



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Aplicación de redes neuronales en el diseño Óptimo de concreto
en la reducción del Cemento Portland Cusco 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Cunza Macutela, Douglas (ORCID: 0000-0002-8451-7378)

Mollinedo Sucñier, Jonathan Edu (ORCID: 0000-0003-3988-5283)

ASESOR:

Mg. Ing. Marín Cubas, Percy Lethelier (ORCID: 0000-0001-5232-2499)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

HUARAZ - PERU

2021

Dedicatoria

Con mucho amor y gratitud a Dios que me da la vida y me da la oportunidad y fuerza de luchar por lo que anhelo.

A mis señores padre Edilberto y Ruth que me dieron la vida y me acompañan en el día a día luchando junto a mí.

A mi hermano Diego, por los buenos consejos y la compañía en muchas vivencias de este proceso.

En general a todos mis maestros que me inculcaron toda enseñanza para llegar a realizar este trabajo.

Y por último a toda mi familia y amistades por el cariño, comprensión y apoyo brindado.

Douglas.

Lleno de amor profundo, de cariño y orgullo dedico esta tesis a mi padres Rosa Sucñier y Edu Mollinedo, por haber guiado mis pasos para poder lograr cada una de mis metas, en especial el de llegar a ser Ing. Civil, también por la paciencia y amor que me dieron para seguir adelante en cada obstáculo que se me presento.

También agradecer a Dios y a la Virgen del Carmen, por bendecirme cada día y guiarme por el camino correcto, para así poder culminar una meta más en mi vida con mucha salud y fuerzas de seguir creciendo.

Y sin dejar atrás a toda mi familia entera, abuelos, tíos, primos, por confiar en mí y permitirme ser un orgullo para ellos, gracias por ser parte de mi vida.

Jonathan Edu.

Agradecimiento

A Dios todo poderoso, por darnos la bendición de cada día, la vida y la fuerza por luchar por este proyecto.

A nuestras familias por estar a nuestro lado incondicionalmente en los momentos difíciles que tuvimos que pasar en este trayecto y que siempre nos motivaron a seguir adelante.

Así mismo agradecer de manera muy especial a nuestro asesor el Ingeniero Percy Marín Cubas por guiarnos y apoyarnos en el largo camino de este trabajo.

A todos nuestros docentes quienes nos mostraron de que trata esta hermosa carrera, también por siempre apoyarnos y sabemos que para todo hay solución.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	10
3.2. Variables y operacionalización.....	10
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	10
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	11
3.5. Procedimientos.....	13
3.6. Método de análisis de datos.....	13
3.7. Aspectos éticos.....	13
IV. RESULTADOS.....	15
V. DISCUSIÓN.....	35
VI. CONCLUSIONES.....	43
VII. RECOMENDACIONES.....	44
REFERENCIAS.....	45
ANEXOS.....	51

Indice de Tablas

Tabla 1. Resumen de tecnicas de optimizacion.....	9
Tabla 2. Factores y niveles experimentados.....	15
Tabla 3. Resultados en escala cualitativa de evaluacion.....	33
Tabla 4. Indicadores de factores de experimentacion.....	19
Tabla 5. Capa de Escalamiento.....	33
Tabla 6. Capa Preceptron.....	34
Tabla 7. Parametros de la Red Neuronal.....	34
Tabla 8. Capa de Desescalamiento.....	35

Indice de Gráficos y Figuras

Figura 1. Grafico de una Red Neuronal	4
Figura 2. Valores maximos y minimos de optimizacion numerica	8
Figura 3. Cantidades de resultados según ensayos realizados	18
Figura 4. Distribucion de datos, relacion Agua - Cemento	21
Figura 5. Tipo de Lavado	22
Figura 6. Tipo de Curado	23
Figura 7. Factor Cemento	24
Figura 8. Grava Fina	25
Figura 9. Porcentaje de Arena en la mezcla	26
Figura 10. Porcentaje de Grava en la mezcla	27
Figura 11. Distribucion de respuestas medidas	28
Figura 12. Acabado	29
Figura 13. Correlaciones de la Porosidad	30
Figura 14. Correlaciones principales de Dureza	31
Figura 15. Acabado Top Correlation Chart	32

Resumen

La presente tesis se enfoca en el problema de la reducción del uso de cemento para la producción del concreto; evidenciando que hay una mejora en la reducción del uso de cemento, sin descuidar la resistencia; a través de aplicación de técnicas modernas que están al alcance de los ingenieros hoy en día, tal es el caso de las redes neuronales.

Basando su justificación sobre todo en términos prácticos siendo que pretende determinar de forma correcta y dentro de un margen tolerable de error la predicción del factor cemento para el material de la cantera mayormente explotada en la ciudad del Cusco, de tal manera que se determina de forma practica la dosis correcta de los elementos constructivos del concreto.

Los conceptos que desarrollan están relacionados con el diseño de mezcla del concreto, la resistencia a la compresión, su tecnología y las redes neuronales.

La hipótesis principal de la tesis es que puede alcanzar una reducción mínima de 20% del consumo de cemento al aplicar métodos como las redes neuronales cuando de diseñar el concreto se trata.

Para la consecución de sus objetivos la presente tesis utiliza un método cuantitativo de enfoque positivista, con aproximación deductiva y diseño experimental.

Palabras clave: redes neuronales, compresión, reducción.

Abstract

This thesis focuses on the problem of reducing the use of cement for the production of concrete; evidencing that there is room for improvement and optimization for the use of this material, without neglecting resistance; Through the application of modern techniques that are available to engineers today, such is the case of neural networks.

Basing its justification above all in practical terms being that it intends to determine correctly and within a tolerable margin of error the prediction of the cement factor for the material of the quarry mainly exploited in the city of Cusco, in such a way that it is determined in a way practice the correct dosage of the constructive elements of concrete.

The concepts they develop are related to concrete mix design, compressive strength, technology and neural networks.

The main hypothesis of the thesis is that it can achieve a minimum reduction of 20% in cement consumption by applying methods such as neural networks when designing concrete.

To achieve its objectives, this thesis uses a quantitative method with a positivist approach, with a deductive approach and experimental design.

Keywords: neural networks, cement, compressive strength, reduction

I. INTRODUCCIÓN

El cemento es el producto fundamental para la actividad de la construcción, con él se fabrican los elementos estructurales de prácticamente todas las obras de ingeniería civil, el cemento se introduce en las obras a través de lo que se denomina concreto (la mezcla de cemento, agregados, agua y en algunos casos aditivos); sin embargo, la producción de cemento es una actividad industrial altamente contaminante y que explota las canteras de material pétreo en cantidades significativas, asimismo su proceso productivo consume gran cantidad de agua y calor, por lo que su huella de carbono suele ser significativa iba en detrimento del medioambiente. Ahora bien, siendo que el cemento es el principal material de construcción de la humanidad una reducción considerable en su uso puede mejorar la calidad de vida a través de la reducción de la contaminación y del uso de materia prima. Con este objetivo en mente y teniendo en cuenta que, en los últimos años se ha difundido el uso de distintas técnicas de predicción de los fenómenos naturales, con especial énfasis en el uso intensivo de computadoras e información digital. Éste es el caso de las redes neuronales artificiales, las cuales si bien es cierto se conocen desde mediados del siglo pasado, recientemente han alcanzado un desarrollo notable dado que el poder computacional de los ordenadores domésticos se ha multiplicado considerablemente. Por otro lado, existen en la ciudad del Cusco de las distintas canteras que existían hasta hace 10 años, la única que fue operando y brindando su material para las pavimentaciones en la ciudad es la cantera de Sencca, la cual provee los materiales para prácticamente toda la producción de concreto en la ciudad. La presente investigación plantea una forma técnica metodológica de reducir el consumo de cemento, en especial cuando se trata del diseño de concreto de 210 kg por centímetro cuadrado, usando para ello el material proveniente de la cantera de Sencca, y aplicando una técnica de reciente desarrollo denominada de redes neuronales. A continuación, se presentaron algunos parámetros geotécnicos obtenidos para los materiales de la cantera de Sencca, haciendo énfasis en que dichos materiales han sido ya apropiadamente estudiados en sus diversos indicadores geotécnicos.

Continuando con el trabajo se realizó la formulación problemática de nuestra investigación generando principalmente el **problema general** cuestionando ¿En qué medida la aplicación de redes neuronales reduce el consumo de cemento para un diseño óptimo de concreto, usando el material de la cantera de Sencca con fines del diseño de concreto 210 kg/cm²?, seguidamente los **problemas específicos** mencionando ¿Cuál es el modelo de predicción del factor cemento del material de sencca, aplicando la redes neuronales artificiales?, ¿Cuál es la medida del error de predicción del factor cemento a través de redes neuronales artificiales?, luego continuamos con las **justificación de la investigación** que indico que la presente investigación sirvió para demostrar el uso de una técnica moderna como es las redes neuronales artificiales, en la reducción del consumo de cemento para el diseño de mezcla de concreto, en cuanto a su relevancia social, esta investigación trascenderá el ámbito técnico a llamar la atención sobre el tema medioambiental vinculado a la explotación de canteras, y estableciendo la propuesta de reducción del uso de materiales de cantera a través de una correcta predicción del factor cemento para la optimización de los diseños de concreto hidráulico. Asimismo, permitió a la sociedad en general y particularmente a los profesionales vinculados a la ingeniería civil conocer más acerca de las nuevas técnicas tanto del diseño de mezcla, como de predicción del comportamiento mecánico de los materiales través de técnicas modernas. El problema práctico que pretende solucionar esta investigación es el de determinar de forma correcta y dentro de un margen tolerable de error la predicción del factor cemento para el material de la cantera mayormente explotada en la ciudad del Cusco, de tal manera que se determine de forma práctica la dosis correcta de los elementos constitutivos del concreto hidráulico. El valor teórico de la presente tesis se sustentó en que revisara el estado del arte del diseño de mezclas de concreto, así como el estado del arte de las redes neuronales artificiales. Asimismo, esta tesis tuvo la misión de sentar las bases de la utilidad metodológica de las redes neuronales aplicada al diseño de mezclas, al adaptar nuevos instrumentos de recolección y análisis de datos, seguidamente el **objetivo general** que nos llevó a determinar la aplicación de redes neuronales reduce el consumo de cemento para un diseño óptimo de concreto, usando el material de la cantera de Sencca con fines del diseño de concreto 210 kg/cm², y los **objetivos específicos** que indicamos a continuación: **a.** Determinar el modelo

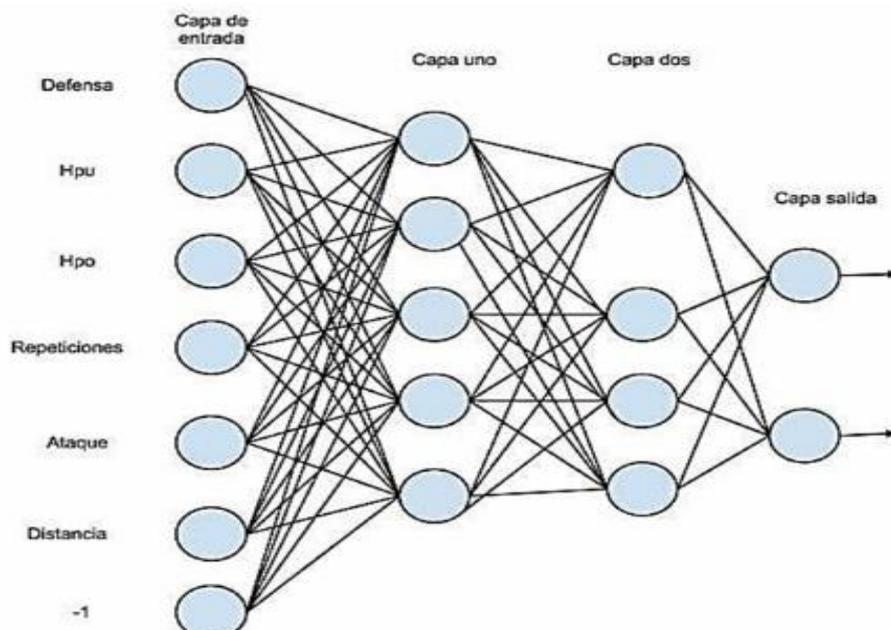
de predicción del factor cemento del material de Sencca, aplicando redes neuronales artificiales, como también **b.** Determinar del error de predicción del factor cemento a través de redes neuronales artificiales. Agregaremos también la **hipótesis general** que indicamos: La aplicación de redes neuronales permite una reducción significativa en el diseño óptimo del concreto, de por lo menos el 20% del consumo de cemento en el diseño de mezcla 210kg/cm² .Y la **hipótesis específica** que indicamos: Que modelo de predicción del factor cemento para el del material de Sencca, aplicando redes neuronales artificiales tiene por lo menos 3 capas ocultas y con un mínimo de tres nodos cada una. Y también la aplicación de redes neuronales a la predicción del factor cemento del material de Sencca, permite un coeficiente de determinación mayor o igual a 0.80. Adicionalmente pudimos identificar las variables e indicadores variables que son el diseño de mezcla del concreto y el factor cemento con las cuales se trabajó en el proyecto.

II. MARCO TEÓRICO

A continuación, se desarrolla las bases teóricas sobre las cuales se cimienta la presente tesis. El diseño de mezclas de concreto hidráulico está basado en la norma ACI, la cual toma en cuenta la granulometría, la absorción, la relación agua cemento entre otras características para determinar las cantidades de la mezcla queda un diseño meta. El concreto se comporta básicamente a compresión pues su esfuerzo de tracción es despreciable, en este sentido para probar su resistencia se suelen fabricar briquetas que luego se rompen con una máquina de compresión simple, dividiendo la carga total de la fuerza entre el área transversal de la briketa. La tecnología del concreto es una ciencia aplicada que se encarga del estudio de los materiales intervinientes en una mezcla de concreto, así como de las proporciones para llegar a resistencias definidas, la tecnología del concreto hace uso de conceptos de la mecánica de suelos, la mecánica de medios continuos y de las reacciones químicas del cemento. Por otro lado las redes neuronales artificiales son formas de aprendizaje y proceso de datos que se hacen en forma automática, los cuales están inspirados en la forma en que opera el cerebro de los seres vivos, en especial el sistema nervioso de los animales.

Figura 1.

Gráfico de una red neuronal



Fuente (<http://grupo.us.es/gtocoma/pid/pid10/RedesNeuronales.htm>)

A continuación, tenemos los antecedentes de nuestro estudio iniciando que contamos con los **antecedentes internacionales** como es el Artificial Neural Network For Concrete Mix Design, TY-book, AU-kabir ahsanul, AU-hasan, md, PY-2013/03/05, T1-Artificial Neural Network For Concrete Mix Design, DO-10.13140/RG.2.1.1173.6162. El diseño de la mezcla de concreto es una tarea complicada, lenta, basada en la experiencia e incierta. La mayoría de las veces para lograr la fuerza diseñada, uno tiene que depender de la experiencia pasada en el proceso de diseño de mezclas y algún tipo de método de prueba y error. La aceptación final se produce después de los resultados de la prueba de control de calidad. En el diseño de mezclas, la tarea principal es proporcionar los ingredientes del concreto (agua, cemento, agregado grueso y agregado fino) para lograr la resistencia deseada. En este artículo, se está utilizando una red neuronal artificial para predecir la relación de mezcla de concreto para lograr la resistencia deseada. Los parámetros tales como, resistencia de 28 días, tamaño máximo de grava, presencia de aire, módulo de finura de arena, peso unitario de varillas secas de grava, relación cemento agua se usan para predecir la relación de mezcla (base de peso) en términos de cemento agregado fino relación y relación agregado-cemento. Siempre es conveniente trabajar con parámetros sin unidades y la proporción de mezcla de concreto es un número sin ninguna unidad adjunta. La red neuronal artificial se entrenó solo para predecir solo dos parámetros, lo que simplifica la arquitectura de la red y disminuye el número de iteraciones para el entrenamiento y también el tiempo de entrenamiento. La investigación experimental muestra que el modelo de red neuronal predice con éxito las relaciones de mezcla con gran eficiencia (99.5%) y la red tiene el potencial de realizar diferentes estudios paramétricos. Seguidamente se encontró una referencia de los **antecedentes nacionales** el cual fue desarrollado bajo el título de “ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DEL CONCRETO MEDIANTE REDES NEURONALES HACIENDO USO DEL AGREGADO DE LA CANTERA SANTA ROSA HUANCVELICA” realizado en la UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA en el año 2018, de autor Cristhofer Jhonatan Gonzales Gaspar,. El cual consiste en construir modelos de inteligencia artificial (redes neuronales artificiales) que permita predecir la resistencia al esfuerzo de compresión axial del concreto ($f'c$). Para lograr el objetivo del proyecto de investigación se ha elaborado probetas de concreto, siendo

79 probetas con diferentes dosificaciones, ensayados a la primera, segunda y cuarta semana de curado, registrando resistencias al esfuerzo de compresión axial ($f'c$) entre 70 kg/cm² y 390 kg/cm². Los procesos de elaboración, curado y rotura de probetas según lo especificado en la Norma E-060 (2009) y ASTM C-39, NTP 339.034.2008. Seguido de los ensayos de rotura, se realizó el procesamiento de datos para la construcción del modelo de red neuronal artificial con la siguiente estructura: 11 variables de ingreso, siendo estos: (cantidad de cemento, cantidad de agua, cantidad de agregado fino, humedad del agregado fino, absorción del agregado fino, porcentaje que pasa la malla Nro. 4 de agregado fino, cantidad de agregado grueso, humedad del agregado grueso, absorción del agregado grueso, porcentaje que pasa la malla Nro. 4 de agregado grueso, tamaño máximo de los agregados, el tiempo de curado del concreto) y una variable de salida (resistencia a la compresión axial del concreto); para el entrenamiento se realizó diversas simulaciones haciendo uso de la metodología de propagación inversa (back propagation) y el algoritmo de Levenberg Marquardt, buscando encontrar el error cuadrático medio (MSE). La evaluación se realizó en tres grupos de muestra: el primero de entrenamiento 70 % , el segundo de validación 15% y el tercero de test 15% de los datos obtenidos en laboratorio, usando como herramienta de programación software Python y Matlab (Toolbox). VI Los resultados obtenidos del proyecto de investigación evaluados mediante el análisis estadístico de error medio cuadrático (MSE), se dividen en: Entrenamiento (training) ($R^2 = 0.99965$), validación ($R = 0.96004$), test ($R = 0.99413$), obteniéndose un modelo de red neuronal artificial con ($R = 0.99113$); siendo R el coeficiente de determinación conocido como coeficiente de correlación de Pearson, demostrando de ese modo ser eficaz para predecir la resistencia del concreto con un error menor al 1% , se concluye que el modelo de red neuronal artificial contribuirá para predecir la resistencia a la compresión del concreto, proponiéndose como alternativa para realizar diseños de mezclas de concreto, que cumplan con las necesidades requeridas en los proyectos de ingeniería en el sector construcción y acorde a lo estipulado en la Norma E-060 (2009) y ASTM C-39. Y como último punto el **antecedente local** como es la "OPTIMIZACION DE SECCIONES DE CONCRETO ARMADO PARA EL CONTROL DE DESPLAZAMIENTO LATERAL MEDIANTE EL USO DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES" de la UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO

ABAD DEL CUSCO, en el año 2017, que fue realizado por Genix Gabriel Granilla Jalire. La cual consiste en la optimización de secciones de concreto armado, como son las columna y vigas para el control de desplazamientos laterales máximos en edificaciones en la ciudad del cusco mediante el uso de redes neuronales Diseño de mezcla de concreto. El análisis no se realiza solo para las secciones transversales de vigas y columnas, sino también al que concierne del costo de mano de obra, materiales y equipos para la construcción de las edificaciones, además se optimiza el tiempo de ejecución del modelado estructural. Para la optimización de secciones transversales en vigas y columnas se usa las redes neuronales artificiales entre ellas el tipo Perceptron Multicapa la que demuestra el mejor desempeño, por presentar capas ocultas, lo que permite solucionar problemas linealmente separables.

CEMENTO PORTLAND: Denominamos al conglomerante o cemento hidráulico que cuando es mezclado con agregado grueso, agregado fino, agua, fibras de acero discontinuas y discretas, se da la propiedad de realizar la mezcla pétreo duradera y resistente denominada comúnmente como concreto, que es el material cotidianamente usado en la construcción y utilizado para la elaboración de estructuras.

Como cemento hidráulico tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, al tener la reacción química con ella para formar un material de buenas propiedades aglutinantes.

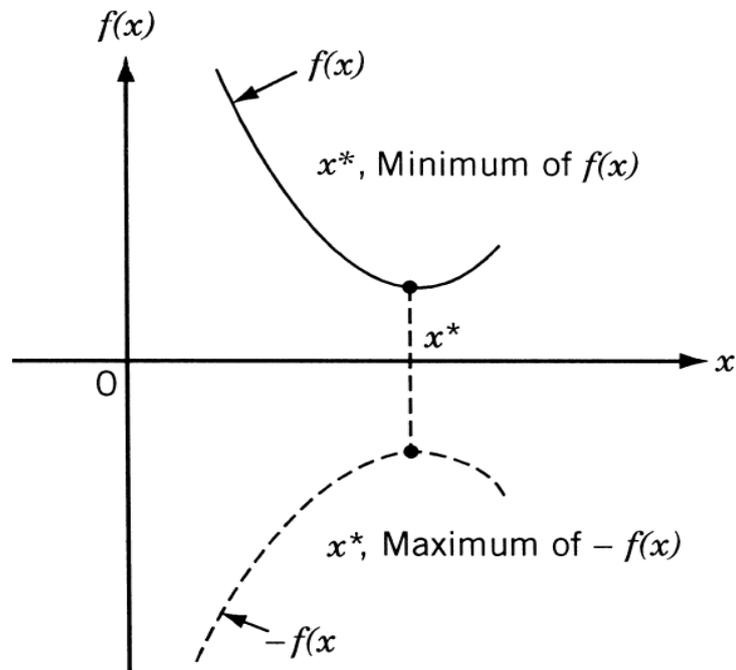
Fue inventado por Joseph Aspdin en Inglaterra el año 1824, y el nombre se asemeja con el parecido en aspecto con las rocas que están en la isla de Portland.

OPTIMIZACIÓN NUMÉRICA: Se define como la actividad de tener los resultados más óptimos en circunstancias determinadas como es en el campo de diseño, ingeniería de mantenimiento, construcción, los personales que están a responsabilidad tienen q calmar muchas decisiones tecnológicas y gerenciales. La meta final de aquellas decisiones es dar la solución de minimizar el esfuerzo requerido o maximizar los beneficios deseados, de tal modo que la optimización pueda ser mencionando como el proceso de encontrar las condiciones que dan valores máximos o mínimos a ciertas funciones, así se aprecia en la siguiente figura (Rao, 2009) ejemplar de valores máximos y mínimos de la optimización numérica

Figura 2

Valores máximos y mínimos de una optimización numérica

Señala el metodo matemático para determinar los valores de las variables que hacen máximo el rendimiento del proceso de la investigación.



Fuente: (Rao, 2009)

Para la investigación presente se propone el uso de las técnica estadística de diseño de experimentos, utilizando la herramienta de análisis llamada REDES NEURONALES, interpretando los resultados de una o varias superficies de respuesta.

Asimismo, existen varios métodos y técnicas de optimización, los cuales se dividen principalmente en: programación matemática, técnicas estocásticas y métodos de estadística, es así que se muestra un resumen de varias técnicas a continuación:

Tabla 1

Tabla resumen de técnicas de optimización.

Técnicas de programación u optimización matemática	Técnicas de proceso estocástico	Métodos de estadística
<ul style="list-style-type: none"> • Métodos de cálculo. • Cálculo de variaciones. • Programación no lineal. • Programación geométrica. • Programación cuadrática. • Programación Lineal. • Programación dinámica. • Programación de enteros. • Programación estocástica. • Programación separable. • Programación multiobjetivo. • Métodos de red: CPM y PERT. • Teoría de juego. • Técnicas de optimización moderna o no tradicional. • Algoritmos genéticos. • Recocido simulado. • Optimización de colonias de hormigas. • Optimización de Enjambre de partículas. • Optimización difusa de redes neuronales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Teoría de la decisión estadística • Procesos de Markov • Teoría de las colas. • Teoría de la renovación. • Métodos de simulación teoría de la confiabilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de regresión. • Análisis de conglomerados, reconocimiento de patrones Diseño de experimentos análisis discriminar (análisis factorial)

Fuente: (Rao, 2009).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de la Investigación

Tipo de investigación: según Dankhe (1986) nos indica que hay cuatro tipos de investigación en los cuales podemos trabajar que son:

- Descriptivo
- Exploratorios
- Correlacionales
- explicativos

La tesis se fue al plano de la investigación netamente aplicada por que sufrió un proceso de experimentación y análisis; y, se dio como un soporte el plano explicativo para el trabajo en campo dándole un camino más amplio para llegar a un diseño de mezcla óptimo para concreto $f'c=210$ kg/cm².

Diseño de investigación:

Se asumió el diseño explicativa causal, transversal, porque se procedió a explicar la naturaleza de las variables de estudio para dar a entender el resultado que es llegar al diseño de mezcla ideal con una proporción menor a la normal para una resistencia de $f'c = 210$ kg/cm² del concreto.

3.2. Variables y Operacionalización

El método planteado por la presente tesis es el cuantitativo experimental.

Las variables definidas para este presente trabajo fueron:

Variable independiente: Aplicación Redes neuronales.

Variable dependiente: Diseño óptimo de concreto.

Se tuvo como variable el uso de las redes neuronales artificiales modelado del ensayo de resistencia a compresión de concreto de construcción según la norma ASTM C36/39M

Se tuvo como **definición conceptual** la variación de material en pruebas de concreto según, (Díaz, 2017), que tuvo como **definición operacional** el estudio a la variación de material en el diseño de concreto 210 kg/cm², mediante la aplicación de redes neuronales, así mismo, los **indicadores** se determinaron como: porosidad, dureza y acabado.

3.3. Población

La población la constituyeron todas las muestras realizadas con diferente

proporción de agregados las cuales nos dieron distintos indicativos por el diseño de mezclas que tiene cada una de ellas, se trabajó con diversos diseños de mezcla (50 muestras) cada una con proporciones distintas para poder llegar al diseño ideal de acuerdo a los resultados que nos brinda el software Neural Designer, y nos dieron los resultados como la dureza, la porosidad, y el acabado. La población fue elegida a conveniencia de los investigadores.

Las muestras fueron realizadas con distintas proporciones en el diseño de mezcla las cuales fueron hechas con datos que nos arrojó el Neural Designer 6.0, el software que nos sirvió de apoyo para la investigación, la misma que la podemos encontrar en línea sin ningún problema de manera gratuita en su versión de prueba para poder trabajar.

Criterios de inclusión: Las 50 muestras realizadas en la investigación nos fueron útiles ya que cada una presento un resultado distinto.

Criterio de exclusión: No se consideró excluir ningún elemento de la investigación, ya que todos nos fueron de utilidad para tener un mejor resultado.

Muestra: Se consideró realizar 50 ensayos con diferentes proporciones de material el cual nos dio distintos resultados.

Muestreo: En cuanto al tipo de muestreo se tiene que es no probabilístico ya que fue a criterio de los investigadores, los cuales evalúan cada muestra realizada y obtuvieron una variedad resultados.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

La técnica de recolección de la investigación fue la observación estructurada fue aplicando fichas de observación (Hernández 2018). El instrumento de recolección de datos empleado es la ficha que se muestra a continuación.

La validación del instrumento de recolección de datos fue hecho a través del juicio de expertos, determinándose que el instrumento es válida y confiable para los fines de la tesis mostrada a continuación:

Este instrumento tuvo a lugar el apoyo para nuestra investigación (anexo 3)

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto:
 Institución donde labora :
 Especialidad :
 Instrumento de evaluación : "Diseño optimizado de concreto mediante la reducción del cemento portland aplicando redes neuronales Cusco 2020"
 Autores :

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los items están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los items del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre las variables: Dureza, porosidad y acabado en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a las variables: Dureza, porosidad y acabado.					
ORGANIZACIÓN	Los items del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a las variables, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					
SUFICIENCIA	Los items del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					
INTENCIONALIDAD	Los items del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los items del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					
COHERENCIA	Los items del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de las variables: Dureza, porosidad y acabado.					
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación.					
PERTINENCIA	La redacción de los items concuerda con la escala valorativa del instrumento.					
PUNTAJE TOTAL						

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Completamente aplicable _____

PROMEDIO DE VALORACIÓN: _____ de _____ del 202_



Sello personal y firma

3.5. Procedimientos

- Primero, se realizó la extracción del material de la cantera indicada (cantera de sencca) para poder realizar las pruebas en el laboratorio.
- Seguidamente se procedió al lavado del material para quitar cualquier impureza que pueda existir, para luego poner a secar el material a temperatura ambiente.
- Una vez el material se encuentre seco, se realiza el tamizado para encontrar el análisis granulométrico de los agregados (agregado grueso y agregado fino).
- Se procedió a realizar el pesaje del material retenido en cada malla y para continuar con los ensayos de cada uno de los tipos de material a usar:
 - Cemento
 - Agregados
 - Agua
- Procedemos a efectuar los ensayos con cada material.
- Mezclamos el material con agua destilada teniendo un control de tiempo de mezclado.
- Procedemos con el compactado por impacto por caída en el recipiente (5 veces)
- Seguidamente se deja en el fraguado al aire (28 días)
- Seguidamente se deja en el fraguado sumergido en agua (28 días)
- Una vez nos arrojó los datos requeridos, lo ingresamos al software Neural Designer para poder procesar las variables y encontrar el diseño de mezcla ideal.

3.6. Método y Análisis de Datos

La técnica de interpretación de los datos de la presente investigación utiliza las redes neuronales para poder llegar a un diseño de mezcla óptimo reduciendo cemento apoyándonos del software Neural Designer, el cual nos permitió tener varias soluciones a nuestra investigación y tener más claro el panorama para el diseño de mezcla ideal.

3.7. Aspectos éticos.

Dado que la investigación no ha experimentos con seres humanos, animales

o vegetales vivos (fuente propia), no fue necesario plantear aspectos éticos para la experimentación. En la presente investigación fue aplicada bajo los principios de beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia; estos conceptos fueron desarrollados a continuación.

- Para demostrar la verdad o la falsedad de las hipótesis en esta tesis es la del coeficiente de determinación autónoma que nos dio la capacidad de proceder con la participación o no de los ensayos realizados para la investigación.
- También es considerado la beneficencia la cual hace referencia a la utilidad que tiene la investigación para con las demás personas del ámbito de la ingeniería ya que su uso fue de mucha ayuda para el trabajo en campo.
- La no maleficencia ya que las personas que elaboramos este trabajo, no tuvimos la intención de provocar daños con datos erróneos, más al contrario damos distintas soluciones para el diseño del concreto ideal con la reducción de cemento.

IV. RESULTADOS

4.1. Resultados según el objetivo general

Determinar la medida en que se reduce el consumo de cemento para el diseño de un concreto de 210 kg/cm² con el material de la cantera de Sencca, aplicando redes neuronales en la ciudad del Cusco.

Siendo que el principal objetivo de la presente tesis es demostrar la aplicación de las redes neuronales para la obtención de un diseño de mezcla con indicadores cualitativos, se realizaron 50 distintos tipos de mezclas, variando los siguientes indicadores: Relación Agua-Cemento. Lavado, Curado, Factor Cemento (bls/m³), Grava fina, Arena, Grava gruesa. Dichas mezclas han sido evaluadas según los indicadores cualitativos siguientes: Porosidad, Dureza, Acabado.

A continuación, se observan las distintas combinaciones experimentales utilizadas en la presente investigación.

Tabla 2.

Tabla de los factores y sus niveles experimentados.

Nombre	Relación Agua-Cemento	Lavado	Curado	Factor Cemento (bls/m ³)	Grava fina (%)	Arena (%)	Grava gruesa (%)
N1	0.2	Sin	Aire libre	7.21	0.6	0.2	0.2
N2	0.3	Sin	Aire libre	5	0.2	0.6	0.2
N3	0.7	Sin	Aire libre	5	0.2	0.2	0.6
N4	0.3	Sin	Aire libre	12	0.6	0.2	0.2
N5	0.3	Sin	Aire libre	12	0.2	0.3333	0.466667
N6	0.7	Sin	Aire libre	12	0.466667	0.3333	0.2
N7	0.3	Sin	Aire libre	7.33333	0.2	0.2	0.6
N8	0.7	Sin	Aire libre	7.33333	0.2	0.4667	0.333333
N9	0.7	Sin	Aire libre	9.66667	0.6	0.2	0.2
N10	0.433333	Sin	Aire libre	5	0.333333	0.4667	0.2
N11	0.566667	Sin	Aire libre	5	0.333333	0.2	0.466667
N12	0.433333	Sin	Aire libre	12	0.2	0.2	0.6
N13	0.566667	Sin	Aire libre	12	0.2	0.6	0.2
N14	0.3	Con	Aire libre	5	0.2	0.2	0.6
N15	0.7	Con	Aire libre	5	0.6	0.2	0.2
N16	0.7	Con	Aire libre	5	0.2	0.6	0.2
N17	0.3	Con	Aire libre	12	0.2	0.6	0.2
N18	0.3	Con	Aire libre	12	0.466667	0.2	0.333333
N19	0.7	Con	Aire libre	12	0.2	0.2	0.6
N20	0.7	Con	Aire libre	12	0.2	0.6	0.2
N21	0.3	Con	Aire libre	7.33333	0.6	0.2	0.2
N22	0.3	Con	Aire libre	9.66667	0.333333	0.4667	0.2
N23	0.7	Con	Aire libre	9.66667	0.2	0.2	0.6
N24	0.433333	Con	Aire libre	5	0.466667	0.2	0.333333
N25	0.566667	Con	Aire libre	5	0.2	0.3333	0.466667
N26	0.566667	Con	Aire libre	12	0.6	0.2	0.2
N27	0.3	Sin	Sumergido	5	0.2	0.2	0.6
N28	0.7	Sin	Sumergido	5	0.6	0.2	0.2
N29	0.7	Sin	Sumergido	5	0.2	0.6	0.2
N30	0.3	Sin	Sumergido	12	0.2	0.6	0.2
N31	0.7	Sin	Sumergido	12	0.333333	0.2	0.466667
N32	0.7	Sin	Sumergido	12	0.333333	0.4667	0.2
N33	0.3	Sin	Sumergido	7.33333	0.466667	0.3333	0.2
N34	0.3	Sin	Sumergido	9.66667	0.466667	0.2	0.333333
N35	0.7	Sin	Sumergido	9.66667	0.2	0.3333	0.466667
N36	0.433333	Sin	Sumergido	5	0.2	0.3333	0.466667
N37	0.433333	Sin	Sumergido	12	0.6	0.2	0.2
N38	0.566667	Sin	Sumergido	12	0.2	0.2	0.6
N39	0.3	Con	Sumergido	5	0.6	0.2	0.2
N40	0.3	Con	Sumergido	5	0.2	0.6	0.2
N41	0.3	Con	Sumergido	5	0.2	0.4667	0.333333
N42	0.7	Con	Sumergido	5	0.2	0.2	0.6
N43	0.3	Con	Sumergido	12	0.2	0.2	0.6
N44	0.3	Con	Sumergido	12	0.466667	0.3333	0.2
N45	0.7	Con	Sumergido	12	0.6	0.2	0.2
N46	0.7	Con	Sumergido	12	0.2	0.4667	0.333333
N47	0.3	Con	Sumergido	9.66667	0.333333	0.2	0.466667
N48	0.7	Con	Sumergido	7.33333	0.333333	0.2	0.466667
N49	0.7	Con	Sumergido	9.66667	0.2	0.6	0.2
N50	0.566667	Con	Sumergido	5	0.466667	0.3333	0.2

Fuente (Elaboración propia)

INTERPRETACIÓN:

La tabla de factores como podemos observar tiene distintos datos los cuales nos señala lo siguiente:

NOMBRE: Nos ayuda a registrar el número de muestras que tuvimos y nos ayuda a identificar cada una de ellas.

RELACIÓN AGUA – CEMENTO: Es el indicativo que tuvimos de la relación agua cemento en nuestros diseños de mezclas.

LAVADO: Este indicativo hace referencia si la muestra trabajo con material lavado o sin lavar.

CURADO: Nos indica el tipo de curado que tuvo nuestra muestra los cuales tuvimos de dos maneras de curado, el curado al aire libre y el curado sumergido.

FACTOR CEMENTO: Es el indicativo de bolsas de cemento por m³ de agregado para el diseño de mezclas.

GRAVA FINA: Es el indicativo del porcentaje de grava fina para nuestro diseño de mezclas.

ARENA: Es el indicativo del porcentaje de arena para nuestro diseño de mezclas.

GRAVA GRUESA: Es el indicativo del porcentaje de grava gruesa de nuestro diseño de mezclas.

Con los datos de la tabla previa, se procedió a evaluar cualitativamente las calidades del concreto producido de cada una de las muestras, los resultados se ven en la siguiente tabla teniendo resultados de porosidad, dureza y acabado mostrados a continuación.

Tabla 3.

Resultados en escala cualitativa de evaluación.

Esta tabla nos señala los resultados en escala cualitativa de la evaluación con indicadores de porosidad, dureza y acabado.

Nombre	Porosidad	Dureza	Acabado
N1	1	3	3
N2	3	3	1
N3	1	1	3
N4	2	3	2
N5	3	3	1
N6	3	1	1
N7	1	3	3
N8	2	1	2
N9	3	1	2
N10	2	3	2
N11	2	1	2
N12	1	1	3
N13	2	1	2
N14	1	3	3
N15	1	1	3
N16	2	2	2
N17	2	1	2
N18	1	1	3
N19	3	1	1
N20	3	1	1
N21	3	3	2
N22	3	3	1
N23	3	1	1
N24	2	3	2
N25	2	3	2
N26	2	1	2
N27	1	3	2
N28	1	1	3
N29	3	3	2
N30	2	3	2
N31	3	1	1
N32	3	1	1
N33	3	3	2
N34	2	3	2
N35	2	1	2
N36	3	3	2
N37	2	2	2
N38	2	1	2
N39	3	3	2
N40	3	3	1
N41	2	2	2
N42	2	1	2
N43	2	3	2
N44	2	3	2
N45	3	1	1
N46	2	1	1
N47	2	3	2
N48	1	1	3
N49	2	1	2
N50	3	2	2

Fuente (Elaboración propia)

INTERPRETACIÓN:

Fueron evaluados de manera cualitativa por que no fue necesario el uso de instrumentos sin embargo fue a manera de percepción del fenómeno para ver si son heterogéneas y uniformes a la vista para ver el acabado, para observar su grado de porosidad y la dureza de cada muestra como se observa en el cuadro anterior.

Respecto de los resultados la Porosidad se ha medido cualitativamente en niveles del 1 al 3 siendo que 3 ha sido el nivel más poroso tal como se define líneas arriba.

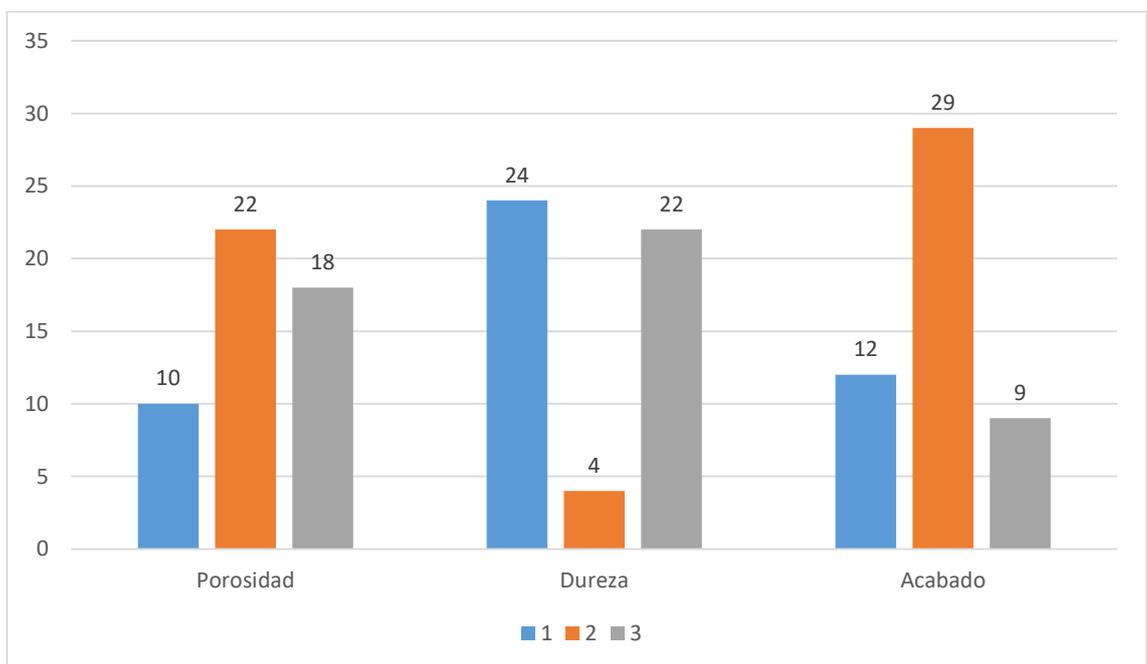
En cuanto a la Dureza esta sea medida cualitativamente en tres niveles del 1 al 3 siendo 3 la mayor dureza.

En lo referente al Acabado este también ha sido medido en tres niveles del 1 al 3 siendo el acabado 1 el mejor.

Se muestra los resultados obtenidos después de la evaluación de los datos mostrados anteriormente el cual nos dio indicadores de porosidad, dureza y acabado.

Figura 3.

Cantidades de resultados de acuerdo a los ensayos realizados.



Fuente (elaboración propia)

Interpretación:

Teniendo con la menor Porosidad 10 muestras, así mismo con la mayor dureza contamos con 22 unidades, y por ultimo con el mejor acabado contamos con 09 unidades, de acuerdo a la tabla realizada anteriormente.

A continuación, se evidencia los estadísticos descriptivos tanto para los distintos factores de la experimentación, como para los resultados de la evaluación.

Tabla 4. Tabla de indicadores de factores de experimentación.

	Mínimo	Máximo	Media	DS
Relación Agua-Cemento	0.30	0.70	0.50	0.18
Lavado	0.00	1.00	0.50	0.51
Curado	0.00	1.00	0.48	0.50
Factor Cemento	5.00	12.00	8.55	3.14
Grava fina	0.20	0.60	0.34	0.16
Arena	0.20	0.60	0.33	0.16
Grava gruesa	0.20	0.60	0.34	0.16
Porosidad	1.00	3.00	2.16	0.74
Dureza	1.00	3.00	1.96	0.97
Acabado	1.00	3.00	1.94	0.65

Fuente (Elaboración propia)

Interpretación:

Conforme se aprecia, la relación agua cemento utilizada en las distintas mezclas ha ido entre los valores de 0.30 y 0.70 el cual se manejó de acuerdo a la opinión de expertos que nos apoyaron como parte de la investigación; en cuanto al lavado se tiene que la cifra cero representa sin lavar el material agregado, es decir incluyendo los finos contaminantes que tuvo y la cifra uno significa que el material si ha sido lavado en cinco ciclos con agua limpia. Por otro lado, en lo referente al curado cuando éste tuvo un valor de cero significa que se ha curado a la intemperie sin ningún cuidado especial, mientras que el valor de uno significa que el curado ha sido hecho sumergiendo la mezcla de concreto y endurecida en un agua a temperatura y alcalinidad controladas.

En lo que se refiere al factor cemento, este ha sido considerado desde cinco hasta un máximo de 12 bolsas por cada metro cúbico de concreto producido. Respecto de la arena esta se ha incluido en dosis desde 20% hasta un máximo de 60%, por su parte, respecto de la grava fina está ingresado en el concreto desde dosis de 20% hasta 60% también, de igual manera la grava gruesa ha ingresado en porcentajes de entre 20 y 60%. Respecto de los resultados la porosidad se ha medido cualitativamente en niveles del uno al tres siendo que tres ha sido el nivel más poroso tal como se define líneas arriba. En cuanto a la dureza esta sea medida cualitativamente en tres

niveles del uno al tres siendo tres la mayor dureza. En lo referente al acabado este también ha sido medido en tres niveles del uno al tres siendo el acabado uno el mejor.

Conforme se aprecia de la tabla anterior la porosidad alcanzado un promedio de 2.16, es decir se produjo concretos bastante porosos en su mayoría; por el lado de la dureza esta alcanzado un promedio de 1.96 lo que quiere decir que los concretos han sido evaluados como de una dureza aceptable. Para el acabado el promedio ha sido de 1.94 que también es un acabado aceptable.

4.2. Resultados según objetivos específicos

a. Determinar el modelo de predicción del factor cemento del material de sencca ampliando redes neuronales artificiales.- se determinó los valores para el diseño de mezcla ideal de un concreto 210 kg/cm³ teniendo variantes óptimas para el uso de materiales.

Se determinó los modelos de comportamiento del factor cemento en el concreto producido con el material de Sencca, aplicando redes neuronales artificiales e indicadores cualitativos.

Se ha logrado determinar a través de la ejecución de ensayos, la aplicación de indicadores cualitativos y el uso de software moderno, como es que se comporta la cantidad de cemento en la mezcla de concreto producido con el material de Sencca. Los detalles se enumeran a continuación.

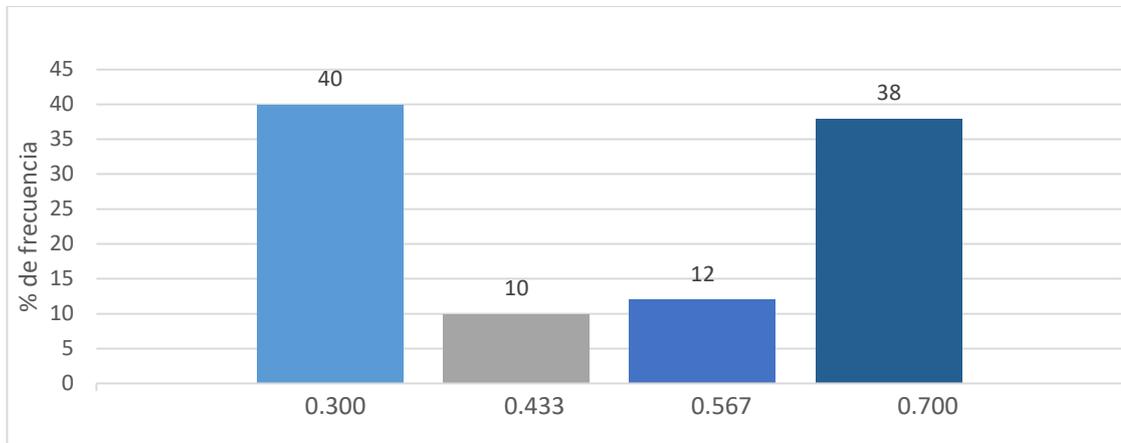
Procesamiento, análisis interpretación y discusión de resultados.

Relación agua cemento.

Para la realización de los ensayos conducentes a demostrar la aplicación de las redes neuronales, se tuvieron distintas relaciones agua cemento en el rango de 0.3 hasta 0.7 en cuanto a los datos que nos arrojó el software.

La estadística descriptiva de las relaciones agua cemento utilizadas se muestran a continuación.

Figura 4. Distribución de los datos - Relación agua cemento

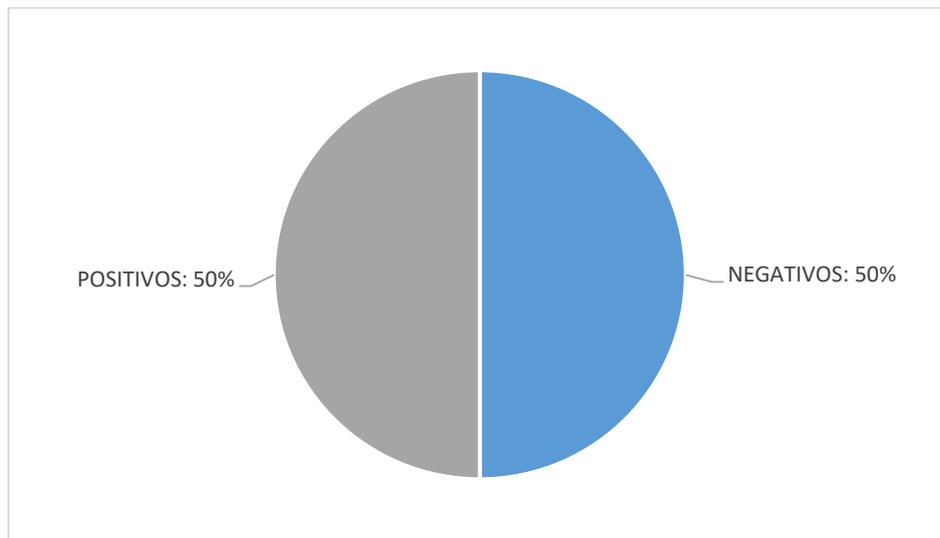


Fuente (Elaboración propia)

Lavado del agregado.

Respecto de las muestras que recibieron agregado lavado, es decir batido en agua limpia, se tienen que la mitad de ellas fue con agregado limpio y la otra mitad con agregado sin lavado. La estadística del lavado del agregado para las muestras se muestra en la siguiente figura.

Figura 5. Tipo de lavado



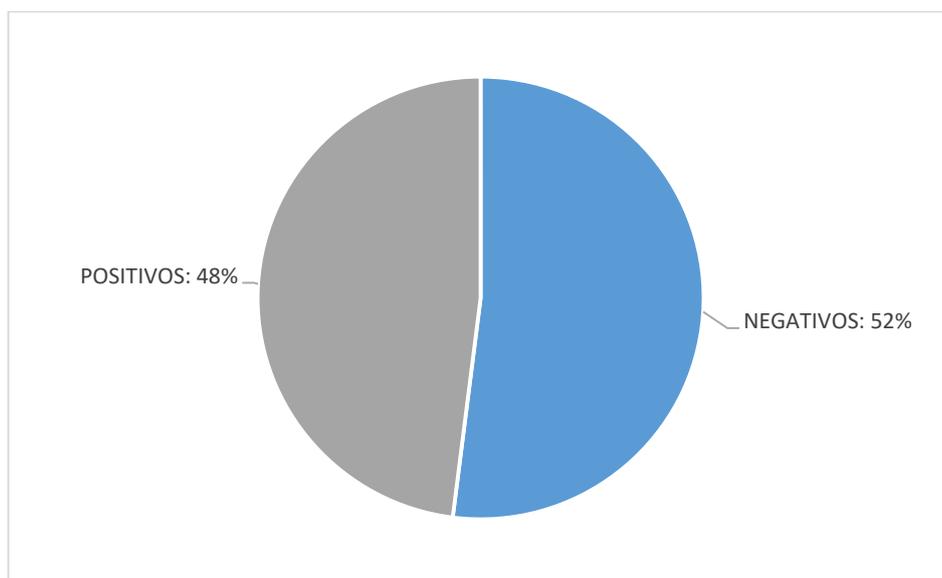
Fuente (Elaboración propia)

Tal como se aprecia en la figura anterior, cuando se refiere a positivos quiere decir que son las muestras que han sido fabricadas con agregado lavado, por el contrario, cuando se refiere a negativos son las muestras que han sido fabricadas con agregado sin lavar.

Curado de las muestras.

Respecto de la forma de curado de las muestras se tuvo dos tipos de curado uno sumergido y que tuvo un curado al aire libre. La estadística de este factor se muestra en la siguiente figura que nos indica el porcentaje de insistencia que tubo nuestras muestras de acuerdo a su tipo de curado.

Figura 6. Tipo de curado



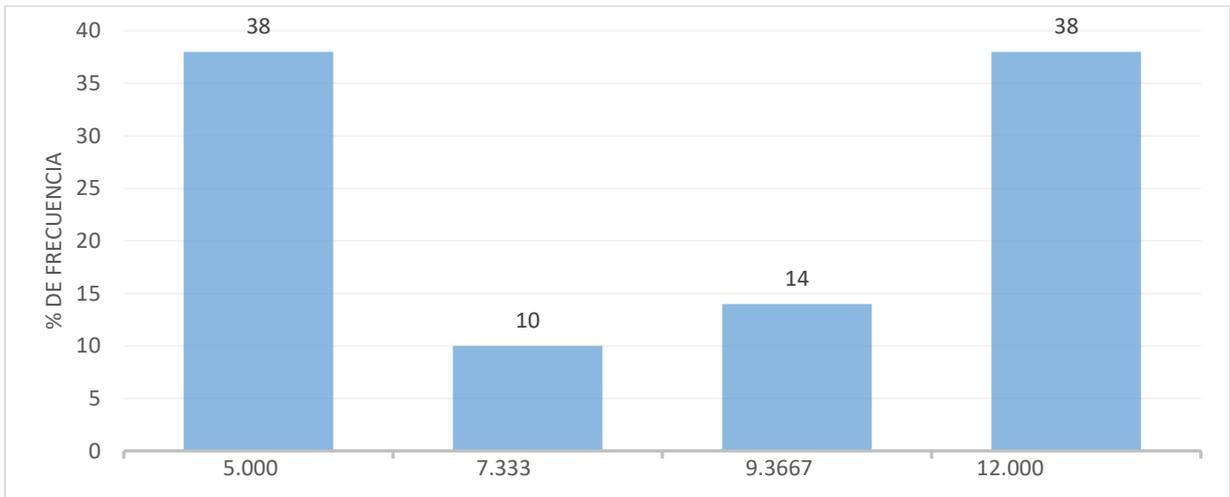
Fuente (Elaboración propia)

Conforme se aprecia, 48% de las muestras fabricadas fueron sumergidas en agua (positivos), mientras que el 52% fueron curadas al aire libre (negativos).

Factor cemento.

Con respecto a los niveles de factor cemento utilizados en la preparación de las muestras se tiene que este valor varió desde cinco bolsas por metro cúbico hasta doce bolsas por metro cúbico. La estadística se muestra a continuación.

Figura 7. Factor cemento



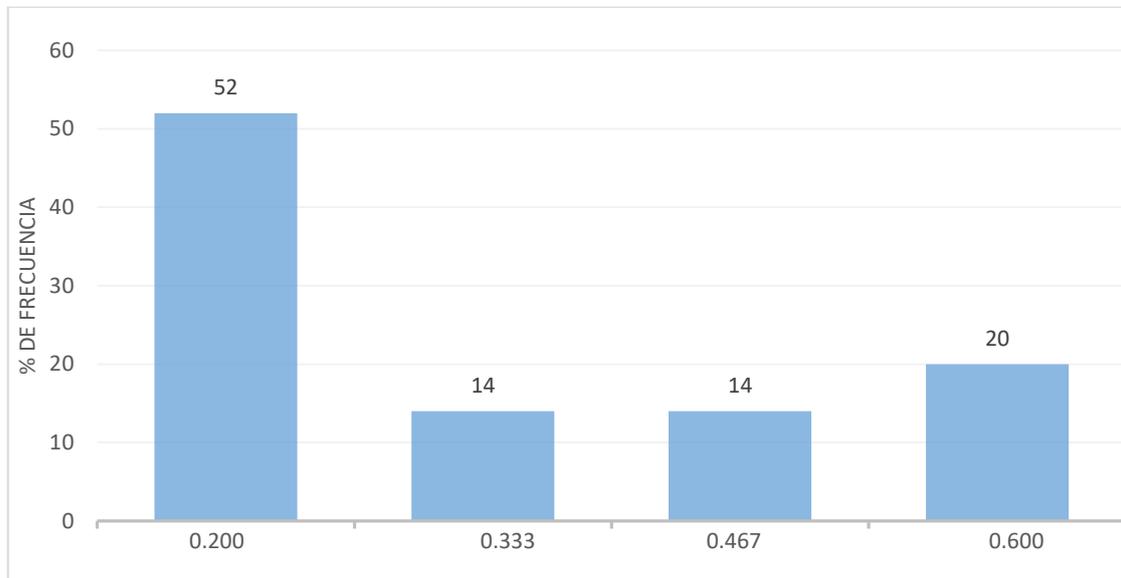
Fuente (Elaboración propia)

Como podemos apreciar en la figura. El 38% de las muestras se fabricaron con el factor cemento de 5, otras 10% muestras se fabricaron con factor cemento de 7.33, además, 14% muestras se fabricaron con factor cemento de 9.37 y otros 38% de muestras fueron fabricadas con factor cemento de 12 bolsas por metro cúbico el cual nos da una relación de factor cemento utilizado.

Porcentajes de grava fina para las muestras.

Los porcentajes de grava fina con que se fabricaron las distintas muestras varían desde el 20% hasta el 60%, la estadística se muestra a continuación.

Figura 8. Grava fina



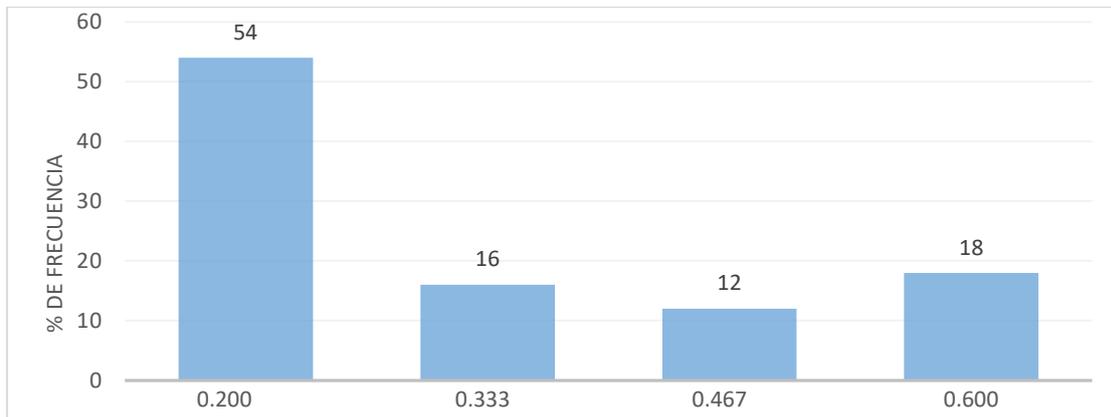
Fuente (Elaboración propia)

Conforme se aprecia, 52% de las muestras fabricadas se hicieron con un porcentaje de grava fina equivalente al 20%, 14% de las muestras se hicieron con grava fina al 33%; otras 14% de las muestras se hicieron con un porcentaje de 0.47 por ciento; finalmente, el 20% de las muestras se fabricaron con un porcentaje de 60% de grava fina.

Porcentaje de arena.

El porcentaje de arena con que se fabricaron las distintas muestras para ser ensayadas va también desde el 20% hasta el 60%. La estadística de los contenidos de porcentaje de arena se muestra en la siguiente figura.

Figura 9. Porcentaje de arena en la mezcla.



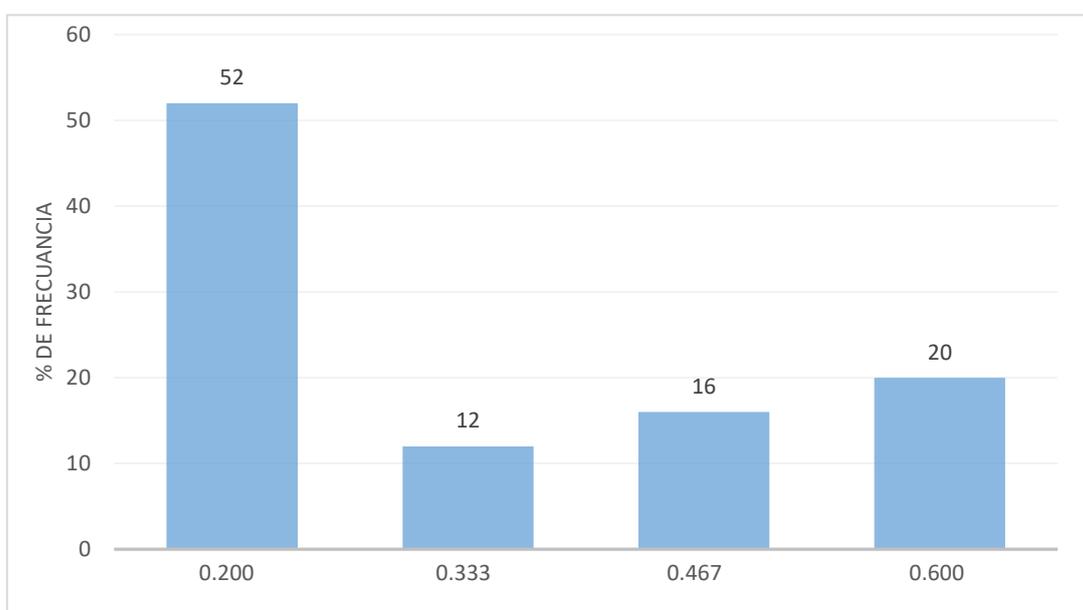
Fuente (Elaboración propia)

Conforme se aprecia, un 54% de las muestras se fabricó con 20% de arena; un 16% de ellas con 33% de arena y un 12% de aquellas con un 47% de arena; finalmente 18% de las muestras fueron hechas con 60% de arena, eso en relación a el uso de arena en cada diseño de mezcla que se realizó para nuestra investigación.

Porcentaje de grava.

Enseguida se muestran las estadísticas de los porcentajes de grava que contuvieron cada una de las muestras que se fabricaron para la presente investigación.

Figura 10. Porcentaje de grava en la mezcla



Fuente (Elaboración propia)

Conforme se observa, un 52% de las muestras contenían un 20% de grava, un 12% de las muestras contenían un 33% de grava; mientras que, un 16% de ellas contenían 47% de grava y finalmente un 20% se fabricaron con 60% de grava, para poder desarrollar nuestra investigación.

A. Distribución de las respuestas medidas.

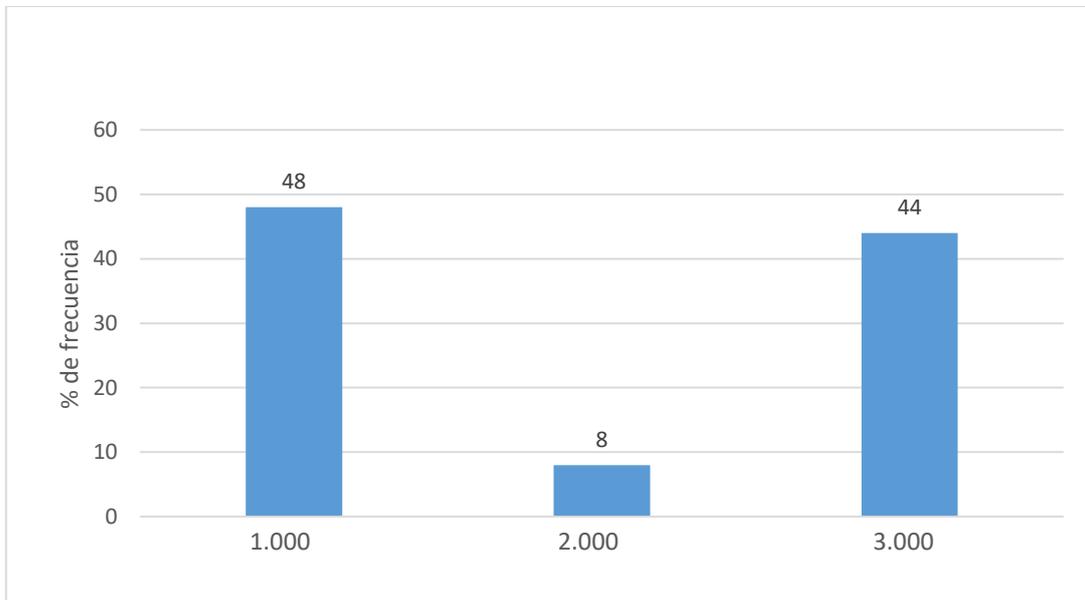
Dureza.

La dureza ha sido medida cualitativamente, dado que muchas de las muestras de concreto no tenían la dureza suficiente como para utilizar el esclerómetro en ellos. Los resultados obtenidos se muestran a continuación después de la evaluación y la relación que obtuvimos de:

- 1) Poca dureza

- 2) Dureza media
- 3) Dureza alta

Figura 11. Distribución de las respuestas medidas.



Fuente (Elaboración propia)

Conforme se aprecia del gráfico anterior, un 48% de las muestras tuvo una poca dureza, un 8% una dureza media y un 44% una dureza alta, el cual nos indica que tenemos un porcentaje alto de muestras con una dureza óptima para el trabajo.

- b. Determinar del error de predicción del factor cemento a través de redes neuronales artificiales.

Logramos determinar el error de predicción del factor cemento cuando se aplican las redes neuronales, y dando que el reajuste de la red neuronal llega a 0.98 con una desviación estándar de 0.6, en ese sentido el error de las redes neuronales se convierte en 0.3 que es la mitad del dato de la desviación estándar, en ese sentido y en el mejor de los casos, la red neuronal aportara un modelo cuyo ajuste sea 0.68, considerando en las peores condiciones posibles.

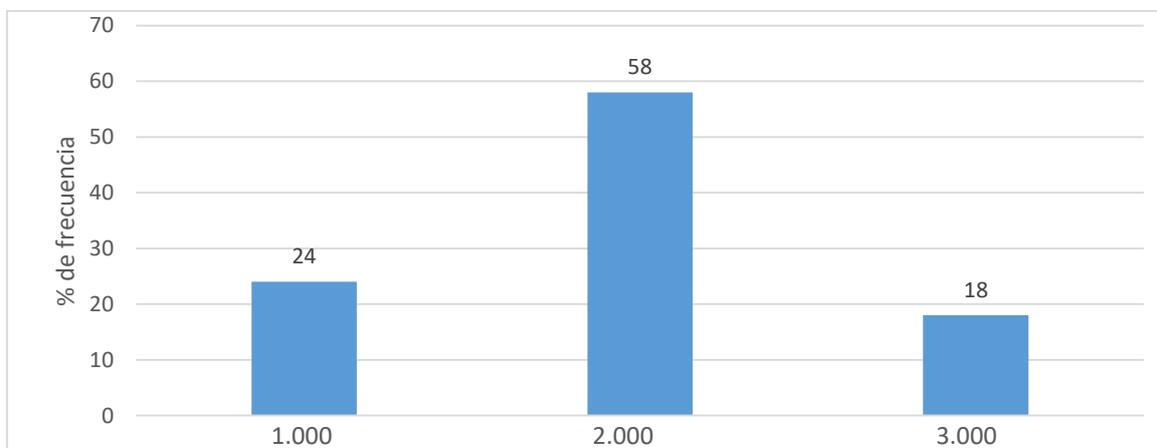
Procesamiento, análisis interpretación y discusión de resultados.

B. Acabado.

Se ha medido cualitativamente el aspecto final de los especímenes de concreto para determinar si están compactos y se subdividió en 3 grupos para seleccionarlo de la siguiente manera en cuanto al acabado.

- 1) Acabado con cangrejas
- 2) Acabado con ciertos vacíos
- 3) Acabado uniforme

Figura 12. Acabado



Fuente (Elaboración propia)

Interpretación:

Así como se aprecia, el 24% de las muestras tuvo un acabado con cangrejas, mientras que el 58% de las muestras se apreció con un acabado con algunos vacíos, en tanto que 18% de las muestras fueron evaluadas como con un acabado uniforme.

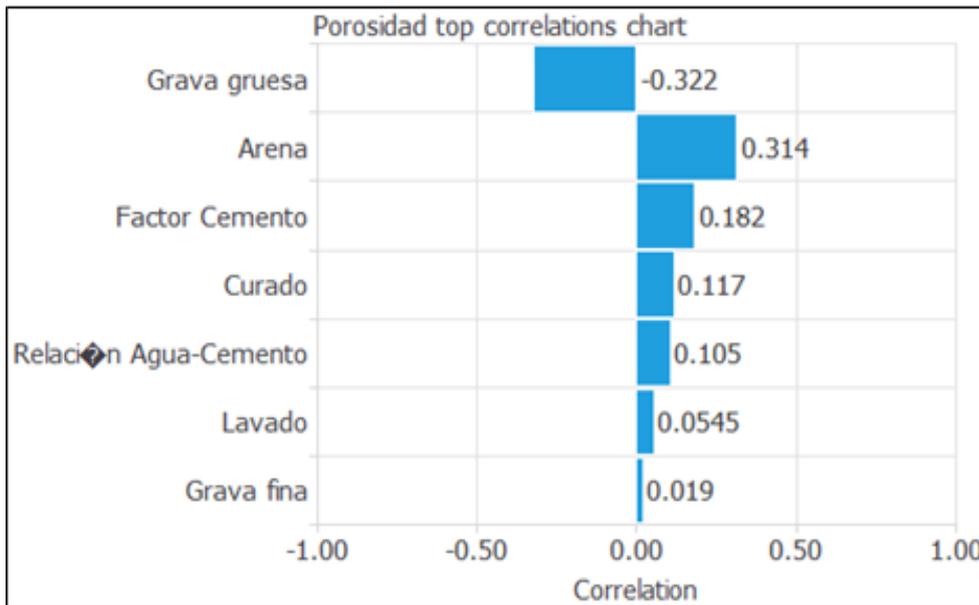
C. Correlaciones de las respuestas.

Porosidad visual

La porosidad del concreto ha sido medida de forma visual determinándose la cantidad de agujeros de forma cualitativa, es decir en tres niveles; el primer nivel con excesiva porosidad y huecos de más de media pulgada en la cara del concreto; el segundo nivel con huecos pequeños no mayores a 3 mm en la cara del concreto y finalmente el tercer nivel sin agujeros visibles

el cual sería una muestra buena para la investigación ya que no mostraría cangrejas.

Figura 13. Correlaciones con la Porosidad



Fuente (Elaboración propia)

La correlación más alta con la porosidad estuvo asociada a la inclusión de grava gruesa, es decir mientras más grava gruesa se incluyó en la mezcla menos porosidad se presentó, esta correlación llega a menos 0.32. Por otro lado, tanto la arena como el factor cemento tuvieron una correlación positiva ascendente a 0.314 y 0.182 respectivamente haciendo que a mayor cantidad de estos componentes en las muestras se presente menos porosidad. Los otros componentes parecen no mostrar una correlación significativa con la porosidad

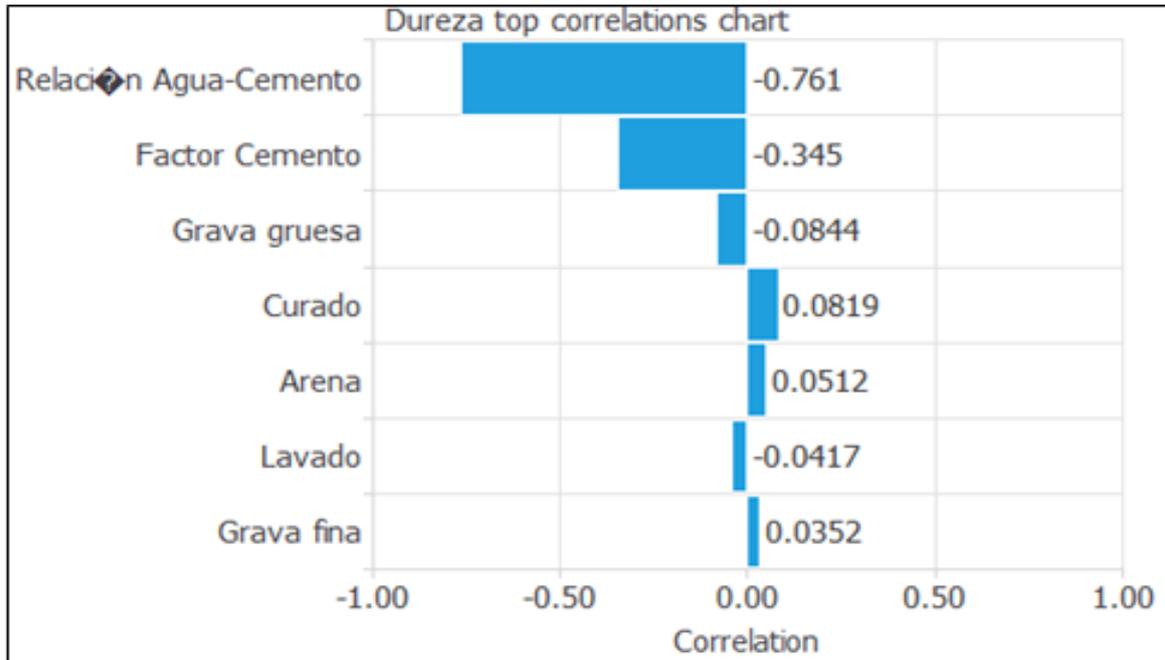
En resumen, conforme se aprecia tanto la grava gruesa como la arena tiene influencia en la porosidad, la presencia de grava gruesa aumenta la porosidad mientras que a mayor cantidad de arena la porosidad disminuye.

D. Dureza.

La dureza de las muestras de concreto también ha sido determinada de forma cualitativa puesto que no a todas se les pudo realizar la medida con esclerosis metro dado que estaban muy frágiles y sin cohesión. La dureza se ha dividido en tres niveles el primer nivel de las briquetas muy duras y

difíciles de penetrar con el dedo; el segundo nivel de las briquetas con dureza media que con cierto esfuerzo y tan sólo con el hincado del dedo se podía penetrar en el concreto; y el tercer nivel el más débil que no resistía el hincado del dedo en la muestra puede ser disgregada inmediatamente

Figura 14. Tabla de correlaciones principales de dureza



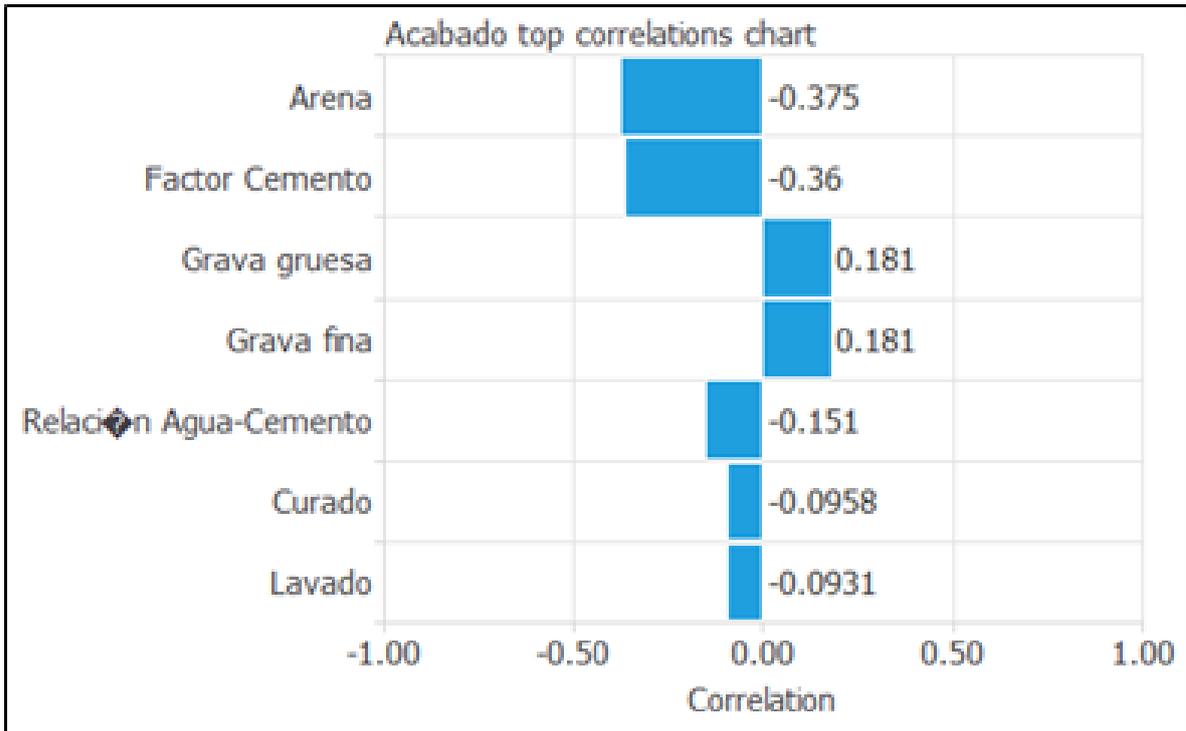
Fuente (Elaboración propia)

Tal como se observa los principales factores que mejoran la naturaleza son la relación agua cemento cuando ésta disminuye y el factor cemento cuando éste aumenta.

E. Acabado

Del mismo modo para la determinación del acabado de la muestra se hizo de forma cualitativa a través de la inspección visual de las mismas; determinándose tres niveles el primer nivel de un acabado uniforme y fino de la superficie; el segundo nivel de un acabado medianamente poroso y con imperfecciones; y un tercer nivel con un acabado totalmente heterogéneo y no uniforme a la vista.

Figura 15. Acabado Top Correlations Chart



Fuente (Elaboración propia)

En cuanto este factor tanto la arena como el factor cemento tienen un efecto positivo en el acabado.

F. RESULTADOS DE LA RED NEURONAL.

Entradas.

Las entradas se refieren a los factores tomados en cuenta para determinar la variabilidad de las respuestas.

Así se tienen los siguientes factores o entradas:

- Relación Agua-Cemento
- Lavado Curado
- Factor Cemento Grava fina
- Arena
- Grava gruesa

G. CAPA DE ESCALAMIENTO

La capa de escalamiento se refiere a la matriz con la que los valores de las entradas fueron uniformizados a una escala manejable para que todos los valores tengan un rango similar de variación.

Tabla 5. Capa de Escalamiento

	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIA	DESVIACIÓN
Relación Agua-Cemento	0.3	0.7	0	1
Lavado	0	1	0	1
Curado	0	1	0	1
Factor Cemento	5	12	0	1
Grava fina	0.2	0.6	0	1
Arena	0.2	0.6	0	1
Grava gruesa	0.2	0.6	0	1

Fuente (Elaboración propia)

Conforme se aprecia, los valores de todos los factores fueron normalizados desde cero hasta uno.

H. CAPAS PRECEPTRON

La capa de perceptrón, es aquella que tiene la función de determinar el número de nodos y la función de activación para la red neuronal, en este caso se han utilizado tres perceptrones y dos funciones de activación conforme se aprecia la siguiente tabla.

Tabla 6. CAPAS PRECEPTRON

NUMERO DE ENTRADAS	NUMERO DE PERCEPTRONES	FUNCION DE ATIVACIÓN
17	3	AGENTE HIPERBÓLICO
23	3	LINEAL

Fuente (Elaboración propia)

Tal como se evidencia, se utilizaron dos funciones de activación primera el hiperbólico y luego lineal para el hiperbólico se empleó tres perceptrones con 17 entradas y para el lineal también tres perceptrones con 23 entradas

I. PARÁMETROS DE LA RED NEURONAL.

El parámetro de la red neuronal está referido al nivel de ajuste que ésta alcanza una vez hechos los cálculos, se entiende que cuanto más próximo a -1 o +1 el ajuste está mejor.

Tabla 7. Parámetros de la Red Neuronal

	MÍNIMA	MÁXIMA	MEDIA	DESVIACIÓN ESTANDAR
ESTADISTICAS	-0.997	0.989	-0.0429	0.636

Fuente (Elaboración propia)

Conforme se evidencia, se aprecia que el ajuste de la red neuronal puede llegar desde menos 0.997 hasta 0.989, con una desviación estándar de 0.636, esto significa que tiene un rango amplio de ajustes del cual elegir.

J. CAPA DE DESESCALAMIENTO

La capa de des escalamiento se refiere a la matriz con la que se restituya los valores originales luego de realizado los cálculos por el método de redes neuronales.

Tabla 8. Capa de Desescalamiento

	MÍNIMO	MÁXIMO	MEDIO	DESVIACIÓN
POROSIDAD	1	3	0	1
DUREZA	1	3	0	1
ACABADO	1	3	0	1

Fuente (Elaboración propia)

Tal como se ve para los tres factores evaluados en escala del uno al tres se han utilizado dichas escalas, es decir del uno al tres como una matriz de desescalamiento.

K. SALIDAS

Se han determinado como salidas o respuestas de la red neuronal los conceptos medidos que a continuación se listan:

- 1) Porosidad
- 2) Dureza
- 3) Acabado

4.3. Presentación de Resultados

Con base en los resultados obtenidos se puede presentar el siguiente resumen:

Resultados direccionales

Porosidad y relación agua cemento.

Conforme se aprecia, la porosidad del concreto se incrementa con la relación agua cemento. Sin embargo, esta relación no parece ser tan importante puesto que la pendiente de la recta es bastante pequeña.

Tal como se observa la dureza del concreto se reduce conforme se incrementa la relación agua cemento. Para el caso específico de la relación de la dureza con la proporción agua versus cemento, se tiene que esta relación es bastante importante ya que la pendiente negativa de la recta es muy pronunciada; esto quiere decir que un aumento de la relación agua cemento tiene un impacto significativo en la dureza del concreto.

Respecto del acabado este presenta una ligera disminución cuando se

incrementa la relación agua cemento. Conforme se aprecia, el acabado tiene ligera relación con la proporción agua cemento ya que la pendiente de la recta es prácticamente horizontal; esto quiere decir que ambos factores tienen una correlación muy débil.

Conforme se aprecia la porosidad sube ligeramente cuando se incrementa el factor cemento, aunque esta subida parece no ser sustancial. Igualmente, se aprecia una correlación débil entre estos factores ya que la recta tiene una pendiente prácticamente nula.

De lo anterior se evidencia que la dureza parece reducirse cuando se incrementa el factor cemento. Esto podría deberse a que la masa de concreto se convierte paulatinamente en mortero cuanto más cemento y arena presenta. Conforme se aprecia la pendiente de la recta que correlaciona la dureza con el factor cemento es apreciable, esto quiere decir que el factor cemento influye significativamente en la dureza.

De la figura anterior se puede concluir que el consumo de cemento para este tipo de concreto 210 kg/cm², se puede reducir hasta en un 53,3% $(2.5-1.75)/(0.6-0.2)*100$) para obtener una dureza equivalente, si se aplican redes neuronales para su cálculo.

En la figura anterior se aprecia que el acabado disminuye conforme aumenta el factor cemento, pero esta disminución es casi imperceptible. La correlación de estos factores es prácticamente nula dado que la recta que configura su comportamiento es horizontal.

V. DISCUSIÓN

En este capítulo se analizan y discuten el desarrollo, los antecedentes y la base teórica de los resultados de la investigación, para tal fin consideraremos los objetivos principales partiendo desde el objetivo general la cual es: Diseño optimizado del concreto mediante la reducción del cemento Portland T1 poniendo en práctica las redes neuronales utilizando los agregados de la Cantera de Sencca-Cusco para llegar a un diseño de mezcla optimo $f'c=210$ kg/cm². Mediante las redes neuronales apoyados del software Neutral Designer hemos tenido varias soluciones respecto a nuestra investigación para el diseño de la mezcla ideal. Los resultados indican que podemos reducir el cemento en un 20% obteniendo la misma dureza habitual cuando se modela su comportamiento mediante las redes neuronales. La etapa de validación de la red neuronal representa el grado de generalización de esta, es la capacidad de la red para dar una respuesta aceptable ante patrones que no han sido usados.

Las variables definidas para este trabajo de investigación fueron: El diseño de mezclas y el factor cemento. Se realizaron 50 pruebas cada una con distintas proporciones para llegar al diseño ideal que nos ha brindado el Software Neutral Designer, los resultados fueron, dureza, la porosidad y el acabado. Cada muestra dio un resultado distinto, lo cual fue muy útil para nosotros.

1. Gonzales Gaspar, C. (2018). Sostiene Las Redes Neuronales Artificiales (RNAs), son sistemas inteligentes que están basados en el comportamiento neuronal biológico, la cual procesan información. Con un canal de entrada y de salida, que tiene alta disposición de comunicarse entre sí y es conocido como SINAPSIS. También que se demostró gran importancia de las características de los agregados en cuanto a la durabilidad del concreto al esfuerzo de la comprensión Axial, gracias a características como la humedad, absorción y granulometría se consiguió un comportamiento ideal para el diseño de red neuronal, al igual que las significancias de estas características sobre la resistencia del concreto al formar una red neuronal artificial.

En este caso concuerdo con Gonzales Gaspar C (2018), en que el sistema de redes neuronales, son sistemas inteligentes, con los que puedes trabajar en métodos de investigación en este caso que es la reducción del consumo de cemento, y en el caso de él, en la durabilidad del concreto, al cual llevo a la conclusión que las redes neuronales es un método para realizar un diseño de mezcla optimo, mejorando las propiedades del concreto. Ya que mediante esta red neuronal pude realizar ensayos y así obtener resultados satisfactorios de acuerdo a esta tesis.

2. Luis Octavio Gonzales Salcedo (2012). Sostiene que el acercamiento a las redes neuronales artificiales ha sido explorado para poder predecir la resistencia a la compresión en tipos de concretos reforzados con fibras de polipropileno. Dichas redes neuronales artificiales con tipología feedforward con aprendizaje backpropagation y arquitectura multicapa, que fueron realizadas y evaluadas tomando como indicadores de desempeño el error MSE, y la correlación R2. Traza los siguientes aportes:

La consideración de variables de entrada diferenciando el tipo de cemento.

Inclusión de registros sin adición de fibra.

Se abre una investigación en la tecnología del concreto reforzado de fibra de polipropileno.

Según la resistencia a la compresión, este está influido en proporciones de mezcla por cantidades diferentes con ingredientes de mezcla, con condiciones de curado, relación agua, cemento, y métodos de mezclado, medios de transporte y localización y vibración, según considera Sánchez (200).

Le doy la razón a Luis Octavio Gonzales Salcedo (2012) porque su argumento en cuanto a redes neuronales es que es un modelo en el que

puedes predecir la resistencia en tipos de concreto reforzado para obtener un diseño óptimo. En el cual nosotros atizamos mediante pruebas de ensayo, a las redes neuronales mediante el Software Neural Designer para predecir y poder reducir satisfactoriamente el consumo de cemento y formar un diseño de concreto de alto nivel como el que se buscaba obtener.

Continuando con el Objetivo Específico: Determinar el modelo de predicción del factor cemento del material de la Cantera de Sencca aplicando redes neuronales. El modelo de predicción del factor cemento para el del material de Sencca, aplicando redes neuronales artificiales tiene por lo menos tres capas ocultas y con un mínimo de tres nodos. De acuerdo a nuestros ensayos se tuvieron distintas relaciones con agua, cemento en el rango 0.3 hasta 0.7. (Figura 3)

3. Para ello cito a Genix Gabriel Granilla Jalire (2017). Que realizo un trabajo de investigación llamado: "OPTIMIZACION DE SECCIONES DE CONCRETO ARMADO PARA EL CONTROL DE DEZPLAZAMIENTO LATERAL MEDIANTE EL USO DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES DE LA UNIVERSIDAD SAN ANTONIO DE ABAD DEL CUSCO.", esta consiste en optimizar las secciones de concreto armado, como son las columnas y vigas para el control de desplazamientos laterales máximo en edificaciones de la ciudad del Cusco mediante el uso de Redes Neuronales. El análisis no se realiza solo para las secciones transversales de vigas y columnas, si no también a lo que concierne el costo de mano de obra, materiales y equipos para la construcción del modelado estructural. Para dicha optimización de secciones transversales en vigas y columnas se usa las redes neuronales artificiales, entre ellas el tipo Perceptron Multicapa la que demuestra el mejor desempeño, por presentar capas ocultas, la cual permite solucionar problemas linealmente separables.

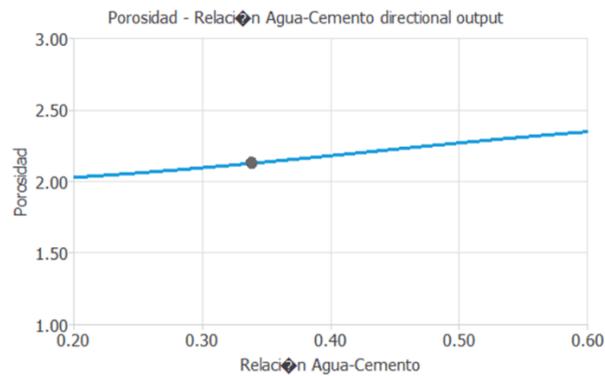
Estoy totalmente de acuerdo con el punto de vista de Genix Gabriel Granilla Jalire (2017) porque busca optimizar secciones de hormigón armado, como columnas y vigas, mediante el uso de redes neuronales

para controlar el máximo desplazamiento lateral en edificios de la ciudad de Cusco. No solo se analizan las secciones transversales de vigas y columnas, sino que también se analizan los costos de mano de obra, materiales y equipos del modelado estructural y en nuestro caso de las redes neuronales artificiales, aunque es cierto, se conoce desde mediados del siglo pasado, sin embargo, a medida que la potencia de cálculo de los ordenadores domésticos se ha duplicado, recientemente ha realizado avances asombrosos y esta presente investigación plantea una forma técnica metodológica de reducir el consumo de cemento, en especial cuando se trata del diseño de concreto de 210 kg por centímetro cuadrado, usando para ello el material proveniente de la cantera de Sencca, y aplicando una técnica de reciente desarrollo.

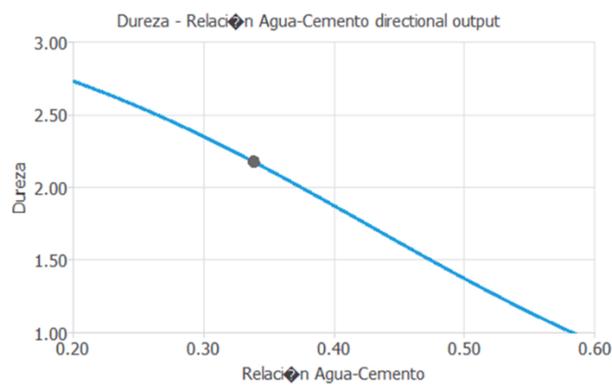
4. Nuestras muestras recibieron agregado lavado (batido en agua limpia) mientras que la mitad fue con agregado sin lavado. Con respecto a las muestras se obtuvo 2 tipos de curado uno sumergido y el otro al aire libre. Teniendo como resultado de la Red Neuronal, así se tuvo los factores o entradas: Agua – Cemento, lavado curado, factor cemento grava fina, arena, grava gruesa. Concluyendo que la dureza del concreto se reduce conforme se incrementa la relación agua – cemento. Para ello citamos a Acuña, L., Torre, A., Moromi, I. & García, F. (2014). Se introdujo una técnica de modelización usando redes neuronales artificiales de un ensayo de resistencia a partir de los siguientes parámetros, teniendo un coeficiente de correlación mayor a 0.93. Esta técnica se utilizó para resolver problemas de la resistencia a la compresión de los concretos mediante un curado, el cual redujo el tiempo de obtención. Estos reflejaron una similitud, entre una red de tipo perceptron y la de tipo ELMAN. Aun así la simplicidad mayor de la red perceptron y su menor tiempo de proceso hace que este sea el más adecuado.

Por tanto, se puede demostrar que los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango aceptable de trabajos de investigación de otros autores, por lo que podemos pensar que las dos redes desarrolladas son aptas para modelar ensayos de compresión de hormigón.

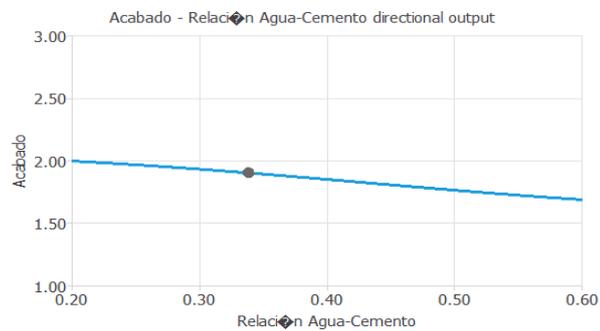
DESCRIPCIÓN GRÁFICA DE LAS PRUEBAS REALIZADAS: La porosidad aumenta con la relación agua cemento:



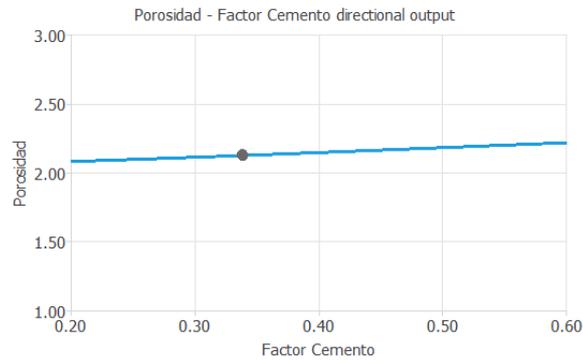
La dureza disminuye cuando la relación agua cemento se incrementa:



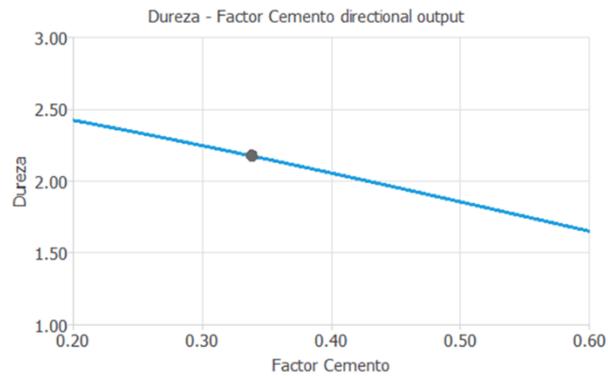
La relación agua cemento parece no tener incidencia en el acabado:



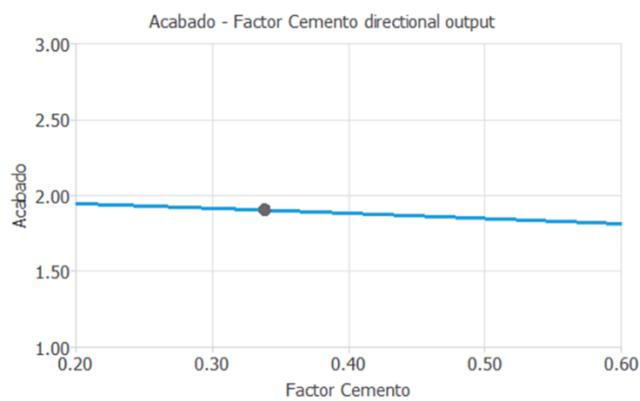
Respecto de la porosidad, el factor cemento parece no tener relación con la porosidad.



A mayor factor cemento la dureza disminuye:



El factor cemento no tiene relación con el acabado:



VI. CONCLUSIONES

1. Se ha logrado determinar la medida en que se reduce el consumo de cemento para el diseño de un concreto 210, preparado con material de la cantera de Sencca, y cuyo cálculo se ha hecho aplicando las redes neuronales. En este sentido, se ha logrado determinar que se puede reducir el consumo de cemento y hasta un 20% para obtener una misma dureza cuando se modela su comportamiento a través de las redes neuronales.
2. Los resultados son válidos para los materiales utilizados en este estudio, sobre todo para el agregado pétreo de la cantera de Sencca y el cemento Portland tipo I empleados
3. Se ha logrado determinar el modelo de predicción del factor cemento del material en estudio, al aplicar redes neuronales artificiales, y cuyo resultado se aprecia en distintos cuadros que correlacionan los factores y las respuestas incluidas en el diseño de la red neuronal; el comportamiento completo del material se puede apreciar en las diversas figuras dentro del cuerpo de la tesis.
4. Por otra parte, se ha logrado determinar el error de predicción del factor cemento cuando se aplican a redes neuronales; y dado que el ajuste de la red neuronal llega a 0.98 con una desviación estándar de 0.6; entonces el error de las redes neuronales se convierte en 0.3 que es la mitad de la desviación estándar; en este sentido en el peor de los casos, la red neuronal aportará un modelo cuyo ajuste será de 0.68; considerando las peores condiciones posibles.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda profundizar el estudio de la aplicación de redes neuronales para el diseño de mezclas del concreto con materiales pétreos provenientes de otras canteras
2. Así mismo se recomienda la aplicación de redes neuronales para ir descubriendo los fenómenos que afectan por ejemplo el endurecimiento prematuro del concreto y la contaminación de agregados
3. Se recomienda incidir en el cambio de la normativa actual para que pueda contemplar ese tipo de diseños como la alternativa a los diseños tradicionales de mezcla de concreto

REFERENCIAS

ACI. (2002). Diseño y construcción de pisos y pavimentos de concreto.

Lima: CAPITULO PERUANO ACI.

Acuña, L., A., Moromi, I. & García, F. (2014). Uso de las Redes Neuronales Artificiales en el modelado del Ensayo de Resistencia a Compresión de Concreto de Construcción según la Normal ASTM C39/C 39M Información tecnológica. ResearchGate. Recuperado el 01 de julio, 2019 en <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642014000400002>

Aitcin, P.C. (1997). The art and science of high-performance concrete», Advances in concrete science and technology. Editor: P.K. Mehta, pp. Roma.

ASTM C 150 (2002): The American Society for Testing Materials Standard Specification for Portland Cement, West Conshohocken VSA

Bach. Manuel Harol Díaz Tello (2017). "USO DE LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES EN EL MODELADO DEL ENSAYO DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DE CONCRETO DE CONTRUCCION. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA. CAJAMARCA.

Badilla, V. (2014). Correlación de diferentes métodos de detección no destructivos de anomalías en el hormigón. (Trabajo final de master). Universidad Politécnica de Catalunya. Tecnología de la Arquitectura. Barcelona, España. Recuperado el 15 de mayo, 2019 en <http://hdl.handle.net/2117/82622>.

Barboza, F., Cabañas, O., Cáceres, F., & Riveros, A. (2007). PAVIEMNTO DE BAJO COSTO CON BASE DE SUELO CEMENTO-TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE EN VALZADA Y SIEPRE EN BANQUINAS CON EMILSIONES ASFÁLTICAS RR2C MODIFICADAS CON POLIMEROS SBS. CERRO LEON: ASITENCIA INTEGRAL DE INGENIERÍA S.R.L.

- Basygit, C., I. Akkurt, S. Kilincarsian y A. Beycioglu (2010) Prediction of compressive strength of heavyweight concrete by ANN and FL models, *Neural Computing and Applications*: 19, 507-513. Cuba.
- Becerra, L. (2014). Modelo neuronal de demanda de transporte en redes viales urbanas. Lima: Universidad Nacional de Ingeniera.
- Bishop, C.M. (1995). *Neural Networks for pattern recognition*, Oxford University Press, Oxford, Gran Bretaña
- Braja, D. (2014). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. México D.F.: Cengage Learning Editores.
- Brante, G. (2015). RIEGOS ASFALTICOS. Laboratorio Regional Vialidad Va. Region.
- Chan, J., Solís R. & Moreno, E. (2013) Influencia de los agregados pétreos en las características del concreto. *Red de revistas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*. Universidad Autónoma del Estado de México, México. Recuperado el 13 de mayo, 2019 en <https://www.redalyc.org/pdf/467/46770203.pdf>.
- Comisión Federal de Electricidad. (1994). *Manual de Tecnología del Concreto sección tres*. Ciudad de México: CFE. Gonzales, D. M. (2003). *Guía introductoria a la durabilidad del concreto*
- CSC, D. (3 de octubre del 2018). ¿Qué es una red neuronal? Parte 3: Backpropagation. Obtenido de Archivo de Video: Recuperado de: https://www.youtube.com/watch?v=eNlqz_noix8&list=PLEhz8xIFx_aF6AcK_gjbolEauwHbnBxry&index=11
- CSV, D. (19 de Marzo de 2018). ¿Qué es una red neuronal? Parte 1: La neurona | DotCSV. Obtenido del archivo de Video: https://www.youtube.com/watch?v=MRlv2lwFTPg&ab_channel=DotCSV
- CSV, D. (3 de octubre de 2018). ¿ que es una red neuronal? Parte 3: Backpropagation. Obtenido de Archivo de Video:

https://www.youtube.com/watch?v=eNlqz_noix8&t=51s&ab_channel=DotCSV

Cuellar, J., & Sequeiros, W. (2017). Influencia del cuadrado en la resistencia a la compresión del concreto preparado con cemento portland tipo i y cemento puzolanico tipo IP en la ciudad de Abancay – Apurímac. Abancay: Universidad Tecnológica los Andes.

Díaz Tello, M. (2017). Uso de las redes neuronales artificiales en el modelado del ensayo de resistencia a compresión de concreto de construcción según la norma ASTM C39/ C39M. Obtenido de Repositorio Universidad Nacional de Cajamarca:

<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1020?show=full>

García, R. (2016). Análisis y verificación de la resistencia a la compresión mediante ensayos de esclerometría y diamantina y la incidencia en la figuración de la carpeta de rodadura de la Av. 28 de Julio del distrito de Wanchaq (Tesis de titulación). Universidad Andina del cusco – Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Perú. Recuperando el 01 de Julio, 2019 en <http://repositorio.uandina.edu.pe/handle/UAC/85>

Granilla Jalire, Genix G. (2017). OPTIMIZACION DE SECCIONES DE CONCRETO ARMADO PARA EL CONTROL DE DEZPLAZAMIENTO LATERAL MEDIANTE EL USO DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES (Tesis de titulación). Universidad san Antonio de Abad del Cusco.

<http://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/UNSAAC/2534>

Gonzales Gaspar, C. (2018). ANALISIS DE LA RESISTENCIA EN EL CONCRETO MEDIANTE REDES NEURONALES HACIENDO USO DE AGREGADO DE LA CANTERA SANTA ROSA HUACAVELICA. (Tesis de Pre grado). Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica.

Gonzales, L. (27 de Abril de 2018). Librerías de Machine Learning con Python.

Gonzales, L. Guerrero, A., Delvasto, S., & Ernesto, A., (2012). Red neuronal para estimar la resistencia a compresión, en concretos fibro-reforzados con polipropileno. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.

Gonzales, L., Guerrero, A., Delvasto, S., & Will, A. (2012). Red neuronal artificial para estimar la resistencia a compresión en concretos fibro - reforzados con polipropileno. Revista Universitaria de Manizales, 1 – 18.

Gonzales Salcedo, L., O., guerrero Zúñiga, A. P., Delvasto Arjona, S., & Ernesto Will, A. L. (junio de 2012). EXPLOTACION CON REDES NEURONALES ARTIFICIALES PARA ESTIMAR LA RESISTENCIA A LA COMPRESION, EN CONCRETOS FIBRO - REFORZADOS CON ACERO. CIENCIA E INGENIERIA NEOGRANADINA, 24.

González-Salcedo, L., O., Guerrero Zúñiga, A., P., Delvasto Arjona, S., & Ernesto Will, A., L., (s.f.). ESTIMACION DEL INDICE DE TENACIDAD FLEXURAL I5 EN CONCRETOS. Obtenido de Aprende en Línea: <https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/materiales/article/viewFile/19252/16538>

Khademi, F., Jamal, S., Deshpande, N., & Londhe, S. (2016). Predicting strength of recycled aggregate concrete using Artificial Neural Network, Adaptive Neuro – Fuzzy Inference System and Múltiple Linear Regression. Internacional Journal of Sustainable Built Environment, 355 – 369.

Labajo Gonzales, E. (2016). El método Científico (II). Obtenido de ucm es: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/107-2017-02-08-EI%20M%C3%A9todo%20Cient%C3%ADfico%20II.pdf>

MACCAFERRI. (2007). Fibras como elemento estructural para el esfuerzo del hormigón. Jundiai: Maccaferri Do Brasil Ltda.

Mehta, P.K. (1991). Durability of concrete – Fifty years of progress?, Durability of concrete, SP-126, American Concrete Institute. Farmington Hills. Mich.

Mehta, P.k. y P.J.M. Monteiro (1996). Concrete: microstructure, properties and materials. McGraw-Hill College Custom Series.

N.T.P. 339.034. (2015). Norma Técnica Peruana NTP 339.034. Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias.

N.T.P. 339.088. (2014). Norma Técnica Peruana NTP 339.088. Agua para concreto. Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de barreras Comerciales No Arancelarias.

N.T.P.339.185. (2013). Norma Técnica Peruana NTP 339.185. Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias

N.T.P.400.013. (2013). Norma Técnica Peruana NTP 400.013. Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias.

N.T.P.400.037. (2014). Norma Técnica Peruana NTP 400.037. Lima: Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales No Arancelarias.

Olivera, B. F. (1999). *Estructuración de vías terrestres*. Delegación Azcapotzalco: COMPAÑÍA EDITORIAL CONTPJENTAL, S.A. de C.V.

Rao, S. (2009). *Engineering Optimization*. New Jersey: Wiley.

Roy, D.M. y M.R. Silsbee. (1994). Novel cements and concrete products for application in the 21st Century, Concrete technology, past, present and future. American Concrete Institute. Farmington Hills, Mich.

Saccaco, Y. (2015). Agregados. El único tecnología, 2.

Sánchez, F., & Tapia, R. (2015). Relación de la resistencia a la compresión de cilindros de Concreto a edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días respecto a la Resistencia a la compresión de cilindros de concreto a Edad de 28 días. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego.

Brante, G., (2015) RIEGOS ASFALTICOS. Laboratorio Regional Vialidad Va. Region. Comisión Federal de Electricidad. (1994). Manual de Tecnología de Concreto sección tres. Ciudad de México: CFE.

- Gonzales, D. M. (2003). Guía introductoria a la durabilidad del concreto.
- MACCAFERRI. (2007). Fibras como elemento estructural para el refuerzo del hormigón. Jundiaí: Maccaferri Do Brasil Ltda.
- Olivera, B. F. (1999). Estructuración de vías terrestres. Delegación Azcapotzalco: COMPAÑÍA EDITORIAL CONTPJENTAL, S.A. de C.V.
- Rao, S. (2009). *Engineering Optimization*. New Jersey: Wiley.

ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

MATRIZ DE CONISTECIA						
PROBLEMAS GENERAL Y ESPECIFICOS	OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS	HIPÓTESIS GENERAL Y ESPECÍFICAS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	1. VARIABLE INDEPENDIENTE	<ul style="list-style-type: none"> • Propiedades físicas de los agregados. 	<ul style="list-style-type: none"> · Cantidad por m3 de cemento. 	El método de Investigación deductivo con enfoque mixto tipo de investigación pre experimental descriptivo.
¿En qué medida la aplicación de redes neuronales reduce el consumo de cemento para un diseño óptimo de concreto, usando el material de la cantera de Sencca con fines del diseño de concreto 210 kg/cm2?	Determinar la aplicación de redes neuronales reduce el consumo de cemento para un diseño óptimo de concreto, usando el material de la cantera de Sencca con fines del diseño de concreto 210 kg/cm2	La aplicación de redes neuronales permite una reducción significativa en el diseño óptimo del concreto, de por lo menos el 20% del consumo de cemento en el diseño de mezcla 210 kg/cm2	Aplicación de Redes Neuronales.	<ul style="list-style-type: none"> • Propiedades mecánicas. 	<ul style="list-style-type: none"> · Relación agua cemento. 	
PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	2. VARIABLE DEPENDIENTE	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidades de diseño. 	<ul style="list-style-type: none"> · El consumo de cemento es la relación del comportamiento de redes neuronales 	POBLACION
1. ¿Cuál es el modelo de predicción del factor cemento del material de Sencca, aplicando redes neuronales artificiales?	1. Determinar el modelo de predicción del factor cemento del material de Sencca, aplicando redes neuronales artificiales.	1. El modelo de predicción del factor cemento para el del material de Sencca, aplicando redes neuronales artificiales tiene por lo menos 3 capas ocultas y con un mínimo de tres nodos cada una.	Diseño óptimo de concreto	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la compresión. 	<ul style="list-style-type: none"> · Relación agua cemento 	<ul style="list-style-type: none"> · Material lastre de la cantera de Sencca en actual explotación.
2. ¿Cuál es el diseño de mezcla que permite la reducción del consumo de cemento	2. Determinar el diseño de mezcla que permite la reducción del consumo de cemento.	2. El diseño de la mezcla es el que permite la reducción de mezcla en un 20 %.		<ul style="list-style-type: none"> • Comportamiento de redes neuronales 	<ul style="list-style-type: none"> · Resistencia a la compresión 	MUESTRA
				<ul style="list-style-type: none"> • resistencia a la compresión. 	<ul style="list-style-type: none"> · Comprende el comportamiento de las redes neuronales 	Muestra convencional de 35 ensayos.
				<ul style="list-style-type: none"> • propiedades mecánicas 		
			<ul style="list-style-type: none"> • Comportamiento de redes neuronales 			

ANEXO 2. MATRIZ DE CONSISTENCIA

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Independiente- General:	Determina en qué medida se reduce el consumo de cemento aplicando redes neuronales para el diseño de un concreto de 210 kg/cm ²	La aplicación de redes neuronales permite una reducción significativa, de por lo menos el 20% de consumo de cemento en el diseño de mezcla 210 kg/cm ²	<ul style="list-style-type: none"> Propiedades físicas de los agregados 	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad de m³ por cemento 	La escala de medición utilizada en la investigación es de m ³
Aplicación de redes neuronales			<ul style="list-style-type: none"> Propiedades mecánicas 	<ul style="list-style-type: none"> Relación agua cemento 	
			<ul style="list-style-type: none"> Cantidades de diseño 	<ul style="list-style-type: none"> El consumo de cemento es la relación del comportamiento de redes neuronales 	
			<ul style="list-style-type: none"> Resistencia a la compresión 		
			<ul style="list-style-type: none"> Comportamiento de redes neuronales 		
Dependiente - Específico:	Determinar el diseño de mezcla que permita la reducción del consumo de cemento	El diseño de mezcla es el que permite la reducción de cemento en un 20%	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia a la compresión 	<ul style="list-style-type: none"> Relación de agua cemento 	
Diseño óptimo del concreto			<ul style="list-style-type: none"> Propiedades mecánicas 	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia a la compresión 	
			<ul style="list-style-type: none"> Comportamiento de redes neuronales 	<ul style="list-style-type: none"> Comprende el comportamiento de las redes neuronales 	

Anexo 3. Parámetros de Comportamiento de Canteras - Cusco
PARAMETROS DE COMPORTAMIENTO DE CANTERAS - CUSCO

CANTERA	Allpaorcona San Jeronimo	Huancaro	Larapa	Cachimayo	Huancaro	Huancaro	Larapa	Larapa	Huaccoto	Sennca	Sennca
CBR		24.8	40.2			44	31	49.1	41	54.6	65.8
Limite Liquido	18.3	NP	26	19.5	10.9	16.6	18.3	19.6	21.7	24.7	28.6
Indice de Plasticidad	NP	NP	12.6	NP	NP	NP	4	3.8	2.5	5.1	5.7
Abracion %				46	56.4	62.1	29.2			34.4	37.4
Humedad Optima		9	8.2	6.6	8.4	7.8	6.3	6.5	7	7.9	8
Densidad Maxima		2.1	2.2	2.6	2.1	2.5	2.3	2.5	2.2	2.2	2.2
Granulometria % pasa 3"		100	100			100		100			
2"		78.4	92.3	100	100	91.3	100	95.2	100	100	100
1"	97.7	71.4	77.5	70	74.2	79.8	77.5		92.3	89	83
3/4"	93.3			61	70						
1/2"	72.8			47.1							
3/8"	48.5	51		41.1		51.1			65.5	9.5	58
# 4	31.4	38	35.4	27.5	41.5	50.5	54.3	52.6	52.5	45	43
# 8					21.7						
# 10	17.4	29	24.3	17.2		32.1	29.3	32.8	41.9	27	28
# 16				12.5	18.3						
# 30				10.6	16.4						
# 40	8.5	16.6	16.7			26.9	20.8	25.6	32.6	0.3	21
# 50				9.5	13.6						
# 100	4.1			6.5	6.3						
# 200	2	4	8.6	5.2	4.2	7.1	14.1	18.6	23.3	11	13
Clasificacion Sucs		GW	GP-GC	GW	GP	SW-SM	SW-SM	SM	SM	GM	GM
Clasificacion AASHTO		A-1-A(0)	A-2-6(0)	A-1-A(0)	A-1-A(0)	A-1(0)	A-1(0)	A-1(0)	A-2-(5)	A-1(0)	A-1a(0)
Referencia	a	b	b	c	d	e	f	d	f	f	f

Fuente (Elaboración propia) Certificado de ensayos elaborados

- a Diseño de Pavimentos-Metodo Triaxial Texas - M. Pacheco/M. Quispe
- b Estudio Pavimentación ETSUR 1999 - R Menendez
- c Pavimentación y obras de estabilización - Viva el Peru - Pacheco/Ricalde
- d Pavimentación Urb. Progreso - R. Quispe/R. Figueroa
- e Estadística de la Tecnología de Pavimentos Flexibles R Castro/F Marin
- f Ministerio de Transportes y Comunicaciones/Laboratorio de Mecanica de Suelos

Anexo 4. Certificado de ensayo de diseño de mezcla de concreto.



DISEÑO DE MEZCLAS – ACI

- **Solicita** : Douglas Cunza Macutela
Jonathan Mollinedo Sucñier
- **Ubicación** : Cantera Sencca-Cusco-Cusco-Cusco
- **Solicita** : Diseño de mezcla de concreto
- **Fecha** : 08 / 02 / 2021
- **OBJETIVO** : 28 DIAS 21 MPa
- $F_c = 210\text{MPa}$

MATERIALES:

I. Cemento:

YURA:
Tipo IP
Peso Específico 3.15

II. AGREGADOS: Cantera "SENCCA-POROY"

PROPIEDADES	AGREGADO FINO	AGREGADO	UNIDAD
Peso específico	2.55	2.427	gr /cm ³
Contenido de Humedad	0.03	54.6	%
Porcentaje de absorción	4.70	4.01	%
Peso Unitario Suelto	1.32	1.42	gr/cm ³
Peso Unitario Varillado	1.53	1.50	gr/cm ³
Módulo de fineza	2.30		
Rasante de la Malla #200	7.03		%

DISEÑO:

a. Resistencia Promedio

$$F'_{cr} = 2.1 + 8.5 = 2.95 \text{ MPa}$$

b. Tamaño Máximo Nominal: De acuerdo a la granulometría es de ½ "

c. Selección de Asentamiento: 3 " a 4" este valor fue seleccionado de la tabla 1 del método ACI.

d. Volumen Unitario de Agua: Tabla 2, Agua = 193 L/m³ sin aire incorporado.

e. Contenido de Aire: Tabla 3 para ½", 1.5% de aire atrapado.

f. Relación Agua -Cemento: Tabla 4, Interpolando' a/c = 0.556

g. Factor - Cemento: $C = \text{Agua}/(a/c) = 193/0.556 = 346.50$

h. Contenido Agregado Grueso: Tabla 5, Modulo de fineza 2.32 y TMN ½''

Interpolando obtuvimos:

- Agregado grueso seco compactado: D.66 m³/m³
- Agregado Grueso: $0.67 * 1510 = 1008.67 \text{ kg/m}^3$
- Agregados SSS = $1007.67X (1+4.02/100) = 1049.23 \text{ kg/m}^3$





CEMENTO	Peso/Pe	$346.50 / 3150 = 0.110$	m^3
AGUA	Peso/Pe	$193 / 1000 = 0.193$	m^3
AIRE	Peso/Pe	$1.5 \% = 0.015$	m^3
AGREGADO GUESO	Psss/Psss	$1049.23 / 2.427 = 0.432$	m^3
TOTAL = 0.750			m^3

i. Calculo de Volumen Absoluto

1. Contenido de Agregado Fino:

- Volumen Absoluto de Agregado Fino: $1 - 0.750 = 0.250 m^3$
- Peso Agregado Fino SSS: $0.250 \times (2.55 \times 1000) = 636.70 \text{ kg}$

2. Valores de Diseño:

Cemento	346.50	<i>kg / m³</i>
Agua	193.00	L/m ³
Agregado Fino	1049.23	<i>kg / m³</i>
Agregado Grueso	636.70	<i>kg / m³</i>

3. Corrección Humedad de Agregados:

- Pesohúmedo de agregado fino:
 $1049.23 (0.03 - 4.70) / 100 = -29.734k$
 Peso = $536.70 - 29.734 = 606.96 \text{ kg}$
- Peso húmedo de agregado grueso:
 $1049.23 (0.00 - 4.02) / 100 = -42.179 \text{ kg}$
 $1049.23 - 42.179 = 1007.05k$
 $-29.734 - 42.179 = -71.913$
 Agua efectiva = $193 - (-71.913) = 264.913 \text{ L/m}^3$

4. Materiales corregidos:

DESCRIPCION	PESOS	PROPORCION PESOS	VOL. vaciado	PESOS
Cemento	346.50 <i>kg/m³</i>	1	50 TARAS = 0.00144 m³	15.37k
Agua	264.913 L/m ³	0.76		11.75kg
Agregado Fino	606.96 <i>kg/m³</i>	1.76		26.95 kg
Agregado Grueso	1007.05 <i>kg/m³</i>	2.90		44.70 kg
Aditivo	-			


 CESAR EDILBERTO ARBUJAL SUAREZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 115784

ANEXO 4. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
CARRERA PROFECIONAL DE INGENIERIA CIVIL

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto : César Edilberto Arbulú Jurado
Institución donde labora : Universidad Andina del Cusco, Universidad Nacional de San Antonio Abad.
Especialidad : MBA Ingeniero Civil Geotecnista
Instrumento de evaluación : "Diseño optimizado de concreto mediante la reducción del cemento portland aplicando redes neuronales Cusco 2021"
Autores : Douglas Cunza Macutela
Jonathan Edu Mollinedo Sucñier

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5	
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.				x		
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre las variables: Dureza, porosidad y acabado en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					x	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a las variables: Dureza, porosidad y acabado.				x		
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a las variables, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					x	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				x		
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.				x		
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					x	
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de las variables: Dureza, Porosidad y acabado.			x			
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación.				x		
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.				x		
PUNTAJE TOTAL							42

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

: Completamente aplicable _____ 5 _____ de _____ abril _____ del 2021_

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

4

Sello personal y firma

CESAR EDILBERTO ARBULU JURADO
INGENIERO CIVIL
Reg. CP N° 115764

Informe de Instrumento de Evaluación.

Esta ficha sirvió de apoyo en la evaluación de las muestras, para certificar que tenga una validación confiable ya que fue evaluado por un Ingeniero Especialista en investigación dado el caso de la tesis presentada, para así tener un respaldo de instrumento de evaluación, las cuales cumplían con el puntaje acumulado básico en cuanto a sus criterios básico y el direccionamiento necesario para poder continuar con la tesis el cual nos indica como puntaje mínimo a 41 puntos acumulados en la ficha en los aspectos de validación.

Se presenta dicha ficha de evaluación con los respectivos puntajes y la firma correspondiente del profesional para hacer que la certificación tenga veracidad.

ANEXO 5. PANEL FOTOGRÁFICO



Seleccionando el material de la cantera sencca.



Pesado de material para preparado de muestras



Lavando el material seleccionado de la cantera sencca.



Lavando el material que se va a usar en las mezclas de cemento.



Lavando el material para continuar con el proceso del preparado del concreto para la muestra.



Se realizó el pesado del material para la preparación del concreto para las muestras.



Pesado del agregado de la cantera de sencca



Secado de material en horno para la preparación de las muestras de concreto.



Se realizó la identificación de cada muestra para poder identificarlas



Curado de manera sumergida de muestras



Muestras en proceso de secado en las taras debidamente enumeradas para su evaluación y resultados



Muestras secas con notorios resultados de Firmeza, Porosidad y Dureza



Muestra en proceso de curado donde se observa los resultados de Porosidad, Firmeza y Dureza

Anexo 6. Ubicación de cantera de Sencca en mapas satelitales

