C3%B1eda-Flores.pdf>
5. Baldissera, R., & Palomino, J. (2020). Coupling SAP 2000 with ABC algorithm for truss optimization. *DYNA*. <https://www.redalyc.org/journal/496/49663642013/49663642013.pdf>
6. Bejarano, A., & Daza. (2017). *Diagnóstico de las patologías físicas, químicas y mecánicas presentes en los puentes peatonales de la localidad de Engativá en Bogotá D.C.* [Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia]. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15212/1/DIAGN%C3%93STICO%20DE%20LAS%20PATOLOG%C3%8DAS%20F%C3%8DSICAS%2C%20QU%C3%8DMICAS%20Y%20MEC%C3%81NICAS%20PRESENTE%20EN%20LOS%20PUENTES%20PEATONALES%20DE%20LA%20LOCALIDAD%20DE%20ENGATIV%C3%81%20EN%20BOGOT%C3%81%20D.C.pdf>
7. Broto, C. (2005). *Enciclopedia Broto de patologías de la construcción*. [https://www.academia.edu/34656373/Enciclopedia\\_broto\\_de\\_patologias\\_de\\_la\\_construccion\\_Unlocked\\_by\\_www\\_freemypdf\\_com\\_1\\_](https://www.academia.edu/34656373/Enciclopedia_broto_de_patologias_de_la_construccion_Unlocked_by_www_freemypdf_com_1_)
8. Campos, E. (2018). *Evaluación estructural de Reservorio Apoyado de c° a° de Sección Circular (20 m3) Sector 1 del C.P. Cabracancha – Chota*. (Tesis de grado, Universidad Privada del Altiplano de Tacna)

- de pregrado. Universidad Nacional de Cajamarca).  
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1992>
9. Carrasco, S. (2005). *Metodología de la investigación científica* (1ra ed.). Editorial San Marcos.
  10. Chilón, C. (2019). *Determinación y evaluación de las patologías del concreto armado del tanque elevado de agua potable n° 17 de 1000 m<sup>3</sup>, ubicado en el Centro Poblado Monte Sullón, distrito de Catacaos, provincia y región Piura, febrero 2019.* (Tesis de pregrado. Universidad Católica Los Angeles de Chimbote).  
<http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/11165?show=full>
  11. Comisión Nacional del Agua. (2007). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Diseño, construcción y operación de tanques de regulación para abastecimiento de agua potable.* México: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.  
<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros/13DisenoConstruccionyOperacionDeTanquesDeRegulacion.pdf>
  12. CONCYTEC. (2018). *Reglamento de calificación, clasificación y registro de los investigadores del SINACYT.* Recuperado el 20 de setiembre de 2020, de <https://portal.concytec.gob.pe>
  13. Cortes, J. (2019). *Determinación y evaluación de las patologías del concreto armado del tanque elevado de agua potable de 1500 m<sup>3</sup> del parque infantil Miguel Cortès, en el distrito de Piura, provincia y región Piura, marzo – 2018.* (Tesis de pregrado. Universidad Católica los Angeles de Chimbote).  
<http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/8158>
  14. Díaz, A. (2021). *Construcción informal y vulnerabilidad sísmica en viviendas de albañilería confinada del A.H. 4 de Noviembre, Sullana 2020.* (Tesis de pregrado. Universidad Cesar Vallejo).
  15. Dueñas, F. (2020). Evaluación Estructural de acuerdo con las Normas NEC Y FEMA de la Estación de Bomberos del Cantón Jama Provincia de Manahí, Ecuador. *Polo del conocimiento.* doi:10.23857/pc.v5i01.1229

16. El Comercio. (20 de julio de 2020). Los sismos más devastadores que ocurrieron en el Perú en los últimos años. *El Comercio*. <https://elcomercio.pe/peru/sismos-los-sismos-mas-devastadores-que-ocurrieron-en-peru-en-los-ultimos-anos-fotos-noticia/>
17. Espada, S., & Mego, A. (2020). *Procedimiento para una evaluación estructural en una vivienda de concreto armado*. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. [https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18371/QUEVEDO%20RIVERA\\_BARRETO%20MAURICIO\\_MEGO%20FARIAS\\_%C3%91AUPARI%20DIAZ\\_ESPADA%20CHILIN\\_PROCEDIMIENTO\\_EVALUACION\\_ESTRUCTURAL.pdf?sequence=1](https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18371/QUEVEDO%20RIVERA_BARRETO%20MAURICIO_MEGO%20FARIAS_%C3%91AUPARI%20DIAZ_ESPADA%20CHILIN_PROCEDIMIENTO_EVALUACION_ESTRUCTURAL.pdf?sequence=1)
18. Hernandez, H. (2018). Respuesta sísmica de tanques elevados tipo péndulo invertido. *Ingeniería Sísmica*(99), 1-22. <http://www.scielo.org.mx/pdf/ris/n99/0185-092X-ris-99-1.pdf>
19. Hernandez, H., Arce, C., & Huergo, I. (2017). Comportamiento sísmico de un tanque elevado con alto grado de agrietamiento. *VIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*. [https://www.researchgate.net/publication/322694738\\_Comportamiento\\_sismico\\_de\\_un\\_tanque\\_elevado\\_con\\_alto\\_grado\\_de\\_agrietamiento](https://www.researchgate.net/publication/322694738_Comportamiento_sismico_de_un_tanque_elevado_con_alto_grado_de_agrietamiento)
20. Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ta ed.). México: McGraw-Hill.
21. IGP. (2021). *Sismo de magnitud 6.1 sacude a la ciudad de Sullana*. Centro Sismológico Nacional del Instituto Geofísico del Perú. <https://andina.pe/agencia/noticia-piura-fuerte-sismo-magnitud-61-se-registra-sullana-855646.aspx>
22. Jedidi, M., & Machta, K. (2014). Destructive and Non-destructive Testing of Concrete Structures. *Jordan Journal of Civil Engineering*. <https://core.ac.uk/download/pdf/234698768.pdf>
23. Lopez, F. (2004). *Manual de Patología de la Edificación*. Madrid: Escuela Técnica Superior Edcación Universidad Politécnica de Madrid. [http://www.asturcons.org/docsnormativa/5891\\_1522.pdf](http://www.asturcons.org/docsnormativa/5891_1522.pdf)

24. Malek, J., & Omrane, B. (2018). Chemical Causes of Concrete Degradation. *MOJ Civil Engineering*.  
[https://www.researchgate.net/publication/323072065\\_Chemical\\_Causes\\_of\\_Concrete\\_Degradation](https://www.researchgate.net/publication/323072065_Chemical_Causes_of_Concrete_Degradation)
25. Martinez, H. (2019). *Evaluación del comportamiento sísmico de un reservorio elevado de concreto armado de cuba de sección circular y rectangular, aplicando la normativa norteamericana -Tacna 2019*. (Tesis de pregrado. Universidad Privada de Tacna).  
<http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/830/1/Martinez-Cahui-Henry.pdf>
26. Meniz, B., & Diaz, A. (2019). *Evaluación estructural de reservorios apoyados de concreto armado en Lima Metropolitana considerando la norma ACI 350-06 y las normativas peruanas*. (Tesis de pregrado. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas). <http://hdl.handle.net/10757/626005>
27. Ministerio de Transportes. (2013). *Manual de Carreteras: Suelos geología, geotécnia y pavimentos*. Lima.  
[http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4515.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf)
28. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2017). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Gobierno del Perú.  
<https://ww3.vivienda.gob.pe/ejes/vivienda-y-urbanismo/documentos/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf>
29. Nuñez, L. (2013). *Desempeño sísmico de reservorios elevados con soporte tipo marco en Ica*. Recuperado el 4 de agosto de 2021, de <http://bdig.iie.org.mx/BibDig2/P16-0002/Tema%20VII/90C-WNE-DESEMPENO.pdf>
30. Olukole, A., Oji, A., & Olatunde, K. (2016). geotechnical Characterization of Soil, a Tool in Determining The Suitability of Soil for Construction Purpose, A Case Study of Federal Polytechnic Ede, Osun State, Southwestern Nigeria. *International Journal of Sciences, Engineering & Environmental*.  
 10.13140/RG.2.2.32792.96008
31. Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guías para el diseño de reservorios elevados de agua potable*. Area de Desarrollo Sostenible y Salud

Ambiental.

[https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/OPS%202005c%20Revervorios%20elevados.pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS%202005c%20Revervorios%20elevados.pdf)

32. Restrepo, C., & Hernandez, A. (2017). Comportamiento sísmico de tanques tipo para distribución de agua potable. *Jóvenes en la Ciencia*, 2082. <http://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/download/1810/1314/5943>
33. Rimaycuna, E. (2019). *Determinación y evaluación de las patologías de concreto armado del reservorio elevado r-1 Grau, avenida Miguel Grau, capacidad de 1000 m3, Sullana, Piura, Octubre – 2018*. (Tesis de pregrado. Universidad Católica Los Angeles De Chimbote). <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/8931>
34. Rodriguez, E. (2018). *Representación gráfica de estructuras*. Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño de la Universidad Nacional de Córdoba. <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/15080/Representacion%20grafica%20de%20estructuras%20B%26N%202019.pdf>
35. Sanchez de Guzman, D. (2011). *Durabilidad y patología del concreto* (2da ed.). ASOCRETO.
36. Skotny, L. (2019). *The difference between static and dynamic analysis*. [Blog]. [https://enterfea.com/difference-between-static-and-dynamic-analysis/#:~:text=The%20main%20difference%20between%20static,\(which%20happen%20in%20time\).](https://enterfea.com/difference-between-static-and-dynamic-analysis/#:~:text=The%20main%20difference%20between%20static,(which%20happen%20in%20time).)
37. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. (2004). *Análisis de la calidad del agua potable en las empresas prestadoras del Perú: 1995-2003*. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. <https://www.sunass.gob.pe/wp-content/uploads/2020/09/Jica-2003.pdf>
38. Torres, D., & Montalván, D. (2018). *Evaluación por desempeño sísmico del comportamiento estructural de dos reservorios elevados con soporte tipo marco, Caballococha 2018*. (Tesis de pregrado. Universidad Científica del Perú). <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/485>

39. Udoeyo, F. (2020). *Structural Analysis*.  
[https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Civil\\_Engineering/Book%3A\\_Structural\\_Analysis\\_\(Udoeyo\)](https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Civil_Engineering/Book%3A_Structural_Analysis_(Udoeyo))
40. Universidad Cesar Vallejo. (2017). *Código de ética en investigación*. Trujillo.  
<https://www.ucv.edu.pe/datafiles/C%C3%93DIGO%20DE%20%C3%89TICA.pdf>

# ANEXOS

## ANEXO 1

### DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD



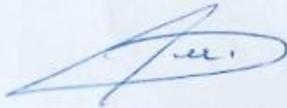
#### Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, Paredes Sánchez, Luis Alberto, egresado de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y Escuela Profesional Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Sede Piura, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación/Tesis titulado: "Evaluación estructural del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" de la provincia de Sullana, Piura, 2021". Es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el Trabajo de Investigación/Tesis:

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

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

Piura, 17 de octubre del 2021.

Paredes Sánchez, Luis Alberto	
DNI: 80617778	Firma 
ORCID: 0000-0002-7068-0633	

## ANEXO 2

### DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD (ASESOR)

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
--	---	---

Yo, Dr. Ing. Atilio Rubén Lopez Carranza, docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Campus Piura revisor de la tesis titulada:

"Evaluación estructural del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" de la provincia de Sullana, Piura, 2021" del estudiante:  
Paredes Sánchez, Luis Alberto

Constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

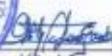
El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha: Piura, 17 de octubre del 2021

.....  
Firma

Dr. Ing. Atilio Rubén Lopez Carranza

DNI: 32965940

 DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN PERÚ	 Dirección de Investigación	Revisó	 Responsable del SOC	 VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN CONTROL	 Vicerectorado de Investigación
---	---	--------	--	---	---

### ANEXO 3

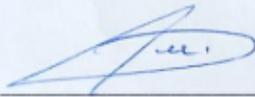
## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-03-2019 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo Paredes Sánchez, Luis Alberto, identificado con DNI N° 80617778, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (X) , No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Evaluación estructural del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" de la provincia de Sullana, Piura, 2021"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

  
FIRMA

DNI: 80617778

FECHA: 17 de octubre del 2021

 Elaboró	 Dirección de Investigación	Revisó	 Responsable del SGC	 VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN
--	---	--------	--	---

## ANEXO 4

### MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
V1: Evaluación estructural	<p>Evaluación estructural, es una serie de procesos que tienen como finalidad dar a conocer las condiciones estructurales actuales que presenta una determinada edificación. (Dueñas, 2020)</p>	<p>Esta variable se operacionaliza de acuerdo a: inspección de campo, estudios de campo y análisis estructural</p>	<p>Inspección Ocular. Estudios de campo. Análisis estructural.</p>	<p><b>Inspección Ocular:</b> Patologías físicas Patologías Químicas Patologías Mecánicas</p> <p><b>Estudios de campo:</b> Resistencia al concreto con Esclerometria</p> <p><b>Analisis estructural:</b> Chequeo de diseño</p>

## ANEXO 5. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	POBLACION	MUESTRA	TÉCNICA	INSTRUMENTOS
GENERAL:	GENERAL	GENERAL					
¿Cómo será la <b>evaluación estructural</b> del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" de la provincia de Sullana, 2021?	Determinar la <b>evaluación estructural</b> del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" de la provincia de Sullana, 2021	La <b>evaluación estructural</b> del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" evidenciaría un estado estructural actual malo.	V1: Evaluación estructural	Esta abarca a todo el reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" de la provincia de Sullana. Incluye la totalidad de los elementos estructurales.	Se trabajó una muestra no probabilística e intencional. Se efectuarán los ensayos de esclerometría en elementos como el fuste, escaleras de acceso, puente interior, muros de la cuba y techado.	Técnica de la observación	Ficha de Recolección de datos
ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	ESPECIFICA					
¿Cómo será la Inspección Ocular del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" de la provincia de Sullana, 2021?	Realizar la Inspección de campo del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" de la provincia de Sullana, 2021	La Inspección de campo del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" evidenciaría presencia de patologías físicas, mecánicas y químicas.					
¿Cómo serán los ensayos de campo (esclerometría) del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" de la provincia de Sullana, 2021?	Realizar los estudios de campo del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" de la provincia de Sullana, 2021	Los estudios de campo del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" permitirían conocer la resistencia del concreto					
¿Cómo será el Análisis estructural del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" de la provincia de Sullana, 2021?	Realizar el Análisis estructural del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" de la provincia de Sullana, 2021	El Análisis estructural del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" permitiría conocer el comportamiento estático y dinámico					

ANEXO 6.

INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS - FICHA DE INSPECCION DE CAMPO



FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS - EVALUACIÓN PATOLÓGICA

PROYECTO: Evaluación estructural del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" de la provincia de Sullana, Piura, 2021  
 AUTORES: Bach. Paredes Sánchez, Luis Alberto  
 ASESOR: Dr. López Carranza, Atilio Rubén

UNIDAD DE MUESTRA N°1										
INSPECTOR:	Paredes Sánchez, Luis Alberto				ELEMENTO EVALUADO:	Reservorio elevado				
UBICACION:	Sullana - Sullana - Piura				ANTIGÜEDAD :	40 años				
FECHA EVALUACION:					TRAMO:	FUSTE Y CUBA				
TIPOS DE PATOLOGIA					FOTOGRAFIA					
Física(F)		Mecánica(M)			Química(Q)					
1.- HUMEDAD		4.- DEFORMACIONES			10.- EFLORESCENCIAS					
2.- SUCIEDAD		5.- GRIETAS			11.- OXIDACIONES Y					
3.- EROSIÓN FISICA		6.- FISURAS			CORROSIONES					
		7.- DESPRENDIMIENTOS			12.- EROSIÓN QUÍMICA					
		8.- DESINTEGRACIÓN								
		9.- EROSIÓN MECÁNICA								
NIVEL DE SEVERIDAD										
LEVE			MODERADO			SEVERO				
ELEMENTOS ESTRUCTURALES	MUIROS		ANILLOS INFERIORES		FONDO CONICO		FONDO ESFÉRICO			
	AREA (m²)		AREA (m²)		AREA (m²)		AREA (m²)			
	23.39		11.31		63.62		296.06			
PATOLOGIAS IDENTIFICADAS EN UNIDAD DE MUESTRA										
PATOLOGIAS	MUIROS		ANILLOS INFERIORES		FONDO CONICO		FONDO ESFÉRICO			
	AREA AFECTADA		AREA AFECTADA		AREA AFECTADA		AREA AFECTADA			
	(m²)	%	(m²)	%	(m²)	%	(m²)	%		
10			0.22	100.00%	2.40	100.00%	1.20	100.00%		
TOTAL			0.22	100%	2.40	100%	1.20	100%		
NIVEL DE SEVERIDAD			Leve		Leve		Leve			
RESUMEN DE LA UNIDAD DE MUESTRA										
AREA TOTAL (m²)	MUIROS		ANILLOS INFERIORES		FONDO CONICO		FONDO ESFÉRICO			
	AREA AFECTADA		AREA AFECTADA		AREA AFECTADA		AREA AFECTADA			
	(m²)	%	(m²)	%	(m²)	%	(m²)	%		
	0.00	0.00%	0.22	1.95%	2.40	3.77%	1.20	0.41%		
AREA AFECTADA TOTAL		AREA NO AFECTADA TOTAL		GRADO DE AFECTACION						
(m²)	%	(m²)	%	MUIROS		ANILLOS INFERIORES		FONDO ESFÉRICO		
3.82	0.97%	390.56	99.03%	-		Leve		Leve		
				FONDO CONICO		Leve		Leve		
				FONDO ESFÉRICO		Leve		Leve		

## ANEXO 7.

### INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS – ESTUDIO DE CAMPO



ESCLERÓMETRO MODELO ZC3-A CONCRETE TEST HAMMER (INCLUYE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN)

## ANEXO 8.

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN - ESCLERÓMETRO

DHR INGENIERÍA EIRL  
RUC: 20603721846  
-EVALUACIONES ESTRUCTURALES NO INVASIVAS  
- CALIBRACIONES  
<http://dhringenieria.wixsite.com/ingenieriacivil>



#### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

N° de Certificado de calibración: CC-0921006

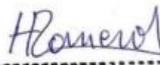
Fecha de emisión: 20 de septiembre del 2021

Descripción	: Esclerómetro analógico
Marca/ modelo	: ZC3-A
Número de serie	: HT20020
Patrón usado	: Yunque de calibración
Marca	: PyS
Número de serie	: 14736
Fecha de calibración	: 20/09/21
Lugar de calibración	: DHR Ingeniería EIRL Ca. Domingo Nieto 3751 SMP, Lima-Perú
Condiciones ambientales	: 20.1 °C

Normas de referencia:

- ASTM C805
- NTP 339.181:2013 - 2° Edición

  
-----  
DHR INGENIERÍA  
R.U.C. 20603721846  
CONSULTORÍA - NDT - CALIBRACIONES

  
-----  
HENRY ROOSVELT  
HUACAYCHUCO ROMERO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 218876

DHR INGENIERÍA EIRL  
RUC: 20603721846  
-EVALUACIONES ESTRUCTURALES NO INVASIVAS  
- CALIBRACIONES  
<http://dhringenieria.wixsite.com/ingenieriacivil>



Resultados:

NS: HT20020	20/09/2021
Item	Índice de rebote
1	80.0
2	80.0
3	79.0
4	80.0
5	80.0
6	80.0
7	80.5
8	81.0
9	80.0
10	81.0
11	79.5
12	80.0
13	80.0
14	79.0
15	80.0
16	79.0
<b>Promedio</b>	<b>79.94</b>

Factor de corrección (FC):

$$FC = \frac{\text{Valor de calibración del yunque de prueba}}{\text{Promedio de los 16 impactos sobre el yunque}} = \frac{80}{79.94} \cong 1$$

Observaciones:

1. El equipo calibrado muestra valores concordantes con los requeridos en el yunque de calibración  $80 \pm 2$  Mpa
2. Los resultados obtenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones, el usuario es responsable de la calibración de sus instrumentos en intervalos apropiados.

Hecho por : Ing. Civil Henry Huacaychuco Romero  
Cip. : 216876

.....  
DHR INGENIERÍA  
R.U.G. 20603721846  
CONSULTORÍA - NDT - CALIBRACIONES

  
-----  
HENRY ROOSVELT  
HUACAYCHUCO ROMERO  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP Nº 216876

## ANEXO 9. INFORME DE ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA



**R & G CONSTRUCCIONES SOL PERU SAC.**  
**R.U.C: 20526508280**  
**ESTUDIOS CONSTRUCCION CONSULTORIA EDIFICACIONES**  
**CELULAR: 941993906**  
**DIRECCION: CALLE LOS CANTAROS MZ "G" LOTE "03"**  
**SECTOR "C" URBANIZACION NUEVA SULLANA-SULLANA**  
**E-MAIL: [suelospav\\_ramirez@hotmail.com](mailto:suelospav_ramirez@hotmail.com)**



### "INFORME DE ENSAYO DE ESCLEROMETRIA DEL ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA DEL RESERVORIO R3 SANCHEZ CERRO SULLANA"

#### PROYECTO: "EVALUACION ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO ELEVADO DE CONCRETO ARMADO R3 SANCHEZ CERRO DE LA PROVINCIA DE SULLANA, PIURA 2021"

##### 1.- ANTECEDENTES

El proyecto **EVALUACION ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO ELEVADO DE CONCRETO ARMADO R3 SANCHEZ CERRO DE LA PROVINCIA DE SULLANA , PIURA 2021**, para optar el título de ingeniero civil, estudió el reservorio elevado de C.A. R3 donde se ha realizado la verificación de ensayo de esclerometría norma ASTM C-805 – NTP 339.181 se encuentra en buen estado. Así mismo la infraestructura tiene una antigüedad de (40 años) y ha soportado varios movimientos sísmicos y no presenta fisuras ni grietas. se concluye que el reservorio se encuentra operativo desde la fecha de construcción.

El presente informe fue solicitado por el **Bach. Luis Alberto Paredes Sánchez.**

##### 2.- UBICACIÓN POLÍTICA

La zona del proyecto se encuentra Ubicada en:

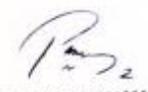
LOCALIDAD : SANCHEZ CERRO  
DISTRITO : SULLANA  
PROVINCIA : SULLANA  
DEPARTAMENTO : PIURA

##### 3.- UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La zona del proyecto se encuentra Ubicada en:

COORDENADA NORTE : 9457107,964623  
COORDENADA ESTE : 533962,291502948  
ALTURA PROMEDIO : 66.5 m.s.n.m

  
Luis E. Ramirez Espinosa  
TEC. LABORATORIO DE SUELOS  
(PAVIMENTOS)

  
Juan B. Rivera Vargas  
ING° CIVIL  
CIP 60338



**R & G CONSTRUCCIONES SOL PERU SAC.**  
**R.U.C: 20526508280**  
**ESTUDIOS CONSTRUCCION CONSULTORIA EDIFICACIONES**  
**CELULAR: 941993906**  
**DIRECCION: CALLE LOS CANTAROS MZ "G" LOTE "03"**  
**SECTOR "C" URBANIZACION NUEVA SULLANA-SULLANA**  
**E-MAIL: [suelospav\\_ramirez@hotmail.com](mailto:suelospav_ramirez@hotmail.com)**



**Gráfico 1: Ubicación del Reservoirio R3 Sánchez Cerro Sullana**

**4.- VÍAS DE ACCESO**

La vía de comunicación para acceder a la provincia de Sullana es la carretera Asfaltada Piura – Sullana, se presenta a continuación los accesos, distancias y tiempo de recorrido para llegar a la provincia de Sullana.

**CARRETERA: 1B ASFALTADA**  
**DISTANCIA: 38.0 KM**  
**TIEMPO RECORRIDO: 30 Min.**

  
 .....  
**Luis E. Ramirez Espinosa**  
**TDC. LABORATORIO DE SUELOS**  
**(PAVIMENTOS)**

  
 .....  
**Juan B. Rivera Vargas**  
**ING° CIVIL**  
**CIP 60838**



**R & G CONSTRUCCIONES SOL PERU SAC.**  
**R.U.C: 20526508280**  
**ESTUDIOS CONSTRUCCION CONSULTORIA EDIFICACIONES**  
**CELULAR: 941993906**  
**DIRECCION: CALLE LOS CANTAROS MZ "G" LOTE "03"**  
**SECTOR "C" URBANIZACION NUEVA SULLANA-SULLANA**  
**E-MAIL: [suelospav\\_ramirez@hotmail.com](mailto:suelospav_ramirez@hotmail.com)**



#### 5.- CLIMA:

La Ciudad de Piura tiene un clima árido y cálido con ausencia de lluvias en la mayor parte del año, tiene una temperatura media máxima de 31. 2º C y una mínima de 17. 7º C

En los años en que se presenta el fenómeno del Niño hay precipitaciones especialmente entre los meses de diciembre y junio

La presencia de Fenómeno el Niño de igual manera cumple un papel modificado del medio ambiente regional, observándose la presencia de suelos delgados y pobres en materias orgánica con tendencias a la erosión, salinización y agotamiento. El agua es escasa, con uso restringido en tecnología inadecuada de almacenamiento y en lo referente a la vegetación se nota una modificaron del desierto costero y hierbas silvestres que se acentúa mucho más con las lluvias estacionales

#### 6.- GEOLOGIA Y SISMICIDAD DEL AREA EN ESTUDIO

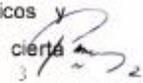
##### 6.1.- Geología:

Geológicamente el área de estudio, se encuentra en una zona cubierta por depósitos eólicos, constituidos por arena de grano medio y fino de edad cuaternario Reciente, Infrayaciendo a los depósitos eólicos se encuentran materiales de origen aluvial de la Cuenca del Río Piura, constituidos por arenas de grano medio a grueso, intercalados con arcillas comunes, poco plásticas y en algunos sectores materiales arcillosos de origen marino. Así mismo existen rocas de edad Terciaria correspondientes a la Formación Zapallal, representado por intercalaciones de areniscas y argilitas con restos de agregados calcáreos.

##### 6.2.- Características Geomorfológicas:

Los rasgos geomorfológicos del Departamento de Piura presentan geografías típicas de la costa con rasgos geomorfológicos tales como planicies semidesérticas, frías y húmedas. La evolución geomorfológica se encuentra ligada a fenómenos tectónicos y denudatorios regionales, ocurridos en el basamento, que en cierta

  
.....  
**Luis E. Ramirez Espinosa**  
**TEC. LABORATORIO DE SUELOS**  
**PAVIMENTOS**

  
.....  
**Juan B. Rivera Vargas**  
**ING° CIVIL**  
**CIP 60838**



**R & G CONSTRUCCIONES SOL PERU SAC.**  
**R.U.C: 20526508280**  
**ESTUDIOS CONSTRUCCION CONSULTORIA EDIFICACIONES**  
**CELULAR: 941993906**  
**DIRECCION: CALLE LOS CANTAROS MZ "G" LOTE "03"**  
**SECTOR "C" URBANIZACION NUEVA SULLANA-SULLANA**  
**E-MAIL: [suelospav\\_ramirez@hotmail.com](mailto:suelospav_ramirez@hotmail.com)**



forma se manifiestan en las rocas cretáceas y terciarias, por reactivación de fallamientos; también han influido los cambios climáticos, la acción eólica y la precipitación pluvial. El desarrollo morfo-tectónico del nor – oeste del Perú, se caracterizó, por los movimientos tafrogénicos, cuyos elementos tectónicos mayores son la cordillera de la costa y la cordillera occidental donde se distinguen las siguientes unidades geomorfológicas.

### 6.3.- Geodinámica Externa:

Los procesos de geodinámico, que afectan la zona de estudio están relacionados con el Fenómeno de El Niño (1925 – 1983, 1993, 1998) y los sismos (1953 – 1970) específicamente.

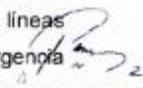
Las características geodinámicos de Piura son:

- Topografía plana que en épocas de fuertes precipitaciones pluviales dan formación de cárcavas y la ocurrencia de lagunamientos que pueden afectar las estructuras del pavimento y cimentaciones.
- Tipo de suelos arenosos predominante, en épocas de avenidas, la velocidad de erosión aumenta considerablemente, poniendo en riesgo la seguridad de las estructuras para lo cual es necesario tomar las precauciones del caso.
- No se encontró Presencia de la Napa Freática superficial.

### 6.4.- Sismicidad:

El sector del Nor-Oeste del Perú se caracteriza por su actividad Geotectónica muy tenue, particularidad de la conformación geológica de la zona; sin embargo, los Tablazos marinos demuestran considerables movimientos radiales durante el Pleistoceno, donde cada tablazo está íntimamente relacionado a levantamiento de líneas litorales, proceso que aún continúa en la actualidad por emergencia

  
.....  
**Luis E. Ramirez Espinosa**  
**TEC. LABORATORIO DE SUELOS**  
**PAVIMENTOS**

  
.....  
**Juan B. Rivera Vargas**  
**ING° CIVIL**  
**CIP 60838**



**R & G CONSTRUCCIONES SOL PERU SAC.**  
**R.U.C: 20526508280**  
**ESTUDIOS CONSTRUCCION CONSULTORIA EDIFICACIONES**  
**CELULAR: 941993906**  
**DIRECCION: CALLE LOS CANTAROS MZ "G" LOTE "03"**  
**SECTOR "C" URBANIZACION NUEVA SULLANA-SULLANA**  
**E-MAIL: [suelospav\\_ramirez@hotmail.com](mailto:suelospav_ramirez@hotmail.com)**



de costas. Debido a la influencia de las placas tectónicas de Cocos y Nazca, ambas que ejercen un empuje hacia el Continente, a la presencia de las Dorsales de Grijalva y Sarmiento, a la presencia de la Falla activa de Huaypirá se pueden producir sismos de gran magnitud como se observa en el siguiente cuadro:

Sismos Históricos (MR >7.2) de la región.

## 7.- DESCRIPCION DE INFRAESTRUCTURA

El tipo de material de la infraestructura, así como su antigüedad se detalla a continuación:

TIPO	TIEMPO DE CONSTRUCCION	ESTADO
RESERVORIO ELEVADO R3 SANCHEZ CERRO CAPACIDAD 3000 mts.3	(aprox. 40 años), no se tiene data	Se Encuentra operativo 30 Años en buen estado

## 8.- NORMA VIGENTE

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES

CAPITULO 2

DEFINICIONES Y NOMENCLATURA

Artículo 9.- CONCRETO

El concreto de los elementos de confinamiento tendrá una resistencia a la compresión mayor o igual a 17,15 MPa (175 kg/cm<sup>2</sup>) y deberá cumplir con los requisitos establecidos en la Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado.

  
.....  
**Luis E. Ramirez Espinosa**  
TEC. LABORATORIO DE SUELOS  
(PAVIMENTOS)

  
.....  
**Juan B. Rivera Vargas**  
ING° CIVIL  
CIP 60838



**R & G CONSTRUCCIONES SOL PERU SAC.**  
**R.U.C: 20526508280**  
**ESTUDIOS CONSTRUCCION CONSULTORIA EDIFICACIONES**  
**CELULAR: 941993906**  
**DIRECCION: CALLE LOS CANTAROS MZ "G" LOTE "03"**  
**SECTOR "C" URBANIZACION NUEVA SULLANA-SULLANA**  
**E-MAIL: [suelospav\\_ramirez@hotmail.com](mailto:suelospav_ramirez@hotmail.com)**



#### 9.- PROCEDIMIENTO PARA ENSAYO DE ESCLEROMETRIA

- a.- Determinar los elementos con mayor carga (verticales).
- b.- Determinar ubicación de los puntos a tomar.
- c.- Determinar factibilidad del ensayo de esclerometria.
- d.- Ensayo de esclerometria para determinar su capacidad de resistencia.

#### 10.- CUADRO N° 01 RESULTADOS DE ESCLEROMETRIA

**CUADRO N°01 RESULTADOS DE ESCLEROMETRIA**

UBICACION	DETALLE	PROM. DISPAROS	RESISTENCIA (kg/cm2)
CUBA DE PARED CIRCULAR	M-1	39.5	340
	M-2	38.6	
PARTE INFERIOR DE LA VIGA QUE SOPORTA LA CUBA	M-3	31.7	290
	M-4	40.3	
CHIMENEA DE ACCESO (CUBA)	M-5	35.8	280
FUSTE DE RESERVORIO R3	M-6	42.8	380

#### 11.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

##### 11.1.- CONCLUSIONES

- El Reservorio R3 de Sánchez Cerro Sullana con una antigüedad mayor a 40 años, ya han cumplido su vida útil y se encuentran en estado bueno.
- Se ha llegado a la conclusión con esta verificación de ensayo de esclerometria norma ASTM C-805 – NTP 339.181 en la estructura Cuba de la pared circular se encuentra con una resistencia promedio de 340 kg/cm<sup>2</sup> que cumple con las especificaciones cabe técnicas de las normas vigentes.

  
.....  
**Juan B. Ramirez Espinosa**  
TEC. LABORATORIO DE SUELOS  
PAVIMENTOS

  
.....  
**Juan B. Rivera Vargas**  
ING° CIVIL  
CIP 60838 2

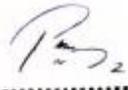


**R & G CONSTRUCCIONES SOL PERU SAC.**  
**R.U.C: 20526508280**  
**ESTUDIOS CONSTRUCCION CONSULTORIA EDIFICACIONES**  
**CELULAR: 941993906**  
**DIRECCION: CALLE LOS CANTAROS MZ "G" LOTE "03"**  
**SECTOR "C" URBANIZACION NUEVA SULLANA-SULLANA**  
**E-MAIL: [suelospav\\_ramirez@hotmail.com](mailto:suelospav_ramirez@hotmail.com)**



- Se ha llegado a la conclusión con esta verificación de ensayo de esclerometria norma ASTM C-805 – NTP 339.181 en la estructura de la parte inferior de la viga que soporta la cuba se encuentra con una resistencia promedio de 290 kg/cm<sup>2</sup> que cumple con las especificaciones técnicas de las normas vigentes.
- Se ha llegado a la conclusión con esta verificación de ensayo de esclerometria norma ASTM C-805 – NTP 339.181 en la estructura de chimenea de acceso (Cuba)se encuentra con una resistencia promedio de 280 kg/cm<sup>2</sup> que cumple con las especificaciones técnicas de las normas vigentes.
- Se ha llegado a la conclusión con esta verificación de ensayo de esclerometria norma ASTM C-805 – NTP 339.181 en la estructura Fuste de reservorio se encuentra con una resistencia promedio de 380 kg/cm<sup>2</sup> que cumple con las especificaciones técnicas de las normas vigentes.

  
.....  
**Luis E. Ramirez Espinosa**  
**TEC. LABORATORIO DE SUELOS**  
**PAVIMENTOS**

  
.....  
**JUAN B. Rivera Vargas**  
**ING° CIVIL**  
**CIP 60838**



**R & G CONSTRUCCIONES SOL PERU SAC.**  
**R.U.C: 20526508280**  
**ESTUDIOS CONSTRUCCION CONSULTORIA EDIFICACIONES**  
CELULAR: 941993906  
DIRECCION: CALLE LOS CANTAROS MZ "G" LOTE "03"  
SECTOR "C" URBANIZACION NUEVA SULLANA-SULLANA  
E-MAIL: suelospay\_ramirez@hotmail.com



## ENSAYO DE ESCLEROMETRIA

SOLICITANTE : LUIS ALBERTO PAREDES SANCHEZ  
PROYECTO : EVALUACION ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO ELEVADO DE CONCRETO ARMADO R3  
SANCHEZ CERRO DE LA PROVINCIA DE SULLANA, PIURA 2021  
UBICACION : RESERVORIO R3 SANCHEZ CERRO SULLANA  
FECHA DE ENSAYO : 21 DE SEPTIEMBRE DEL 2021  
FECHA DE EMISION : 23 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

**ENSAYO : EVALUACIÓN POR ESCLEROMETRIA DEL CONCRETO ENDURECIDO**  
**NORMA ASTM C-805 Y NTP 339.181**

Esclerómetro marca : ELE-International  
Modelo : CT - 320A  
N° de serie : A99059

### PUNTO N° 01

DESCRIPCION DEL AREA DE ENSAYO : Superficie seca, esmerilada.  
DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA : En el area ensayada se encuentra en estado bueno  
RESISTENCIA DE DISEÑO :  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$   
EDAD : 40 Años aproximadamente

IDENTIFICACION DE LA ESTRUCTURA	ANGULO DE PISPAROS	DISPAROS	PROMEDIO
CUBA DE PARED CIRCULAR / M - 01	0°	40-39-41-37-41-42-39-39-38-39	39.50
CUBA DE PARED CIRCULAR / M - 02	0°	40-38-40-39-38-41-38-37-38-37	38.60
			39.05

PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO : 340 kg/cm<sup>2</sup>

**Nota:** El presente informe no podra ser reproducido total ni parcialmente, salvo expresa autorización del laboratorio.

Hecho en : L.R.E

  
.....  
**Luis E. Ramirez Espinosa**  
TDC LABORATORIO DE SUELOS  
(PAVIMENTOS)

  
.....  
**Juan B. Rivera Vargas**  
ING° CIVIL  
CIP 60833



**R & G CONSTRUCCIONES SOL PERU SAC.**  
**R.U.C: 20526508280**  
**ESTUDIOS CONSTRUCCION CONSULTORIA EDIFICACIONES**  
CELULAR: 941993906  
DIRECCION: CALLE LOS CANTAROS MZ "G" LOTE "03"  
SECTOR "C" URBANIZACION NUEVA SULLANA-SULLANA  
E-MAIL: suelospay\_ramirez@hotmail.com



## ENSAYO DE ESCLEROMETRIA

SOLICITANTE : LUIS ALBERTO PAREDES SANCHEZ  
PROYECTO : EVALUACION ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO ELEVADO DE CONCRETO ARMADO R3  
SANCHEZ CERRO DE LA PROVINCIA DE SULLANA, PIURA 2021  
UBICACIÓN : RESERVORIO R3 SANCHEZ CERRO SULLANA  
FECHA DE ENSAYO : 21 DE SEPTIEMBRE DEL 2021  
FECHA DE EMISION : 23 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

**ENSAYO : EVALUACIÓN POR ESCLEROMETRIA DEL CONCRETO ENDURECIDO**  
**NORMA ASTM C-805 Y NTP 339.181**

Esclerómetro marca : ELE-International  
Modelo : CT - 320A  
N° de serie : A99059

### **PUNTO N° 02**

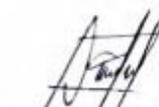
DESCRIPCION DEL AREA DE ENSAYO : Superficie seca, esmerilada.  
DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA : En el area ensayada se encuentra en estado bueno  
RESISTENCIA DE DISEÑO :  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$   
EDAD : 40 Años aproximadamente

IDENTIFICACION DE LA ESTRUCTURA	ANGULO DE PISPAROS	DISPAROS	PROMEDIO
PARTE INFERIOR DE LA VIGA QUE SOPORTA LA CUBA / M - 03	0°	28-31-32-36-30-31-30-33-31-35	31.70
PARTE INFERIOR DE LA VIGA QUE SOPORTA LA CUBA / M - 04	0°	37-39-40-40-39-39-42-42-43-42	40.30
			36.00

PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO : 290 kg/cm<sup>2</sup>

**Nota:** El presente informe no podra ser reproducido total ni parcialmente, salvo expresa autorización del laboratorio.

Hecho el : L.R.E

  
Luis E. Ramirez Espinoza  
TEC. LABORATORIO DE SUELOS  
PAVIMENTOS

  
Juan B. Rivera Vargas  
ING° CIVIL  
CIP 60838



**R & G CONSTRUCCIONES SOL PERU SAC.**  
**R.U.C: 20526508280**  
**ESTUDIOS CONSTRUCCION CONSULTORIA EDIFICACIONES**  
CELULAR: 941993906  
DIRECCION: CALLE LOS CANTAROS MZ "G" LOTE "03"  
SECTOR "C" URBANIZACION NUEVA SULLANA-SULLANA  
E-MAIL: suelospay\_ramirez@hotmail.com



## ENSAYO DE ESCLEROMETRIA

SOLICITANTE : LUIS ALBERTO PAREDES SANCHEZ  
PROYECTO : EVALUACION ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO ELEVADO DE CONCRETO ARMADO R3  
SANCHEZ CERRO DE LA PROVINCIA DE SULLANA, PIURA 2021  
UBICACIÓN : RESERVORIO R3 SANCHEZ CERRO SULLANA  
FECHA DE ENSAYO : 21 DE SEPTIEMBRE DEL 2021  
FECHA DE EMISION : 23 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

**ENSAYO : EVALUACIÓN POR ESCLEROMETRIA DEL CONCRETO ENDURECIDO**  
**NORMA ASTM C-805 Y NTP 339.181**

Esclerómetro marca : ELE-Internacional  
Modelo : CT - 320A  
N° de serie : A99059

### **PUNTO N° 02**

DESCRIPCION DEL AREA DE ENSAYO : Superficie seca, esmerilada.  
DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA : En el area ensayada se encuentra en estado bueno  
RESISTENCIA DE DISEÑO :  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$   
EDAD : 40 Años aproximadamente

IDENTIFICACION DE LA ESTRUCTURA	ANGULO DE PISPAROS	DISPAROS	PROMEDIO
CHIMENEA DE ACCESO (CUBA) M - 05	0°	35-37-38-36-34-35-35-37-35-36	35.80

PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO : 280 kg/cm<sup>2</sup>

**Nota:** El presente informe no podra ser reproducido total ni parcialmente, salvo expresa autorización del laboratorio.

Hecho en : L.R.E

  
.....  
**Luis E. Ramirez Espinosa**  
TEC. LABORATORIO DE SUELOS  
(PAVIMENTOS)

  
.....  
**Juan B. Rivera Vargas**  
ING° CIVIL  
CIP° 60838



**R & G CONSTRUCCIONES SOL PERU SAC.**  
**R.U.C: 20526508280**  
**ESTUDIOS CONSTRUCCION CONSULTORIA EDIFICACIONES**  
CELULAR: 941993906  
DIRECCION: CALLE LOS CANTAROS MZ "G" LOTE "03"  
SECTOR "C" URBANIZACION NUEVA SULLANA-SULLANA  
E-MAIL: [suelospay\\_ramirez@hotmail.com](mailto:suelospay_ramirez@hotmail.com)



## ENSAYO DE ESCLEROMETRIA

**SOLICITANTE** : LUIS ALBERTO PAREDES SANCHEZ  
**PROYECTO** : EVALUACION ESTRUCTURAL DEL RESERVORIO ELEVADO DE CONCRETO ARMADO R3  
SANCHEZ CERRO DE LA PROVINCIA DE SULLANA, PIURA 2021  
**UBICACION** : RESERVORIO R3 SANCHEZ CERRO SULLANA  
**FECHA DE ENSAYO** : 21 DE SEPTIEMBRE DEL 2021  
**FECHA DE EMISION** : 23 DE SEPTIEMBRE DEL 2021

**ENSAYO** : EVALUACIÓN POR ESCLEROMETRIA DEL CONCRETO ENDURECIDO  
**NORMA ASTM C-805 Y NTP 339.181**

Esclerómetro marca : ELE-International  
Modelo : CT - 320A  
N° de serie : A99059

### **PUNTO N° 01**

**DESCRIPCION DEL AREA DE ENSAYO** : Superficie seca, esmerilada.  
**DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA** : En el area ensayada se encuentra en estado bueno  
**RESISTENCIA DE DISEÑO** :  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$   
**EDAD** : 40 Años aproximadamente

IDENTIFICACION DE LA ESTRUCTURA	ANGULO DE PISPAROS	DISPAROS	PROMEDIO
FUSTE DE RESERVORIO R3 / M - 06	0°	46-42-46-44-44-47-40-39-39-41	42.80

**PROMEDIO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO** : **380 kg/cm<sup>2</sup>**

**Nota:** El presente informe no podra ser reproducido total ni parcialmente, salvo expresa autorización del laboratorio.

Hecho } : L.R.E

  
.....  
**Luis E. Ramirez Espinosa**  
TEC. LABORATORIO DE SUELOS  
( PAVIMENTOS

  
.....  
**Juan B. Rivera Vargas**  
ING° CIVIL  
CIP 60838

# ANEXO 10. REPORTE DE TURNITIN



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Evaluación estructural del reservorio elevado de concreto armado R-3 "Sánchez Cerro" de la provincia de Sullana, Piura, 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL EN INGENIERÍA CIVIL

AUTORES:

Paredes Sánchez, Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-7068-0633)

ASESOR:

Dr. Atilio Rubén López Carranza (ORCID:0000-0002-3631-2001)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño sísmico y estructural

Piura – Perú

2021



Match Overview



12%

Rank	Source	Percentage
1	repositorio.upt.edu.pe Internet Source	2%
2	repositorio.uladech.ed... Internet Source	2%
3	Submitted to Universid... Student Paper	2%
4	repositorio.ucv.edu.pe Internet Source	2%
5	hdl.handle.net Internet Source	1%
6	Submitted to Universid... Student Paper	<1%
7	1library.co Internet Source	<1%
8	repositorioacademico... Internet Source	<1%
9	docplayer.es Internet Source	<1%
10	alicia.concytec.gob.pe Internet Source	<1%
11	sswm.info Internet Source	<1%

## ANEXO 11. PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 1. Realización de ensayos no destructivos de esclerometría en la cuba del reservorio elevado R-3 “Sánchez Cerro” de la provincia de Sullana.



Fotografía 2. Realización de ensayos no destructivos de esclerometría en la chimenea del reservorio elevado R-3 “Sánchez Cerro” de la provincia de Sullana.



Fotografía 3. Registro del índice de rebote de esclerometría del reservorio elevado R-3 “Sánchez Cerro” de la provincia de Sullana.



Fotografía 4. Verificación del índice de rebote registrado por el esclerómetro en el reservorio elevado R-3 “Sánchez Cerro” de la provincia de Sullana.



*Fotografía 5. Ensayo de esclerometría en el reservorio elevado R-3 “Sánchez Cerro” de la provincia de Sullana*

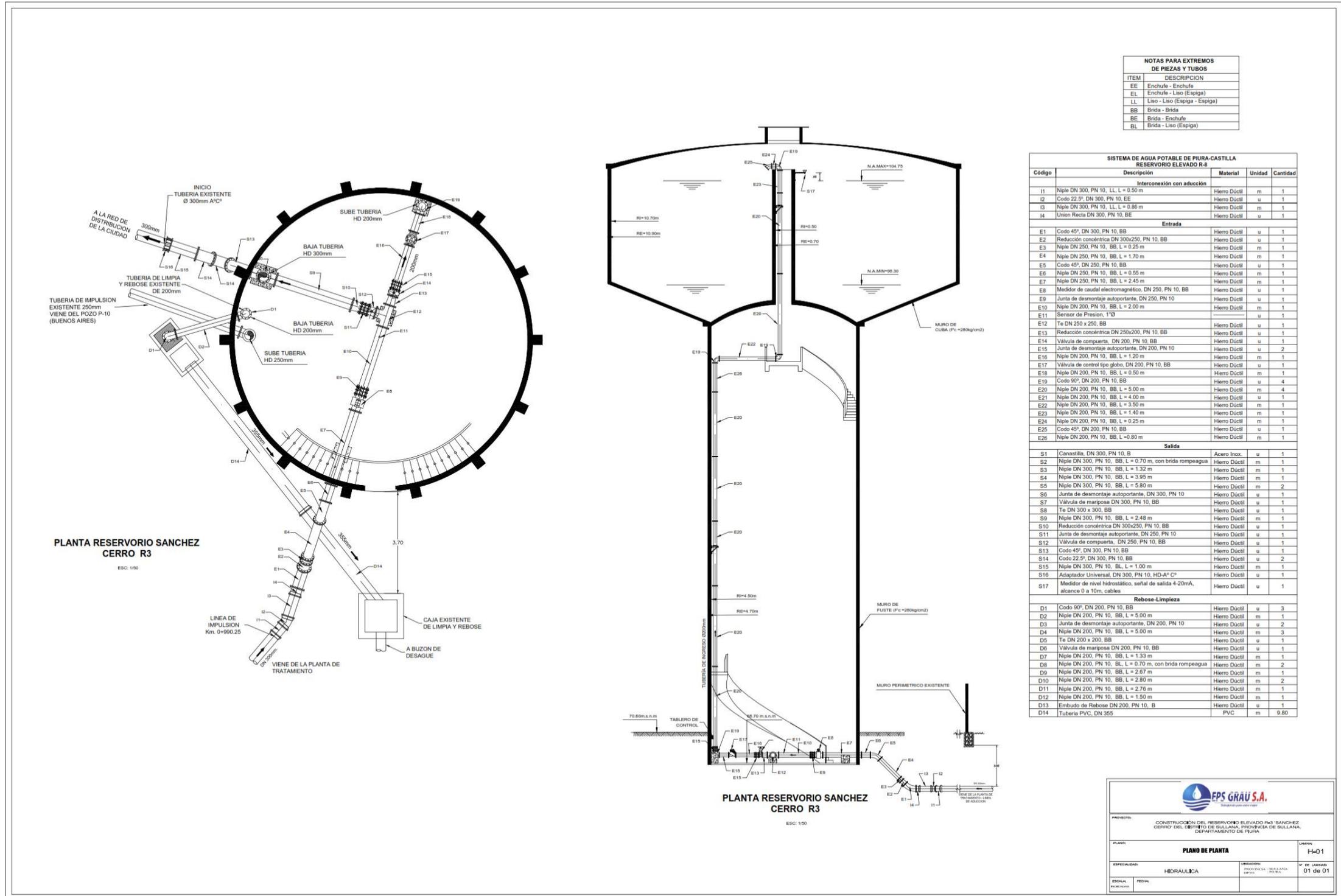


*Fotografía 6. Punto de ensayo de esclerometría en el fuste del reservorio elevado R-3 “Sánchez Cerro” de la provincia de Sullana*



*Fotografía 7. Reservorio elevado R-3 "Sánchez Cerro" de la provincia de Sullana*

## ANEXO 12. PLANO DEL RESERVORIO R-3 SANCHEZ CERRO



**PLANTA RESERVORIO SANCHEZ CERRO R3**

ESC: 1/50

**PLANTA RESERVORIO SANCHEZ CERRO R3**

ESC: 1/50