

INVESTIGACIÓN

TECNOLÓGICA IST CENTRAL TÉCNICO

Volumen 5 · Número 2 · Diciembre 2023 · Publicación semestral



INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

REVISTA DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO CENTRAL TÉCNICO

COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN

ISSN 2600-5565

Volumen 5

Número 2

Diciembre 2023

Publicación Semestral

Dirección:

ISTCT, Av. Isaac Albéniz E4-15 y El Morlán, Sector el Inca, Quito - Ecuador

Contactos:

www.istct.edu.ec

www.investigacionistct.ec

email: jornadasdivulgacion@istct.edu.ec

Telf.: 099 140 8085

Director General

Mgs. Rodrigo Veintimilla Muñoz, Rector
Instituto Superior Tecnológico Central Técnico
Quito, Ecuador.

Editor en Jefe

MSc. Omar Fernando Sánchez Olmedo
Instituto Superior Tecnológico Central Técnico

Editor Asociado

Vanessa Cristina Erazo
Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio

Ricardo Patricio Arciniega
Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio

Vicente Quishpe
Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi

Roberth Miguel Argoti Arcos
Instituto Superior Tecnológico Central Técnico

Roberto David Lanás Pérez
Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi

Javier Alejandro Núñez Salgado
Investigador independiente

Directora Comité Científico

MSc. Katalina Sarmiento, Vicerrectora
Instituto Superior Tecnológico Central Técnico Quito,
Ecuador.

Expertos

Néstor Xavier Maya Izurieta
Instituto Superior Tecnológico Central Técnico

Daniel Isaias Barzallo Nuñez
Investigador independiente

Paúl David Rosero Montalvo
Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio

Pamela Estefanía Godoy Trujillo
Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio

Carlos Paúl Caza García
Instituto Superior Tecnológico Nueva Vida

Bolívar Alejandro Cuaical Angulo
Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi

Equipo Técnico

Luis Armando Caiza Quishpe
Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio

Rodrigo Andrés Cárdenas Yáñez
Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi

Edwin Fernando Díaz Poma
Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi

Edwin Alfonso Chamba Monar
Investigador independiente

Gissele Estefanía Mosquera Campaña
Investigador independiente

Pedro Jijón Cando
Instituto Superior Tecnológico Cotopaxi

Rina Iliana Rosa Sanabria
Investigador independiente - Honduras

Christian Arturo Calderón Gavilanes
Investigador independiente

Luis Enríquez Pinzón Barriga
Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio

Katuska Espinoza Pérez
Instituto Técnico San Antonio

Renato Rafael Amores Valiecilia
Investigador independiente

Diego Guacho
Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Diseño y Diagramación

Mgs. Hilda Jacqueline Montesdeoca Orozco
Instituto Superior Tecnológico Central Técnico

Traductora

MSc. Joyce Shirley Narváez Sarango
Instituto Superior Tecnológico Central Técnico

INVESTIGACIÓN

TECNOLÓGICA IST CENTRAL TÉCNICO

La aventura de descubrir



Diciembre 2023

Nota Editorial

En esta edición de nuestra revista de divulgación científica, nos complace presentar una ecléctica selección de artículos que destacan los avances y desafíos en diversas disciplinas, desde la mecánica industrial hasta la electrónica, la electricidad, la mecánica automotriz y el estudio de materiales. Los expertos y profesionales de estos campos (estudiantes y docentes) comparten sus conocimientos y descubrimientos más recientes, proporcionando una visión profunda de las tendencias emergentes y las tecnologías revolucionarias que están dando forma al futuro de la ingeniería y la tecnología. Con un enfoque en la interconexión entre estas áreas, nuestra revista busca fomentar la colaboración y el intercambio de ideas, impulsando así la innovación y la excelencia en el amplio espectro de las ciencias técnicas y así mismo en los sectores sociales, ambientales, económicos e industriales.

Desde soluciones ingeniosas en la optimización de procesos hasta desarrollos vanguardistas en la electrónica aplicada, esta edición refleja el dinamismo de las carreras técnicas y destaca la importancia de la investigación y la creatividad en la resolución de problemas del mundo real. Nos enorgullece proporcionar un espacio donde la comunidad científica y técnica puede compartir su experiencia y contribuir al progreso continuo de estas disciplinas cruciales.

Además, queremos expresar un especial reconocimiento a quienes conforman el órgano editorial de la revista de divulgación científica, a los integrantes de la coordinación de I+D+i y a las autoridades del Instituto Superior Tecnológico Central Técnico con mención de universitario, rector Rodrigo Veintimilla, Mgs., vicerrectora Katalina Sarmiento, Mgs., por su compromiso en la publicación del quinto número de la revista de divulgación científica "Investigación Tecnológica IST Central Técnico".

MSc. Omar Fernando Sánchez Olmedo

Editor General

Revista Investigación Tecnológica ISTCT

INVESTIGACIÓN

TECNOLÓGICA IST CENTRAL TÉCNICO

ÍNDICE

Determinar experimentalmente la reactancia de la bobina y del condensador utilizando el módulo experimentador Unitrain.	7
Evaluación de Riesgos Laborales en el Área Administrativa de Educación Superior del Sector Público.	19
Análisis de la eficiencia energética en un vehículo micro híbrido Mazda CX-30	26
Implementación de Geolocalización en Mochilas de Viaje mediante Arduino y Aplicación Móvil: Efectividad y Limitaciones en Entornos Urbanos	33
Comportamiento de desgaste y características metalográficas del revestimiento duro en aplicaciones de acero al carbono: una revisión.	39

Experimentally determine the reactance of the coil and capacitor using the Unitrain experimental module.

Determinar experimentalmente la reactancia de la bobina y del condensador utilizando el módulo experimentador Unitrain

Anthony Pilamunga Oyos¹ Daniel Suárez López² Israel Molina Santillán³

¹ Universidad Tecnológica Israel, Quito, Ecuador
E-mail: e1726418658@uisrael.edu.ec

² Universidad Tecnológica Israel, Quito, Ecuador
E-mail: e1712930617@uisrael.edu.ec

³ Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador
E-mail: imolina@istct.edu.ec

RESUMEN

En el presente documento se analizó la importancia de determinar a través del método experimental la reactancia capacitiva e inductiva que se presenta en un condensador y bobina, este proceso se realizó mediante el presente proyecto de investigación en el Módulo Experimentador Unitrain. Esto, junto a la interfaz con instrumentos virtuales Labsoft, que permite la generación y control de distintas frecuencias que se aplicarán a los montajes realizados. Además, permitirá visualizar medidas de voltaje (valor eficaz) y corriente, mismos que ayudarán a realizar los cálculos matemáticos para determinar los valores de reactancia capacitiva e inductiva en cada una de las formas que se encuentren ubicados estos elementos pasivos en un circuito electrónico de corriente alterna, determinando su aumento o disminución de acuerdo a la corriente que se produce en ellos al aplicar dichas frecuencias

Palabras clave— Condensador; Bobina; Capacitancia; Inductancia; Reactancia;

Experimentador Unitrain

ABSTRACT

In this paper we analyzed the importance of determining through the experimental method the capacitive and inductive reactance that occurs in a capacitor and coil, this process was performed through this research project in the Unitrain Experimenter Module. This, together with the interface with Labsoft virtual instruments, which allows the generation and control of different frequencies to be applied to the assemblies made. In addition, it will allow visualizing voltage (rms value) and current measurements, which will help to perform calculations to determine capacitive and inductive reactance values in each way that these passive elements are located in an AC electronic circuit, determining their increase or decrease according to the current that is produced in them when applying those frequencies.

Keywords-- Capacitor; Coil; Capacitance; Inductance; Reactance; Unitrain Experimenter

*Experimentally determine the reactance of the coil and capacitor using the Unitrain experimental module.
Determinar experimentalmente la reactancia de la bobina y del condensador utilizando el módulo experimentador Unitrain*

1. INTRODUCCIÓN

El tema objeto de estudio del presente proyecto de investigación, se contextualiza en la comprobación experimental de la reactancia que presenta una bobina y un condensador en circuitos de corriente alterna, ya que en la actualidad existen operaciones industriales que requieren utilizar la reactancia que estos elementos producen. Por lo cual es fundamental comprender el efecto que posee la frecuencia de la corriente alterna en la generación de la reactancia inductiva y capacitiva, las cuales dependen directamente de la frecuencia; por esto se deduce que la reactancia inductiva es directamente proporcional y la reactancia capacitiva es inversamente proporcional a la misma.

La importancia de los resultados obtenidos en las prácticas realizadas sobre el tema, indicado en el párrafo anterior, radica en que se ha demostrado de manera experimental la reactancia capacitiva e inductiva que presentan los elementos pasivos al aplicarles corriente alterna. Conocimientos que servirán de fuente de información teórica y práctica tanto para estudiantes y profesionales de la especialidad que demuestren interés sobre el tema, ya que estos datos verificados mediante prácticas de laboratorio son necesarios para la aplicación de procesos industriales vigentes y acorde a los requerimientos de la tecnología actual globalizada.

Con la ejecución de este proyecto, se ha obtenido resultados favorables al comprobar que se puede contar con nuevas herramientas didácticas como el Módulo Experimentador Unitrain, mismo que cumplen el propósito de compilar conocimientos teóricos y prácticos concluyentes sobre el tema.

Además, ha permitido lograr los objetivos planteados en el presente trabajo investigativo.

1.1. Condensador

Los condensadores o capacitores son elementos electrónicos pasivos capaces de almacenar cargas eléctricas. (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, n.d.)

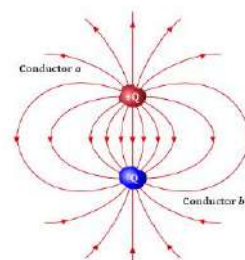


Figura 1: Esquema fundamental de un condensador
Fuente: (UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PATAGONIA SAN JUAN BOSCO, 2019)

Estos elementos se encuentran constituidos de dos placas metálicas (electrodos) sobre las cuales se distribuyen cargas iguales y opuestas, dichas placas se encuentran separadas por un medio aislante polarizable (dieléctrico) que pueden ser el vacío, papel, cerámica, mica, plásticos, entre otros.

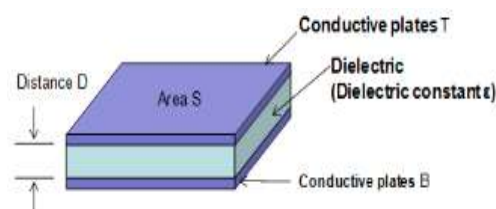


Figura 2: Esquema estructural de un capacitor
Fuente: (UNAM-FQ & AZPILCUETA RAZZIEL, 2018)

La capacidad que presenta un condensador para almacenar cargas eléctricas viene dada por la separación entre las placas conductoras del mismo, lo cual genera una diferencia de potencial entre ellas que es directamente proporcional a la carga que es sometido.

Esta magnitud de carga del capacitor al relacionarse con la diferencia de potencial que existe entre los electrodos genera la capacitancia.

1.1.1. Capacitancia del condensador

La capacitancia de un condensador se define

como: “La capacidad del componente para recoger y almacenar energía en forma de carga eléctrica” (Universidad Católica del Norte, 2016)

La capacitancia relaciona la magnitud de la carga de uno de los conductores y la diferencia de potencial entre ellos:

$$C = \frac{Q}{V} \quad (1)$$

Donde:

C= Capacitancia (medida en faradios)

Q= Carga en uno de los conductores

V= Diferencia de potencial entre conductores

La diferencia de potencial entre los materiales conductores se puede calcular mediante la Ley de Gauss de campo eléctrico, que depende directamente de la geometría del condensador.

La capacidad que presentan los condensadores para almacenar cargas, para posteriormente liberarla, dependen de las características físicas y químicas con las cuales se encuentran elaborados.

- Características Físicas: Se encuentra definida directamente sobre las placas conductoras del condensador, de esta manera se puede determinar que la capacitancia de un condensador aumenta si el área de los conductores es grande, a su vez que la misma disminuye si la separación entre elementos conductores aumenta.
- Características Químicas: Se presenta puesto que el material con el que se encuentra compuesto el dieléctrico, genera grados de permitividad (capacidad para la generación de campo eléctrico). Los materiales comúnmente usados son:

Tabla 1: Permitividad del dieléctrico

MATERIAL	PERMITIVIDAD
Vacío	1
Aire	1.0059

Polietileno	2.5
Porcelana	De 5 a 6
Mica	7
Pentóxido Tántalo	26
Cerámica	De 10 a 50000

Fuente: (Electronica Lugo, n.d.)

La capacitancia en un circuito conformado por condensadores puede sumarse de acuerdo con la posición que posean en el mismo.

De esta manera, se deduce que cuando los condensadores se ubican en serie, la capacitancia del número de condensadores ubicados en el circuito será el recíproco de la suma de los recíprocos de cada una de las capacitancias parciales (2).

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}} \quad (2)$$

La capacitancia de los condensadores que se encuentran en paralelo en un circuito, es igual a la suma de las capacitancias parciales de los mismos (3):

$$C_T = C_1 + C_2 + \dots + C_n \quad (3)$$

1.1.2. Reactancia Capacitiva

Se denomina reactancia capacitiva a la impedancia compleja de un condensador cuyo valor cambia con respecto a la frecuencia aplicada.

Esta reactancia viene dada por el cociente del valor eficaz de tensión U_E y el valor de la corriente I (4):

$$X_C = \frac{U_E}{I} \quad (4)$$

Donde:

X_C = Reactancia capacitiva (medida en ohmios)

U_E = Tensión

Experimentally determine the reactance of the coil and capacitor using the Unitrain experimental module.
Determinar experimentalmente la reactancia de la bobina y del condensador utilizando el módulo experimentador Unitrain

I = Corriente

La reactancia capacitiva tiene directa relación con la frecuencia y la capacitancia, pues esta se vuelve menor mientras más elevada sea la frecuencia y mayor la capacitancia (5):

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} \quad (5)$$

Donde:

X_C = Reactancia capacitiva (medida en ohmios)
f = Frecuencia (medida en Hertz)
C = Capacitancia (medida en Faradios)

1.2. Bobina

Pérez Porto y Merino definen a la bobina como “Un elemento pasivo que puede almacenar energía en su campo magnético”. (Automatización, n.d.)

Una bobina generalmente se encuentra constituida por un conductor o cable enrollado alrededor de un núcleo, el mismo que puede ser de aire o algún material ferroso. (Ingeniería Mecafenix, 2017)

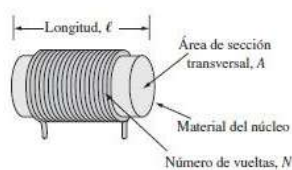


Figura 3: Esquema estructural de una bobina
Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2017)

Las bobinas a su vez se clasifican en 2 grupos, los cuales son:

- Bobinas Fijas
- Bobinas Variables

Bobinas fijas

Las bobinas fijas se caracterizan por tener un valor fijo de medida, este tipo de bobinas pueden poseer su núcleo de aire y/o sólido. (Ingeniería Mecafenix, 2017)

Aquellas bobinas que poseen núcleo sólido por

lo general se componen de ferrita o hierro.

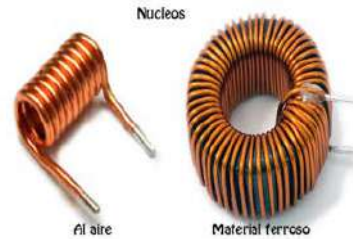


Figura 4: Tipos de bobinas fijas

Fuente: (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, n.d.)

Bobinas Variables

Las bobinas variables son aquellas cuyo valor puede variar en inductancia, lo cual viene determinado por el número de espiras que la componen o la posición en la que se encuentra el núcleo. (Area Tecnologica, 2019)

Este tipo de bobinas se pueden representar de distintas maneras, según sus características y del núcleo del cual se encuentran compuestas.

Tabla 2: Símbolos de una bobina variable

Símbolo	Nombre
	Bobina Variable
	Bobina variable con núcleo de ferroxcube
	Bobina variable con núcleo de ferroxcube
	Bobina ajustable
	Variómetro
	Bobina variable por pasos
	Bobina variable por escalones
	Bobina variable con núcleo de Fe Si
	Bobina ajustable

Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2017)

1.2.1. Inductancia de la bobina

La inductancia en la bobina se define como “La

capacidad para almacenar la energía en forma de campo magnético ocasionado por el flujo de corriente". (Automatizate, 2019)

La inductancia es la relación entre el flujo magnético del elemento (circuito, bobina eléctrica, espira, etc.), y la corriente eléctrica que circula a través del elemento (6).

$$L = \frac{\Phi * N}{I} \quad (6)$$

Donde:

L = Inductancia (medida en Henrios)

Φ = Flujo magnético (medida en webers)

N = Número de devanados

I = Intensidad de corriente eléctrica

La inductancia de una bobina depende de las características físicas que presenta, es decir de la geometría y de los materiales de los que está construida (conductor y núcleo).

Si la bobina posee más espiras, tendrá mayor inductancia, además si esta tiene un núcleo solido la inductancia aumentará considerablemente. (VEGA BACULIMA, 2009)

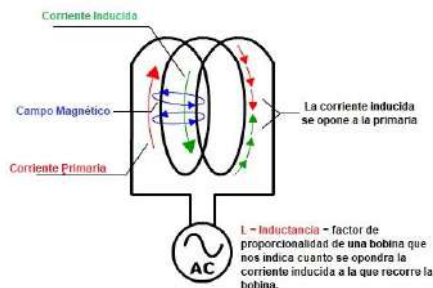


Figura 5: Inductancia de la bobina

Fuente: (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, n.d.)

La energía que genera el campo magnético de la bobina, es posible determinarla aplicando la siguiente fórmula (7): (Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, n.d.)

$$W = I^2 \frac{L}{2} \quad (7)$$

Donde:

L = Inductancia

W = Energía

I = Corriente

La inductancia se puede calcular (8), tomando en cuenta la permeabilidad del núcleo que compone la bobina, así como una sección del mismo (Circuitos LR, Inductancia-Resistencia):

$$L = \frac{N^2 * \mu * S}{l} \quad (8)$$

Donde:

L= Inductancia (H)

N= número de espiras de la bobina sin unidad

μ = Permeabilidad del núcleo $W_b / A * m$

S= Sección del núcleo (m^2)

l= Longitud de líneas de flujo (m)

Si la bobina posee núcleo de aire o una longitud igual o mayor a 0.4 veces el diámetro de la misma, la inductancia se calcula aplicando la siguiente fórmula (8): (Moreno & TECSUP, n.d.)

$$L (\mu H) = \left(\frac{d^2 * n^2}{18 * d + 40 * l} \right) \quad (9)$$

Donde:

L = Inductancia

d = Diámetro de la bobina (Pulgadas)

l = Longitud de la bobina (Pulgadas)

n = número de espiras o vueltas

1.2.2. Reactancia Inductiva de la bobina

La reactancia inductiva en una bobina se define como "La capacidad que posee para reducir la corriente en un circuito AC". (Automatizate, 2019)

La reactancia inductiva es directamente proporcional a la frecuencia, es decir, depende del voltaje que aplicamos en la bobina.

La reactancia inductiva es representada con la variable X_L y su valor es medido en ohmios, cuyo valor se determina (10):

*Experimentally determine the reactance of the coil and capacitor using the Unitrain experimental module.
Determinar experimentalmente la reactancia de la bobina y del condensador utilizando el módulo experimentador Unitrain*

$$X_L = \frac{V_L}{I_L} = \omega L \ (\Omega) \quad (10)$$

Dónde:

X_L = Reactancia inductiva (medida en ohmios)

V_L = Fase del voltaje

I_L = Fase de la corriente

ω = Velocidad angular (medida en rad/s)

L = Inductancia (medida en henrios)

Mientras mayor sea la inductancia L de la bobina, mayor será también la contra tensión y, con ella, la reactancia.

Además, la tensión de inducción es mayor mientras más rápidamente varíe la corriente; es decir, mientras más elevada sea la frecuencia (11):

$$X_L = 2\pi * f * L \quad (11)$$

Donde:

X_L = Reactancia inductiva

f = Frecuencia

L = Inductancia de la bobina

Por lo expuesto, se puede deducir que La reactancia inductiva es más elevada mientras más elevada sea la frecuencia y mayor la inductancia. (Automatizate, 2019)

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del proyecto se aplicó el Método Experimental, ya que los investigadores manejaron a su criterio elementos como la placa SO4203-6J del kit de corriente alterna y otros componentes; para demostrar de manera práctica la reactancia de la bobina y del condensador.

2.1. Experimentador Unitrain

El experimentador Unitrain es un equipo que sirve principalmente para el acoplamiento de tarjetas de experimentación con distintos circuitos de resistencias, condensadores y bobinas, divisores de tensión.



Figura 6: Experimentador Unitrain
Fuente: Axxis, 2020

2.2. Interfaz Unitrain con Instrumentos Virtuales

La interfaz Unitrain es la unidad central del sistema. Esta interfaz provee las entradas y salidas, los conmutadores, las fuentes de alimentación y la tecnología de medición que son necesarios para cada una de las experimentaciones que se realizan con las tarjetas mediante el experimentador del mismo nombre.

El control de la interfaz se realiza por medio del PC conectado a ella.



Figura 7: Interfaz Unitrain con Instrumentos Virtuales
Fuente: Axxis, 2020

Esta interfaz del experimentador presenta varios instrumentos virtuales (fuentes de alimentación e instrumentos de medición), mismos que sirven para el desarrollo de los experimentos realizados.

2.3. Accesorios De Medición Unitrain, Shunts Y Cables De Medición

Estos dispositivos complementan el equipo de experimentación, los cuales son:

1. 6 shunts: 2 de 1 ohmio, 2 de 10 ohmios, 2 de 100 ohmios.

2. Impresión serigráfica para identificación de las resistencias, de las tomas de tensión y de las entradas de corriente.
3. 24 casquillos de 2 mm
4. Cables de medición (28 unidades)

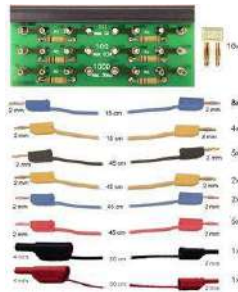


Figura 8: Accesorios de Medición Unitrain
Fuente: Axxis, 2020

3. DESARROLLO

3.1. Conexión Módulo Experimentador Unitrain

Para el desarrollo de la presente investigación se realizó la conexión de los módulos Unitrain como se muestra en la figura 9:



Figura 9: Montaje Módulos Experimentador Unitrain
Fuente: Elaboración Propia

Mediante esta conexión se acoplan los módulos del experimentador Unitrain junto a la placa SO4203-6J del kit de corriente alterna, que sirvieron para la experimentación y comprobación de las reactancias capacitiva e inductiva.

3.2. Desarrollo de la Práctica: Medición de la reactancia capacitiva e inductiva

3.2.1. Reactancia Capacitiva

Para la ejecución del presente proyecto de

investigación se utilizó el circuito indicado en la Figura 11, con el cual se procedió a realizar las mediciones de la reactancia capacitiva del condensador.

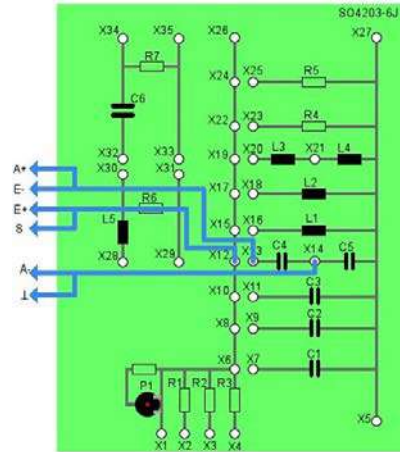


Figura 11: Circuito Reactancia Capacitiva
Fuente: Axxis, 2020

Se procedió a la implementación del circuito indicado en la Figura 12 con la ayuda de los cables de medición en el módulo experimentador Unitrain, comprobando que las mismas se encuentren realizadas de manera correcta, evitando de esta manera que el experimentador muestre un fallo de conexión en el led indicador del mismo, cuyo reconocimiento deberá ser conocido previo a la elaboración y manipulación de la práctica.

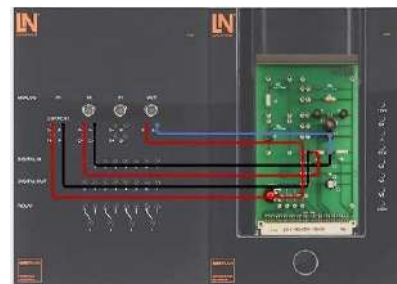


Figura 12: Implementación Circuito Reactancia Capacitiva
Fuente: Axxis, 2020

Implementado el circuito en el experimentador, a través del software Labsoft, se abrió el generador de funciones a través de la opción de menú Instrumentos / Fuentes de tensión o pulsando sobre la imagen que se muestra en su interfaz

*Experimentally determine the reactance of the coil and capacitor using the Unitrain experimental module.
Determinar experimentalmente la reactancia de la bobina y del condensador utilizando el módulo experimentador Unitrain*

gráfica, en la sección correspondiente al proyecto investigativo que se desarrolla.

de medición, se abrió el instrumento virtual Amperímetro doble

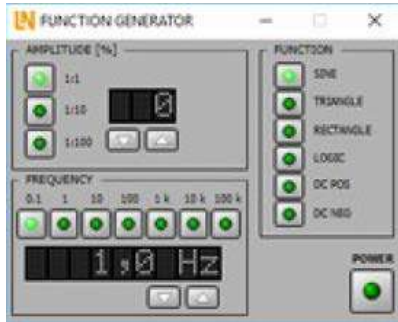


Figura 12: Generador de Funciones
Fuente: Axxis, 2020

En el generador de funciones indicado en la Figura 12, se seleccionó los ajustes que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 3: Valores Generador de funciones

NOMBRE	VALOR
Amplitud	100%
Atenuación	1:1
Frecuencia	100 Hz
Función	Sine

Fuente: Axxis, 2020

Se procedió abrir el instrumento Voltímetro en el menú Instrumentos/Instrumentos de medición, colocando su rango en 20V y en modo RMS AC, como se muestra en la Figura 13:



Figura 13: Voltímetro
Fuente: Axxis, 2020

A través del menú Instrumentos / Instrumento

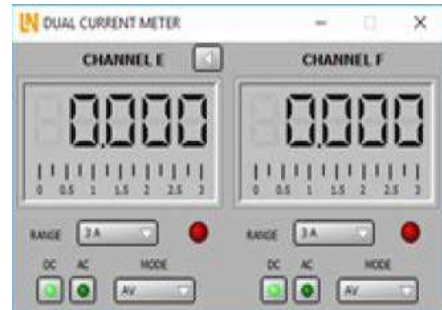


Figura 14: Amperímetro Doble
Fuente: Axxis, 2020

Se seleccionó el Canal E, ajustando el rango a 300mA y su modo RMS AC como lo indica la figura 14.

3.2.2. Reactancia Inductiva

Para la implementación de la practica correspondiente a este tema, se utilizó el circuito mostrado

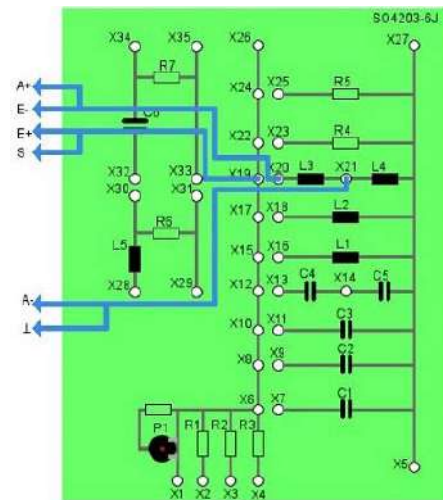


Figura 15: Circuito Reactancia Inductiva
Fuente: Axxis, 2020

Basado en el circuito mostrado en la Figura 15, se procedió a la implementación, utilizando la placa S04203-6J del kit de corriente alterna

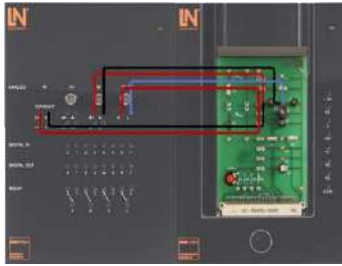


Figura 16: Implementación Circuito Reactancia Inductiva
Fuente: Axxis, 2020

Realizado el ensamble del circuito en los módulos del experimentador Unitrain como se indica en la Figura 16, se determinan los ajustes utilizados en cada uno de los instrumentos de medición.

Los parámetros utilizados en el voltímetro y amperímetro doble serán los mismos que los usados en la implementación de la reactancia capacitiva, mientras que los valores utilizados en el generador serán los indicados en la siguiente tabla:

Tabla 4: Valores Generador de funciones

NOMBRE	VALOR
Amplitud	100%
Atenuación	1:1
Frecuencia	20 kHz
Función	Sine

Fuente: Axxis, 2020

3.4. Pruebas

Las pruebas para este proyecto se realizan mediante la variación de la frecuencia a través del generador de funciones, aumentando la misma de manera proporcional. De esta manera se obtiene valores de voltaje (valor eficaz) y corriente, mismos que servirán para obtener los valores de reactancia capacitiva e inductiva mediante una división.

Para determinar la reactancia capacitiva en el presente proyecto, se han tomado 8 medidas aleatorias de frecuencia las cuales proporcionaron valores de voltaje (valor eficaz) y corriente en un condensador de 1 μ F, valores registrados en la tabla virtual del experimentador e indicados en el Anexo 1, mismos que sirvieron para determinar el valor de

la reactancia capacitiva de este elemento mostrado en la tabla 5:

Tabla 5: Reactancia Capacitiva

F [Hz]	1/F [s]	U [V]	I [mA]	X _C =U/I [Ohm]
100	0,0100	7.10	4.20	1690.47
200	0,0050	7.10	8.30	855.42
250	0,0040	7.10	10.30	689.32
400	0,0025	7.10	16.60	443.75
500	0,0020	7.10	20.80	341.34
1000	0,0010	7.10	41.70	170.26
2000	0,0005	7.10	83.00	85.54
5000	0,0002	7.10	193.30	33.78

Fuente: Módulo experimentador Unitrain, 2020

Además, se procedió a realizar la simulación del circuito implementado en el experimentador Unitrain con la ayuda del software Proteus como se indica en el Anexo 2, utilizando los mismos valores de frecuencia se obtuvo los valores de reactancia que se indican en la tabla 6:

Tabla 6: Reactancia Capacitiva

F [Hz]	1/F [s]	U [V]	I [mA]	X _C =U/I [Ohm]
100	0,0100	7.00	4.46	1569.50
200	0,0050	7.00	8.58	815.85
250	0,0040	7.00	10.49	667.30
400	0,0025	7.00	16.82	416.17
500	0,0020	7.00	21.20	330.18
1000	0,0010	7.00	41.91	167.02
2000	0,0005	7.00	83.42	83.91
5000	0,0002	7.00	193.51	36.17

Fuente: Elaboración propia

Para la reactancia inductiva, se tomaron 7 valores proporcionales crecientes de frecuencia, los cuales determinaron medidas de voltaje y corriente en una bobina de 1mH, indicados en el Anexo 3. Estos valores sirvieron para el cálculo matemático de la reactancia inductiva. Los valores se muestran en la tabla 7.

Tabla 7: Reactancia Inductiva

F [kHz]	U [V]	I [mA]	X _L =U/I [Ohm]
10	0.06	91.30	0.60
20	0.06	32.70	1.87
40	0.06	7.70	7.79
60	0.06	3.10	19.35
80	0.06	1.50	40.00

Experimentally determine the reactance of the coil and capacitor using the Unitrain experimental module.
Determinar experimentalmente la reactancia de la bobina y del condensador utilizando el módulo experimentador Unitrain

100	0.06	1.20	50.00
150	0.06	1.10	60.00

Fuente: Módulo experimentador Unitrain, 2020

Para la reactancia inductiva, se realizó de igual manera la simulación mediante el software Proteus del circuito implementado en el experimentador Unitrain como se indica en la Anexo 3, utilizando los valores de frecuencia establecidos y con ello se procedió a realizar los cálculos que se registran en la tabla 8:

Tabla 8: Reactancia Inductiva

F [kHz]	U [V]	I [mA]	$X_L=U/I$ [Ohm]
10	0.08	93.20	0.85
20	0.08	33.10	2.41
40	0.08	8.20	9.75
60	0.08	3.92	20.40
80	0.08	2.10	38.09
100	0.08	1.86	43.01
150	0.08	1.56	51.28

Fuente: Elaboración propia

3.5. Discusión

Para determinar si los valores obtenidos en los circuitos implementados en el proyecto de reactancia inductiva y capacitiva fueron obtenidos de manera correcta, se procedió a un estudio estadístico determinando el error absoluto y relativo. El error absoluto se muestra en la ecuación (12) es la diferencia entre cada una de las medidas.

$$E_{Absoluto} = |V_{Real} - V_{Aproximado}| \quad (12)$$

El error relativo se muestra en la ecuación (13) será el error absoluto de cada valor dividido por el valor tomado como real multiplicado por 100 y se expresa en porcentaje.

$$E_{Relativo} = \frac{|V_{Real} - V_{Aproximado}|}{V_{Real}} * 100 \quad (13)$$

El error debe ser más grande a medida que se aumenta el número de frecuencias aplicadas, este error se presenta porque la corriente que se muestra en el simulador Proteus es un valor diferente al valor del obtenido en el módulo

experimentador Unitrain.

3.6. Resultados

En la tabla 9 se muestra el error obtenido en circuito de reactancia capacitiva al aplicar frecuencias como muestra de 100 y 200 Hz.

Tabla 9: Tabla de Errores Reactancia Capacitiva

Muestras	Error [%]	
	Relativo	Absoluto
100	0.07	120.97
200	0.04	39.57

Fuente: Elaboración Propia

Para la determinación del error de la reactancia inductiva, se tomó como valores muestra las frecuencias de 10 y 20 kHz., determinando los valores mostrados en la tabla 10:

Tabla 10: Tabla de Errores Reactancia Inductiva

Muestras	Error [%]	
	Relativo	Absoluto
10	0.04	0.25
20	0.28	0.54

Fuente: Elaboración Propia

De los datos conseguidos con la ejecución del presente proyecto, se obtiene que el condensador y la bobina poseen un comportamiento distinto ante la aplicación de distintas frecuencias.

En el condensador al aumentar la frecuencia, su voltaje (valor eficaz) permanece de manera constante, mientras que la corriente que circula en el aumenta. Este aumento de frecuencia produce que la reactancia generada en el condensador disminuya.

El comportamiento de la bobina ante el aumento de frecuencia denota un voltaje (valor eficaz) estable y una disminución de corriente sobre el elemento. Este comportamiento da como resultado el aumento de la reactancia inductiva de la bobina.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De La ejecución del presente proyecto, se concluye que la reactancia capacitiva e inductiva tienen directa relación con la frecuencia que se aplica a un capacitor o bobina en un circuito de corriente alterna según lo que se evidencia en las tablas 5 y 7 obtenidas a través de la implementación del presente proyecto, pues la misma modifica su comportamiento y la oposición que presentan al paso de la corriente.

También se obtuvo como resultado de la experimentación realizada, que las medidas obtenidas en la implementación del presente proyecto difieren con la implementada en un software de simulación como se puede reflejar en las tablas 6 y 8, esta variación se presenta ya que en el experimentador se cuenta con los elementos físicos, mismos que pueden tener algún tipo de pérdida o ganancia de voltaje y corriente (defecto de fabrica), mientras que en el simulador los mismos son considerados de valor ideal.

Se pudo observar además que, en los valores de error relativo y porcentual registrados en las tablas de reactancia capacitiva e inductiva indicados, los mismos no presentan una alteración significativa por lo que se puede concluir que los datos obtenidos en el desarrollo del presente proyecto fueron determinados de manera correcta.

Se recomienda desarrollar procesos de experimentación más profundos de reactancia capacitiva e inductiva en las prácticas de laboratorio, para la mejor comprensión del comportamiento de los condensadores y bobinas ante la frecuencia producida por un circuito de corriente alterna.

Se recomienda la utilización óptima del módulo experimentador Unitrain para las prácticas estudiantiles, ya que estos recursos permitirán desarrollar experimentaciones relevantes y diversas del tema de condensadores y bobinas en los laboratorios del área de electrónica.

Area Tecnologica. (2019). *Inductancia*. <https://www.areatecnologia.com/electricidad/inductancia.html>

Automatizacion. (n.d.). *REACTANCIA CAPACITIVA*. <https://sites.google.com/site/automatizacionnrc12354/motores/reactancia/reactancia-capacitiva>

Automatizate. (2019). *REACTANCIA INDUCTIVA Y CAPACITIVA*.

<https://sites.google.com/site/automatizate15543/reactancia-1>

Electronica Lugo. (n.d.). *CONCEPTOS BÁSICOS DEL INDUCTOR. PROYECTOS Y CIRCUITOS DE ELECTRONICA*.

<https://electronicalugo.com/conceptos-basicos-del-inductor/>

Ingeniería Mecafenix. (2017). *Que son las bobinas y sus tipos*.

Moreno, O., & TECSUP. (n.d.). *Reactancia Capacitiva Reactancia Capacitiva y potencia en un condensador Potencia Reactiva. Corriente Alterna*.

https://www.academia.edu/11096973/Reactancia_Capacitiva_Reactancia_Capacitiva_y_potencia_en_un_condensador_Potencia_Reactiva_Ejemplo

UNAM-FQ, & AZPILCUETA RAZZIEL, N. C. (2018). *Capacitores*. 1–2.

http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Antologia-Edo-Sol_32006.pdf

Universidad Catolica del Norte. (2016). *CAPACITANCIA. CONDENSADOR DE PLACAS PARALELAS*. 1–3. <http://www.fisica.ucn.cl/wp-content/uploads/2016/03/DAFI219-03-Capacitancia.pdf>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PATAGONIA SAN JUAN BOSCO. (2019). *Tutorial Inductores. 1*. <http://www.ing.unp.edu.ar/electronica/asignaturas/ee016/tutoriales/inductores/inductores.htm#:~:text=Los inductores o bobinas son,fenómenos relacionados con campos magnéticos.&text=Básicamente%2C todo inductor consiste en un arrollamiento de hilo conducto>

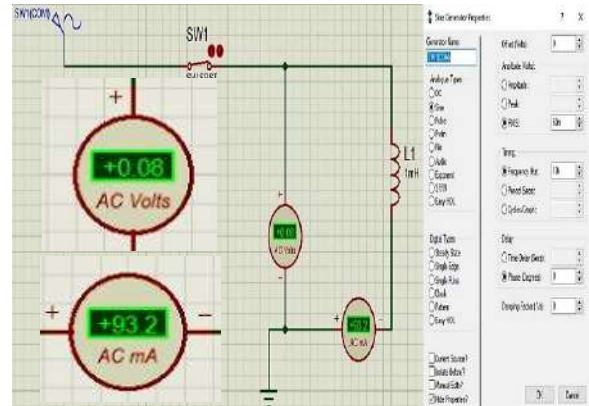
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. (n.d.). *Inductancia y Resistencia. Circuitos*. http://cidecame.uaeh.edu.mx/lcc/mapa/PROYECTO/libro16/38_circuitos_lr_inductanciaresistencia.html

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. (n.d.). *Inductancia y Resistencia. Circuitos*. http://cidecame.uaeh.edu.mx/lcc/mapa/PROYECTO/libro16/38_circuitos_lr_inductanciaresistencia.html

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Experimentally determine the reactance of the coil and capacitor using the Unitrain experimental module.
Determinar experimentalmente la reactancia de la bobina y del condensador utilizando el módulo experimentador Unitrain

VEGA BACULIMA, S. F. (2009). *CONSTRUCCION DE UN TABLERO DIDACTICO PARA MEDICION DE POTENCIAS EN CIRCUITOS MONOFASICOS DE CORRIENTE ALTERNA.*
https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/18138/1/Vega_Baculima%2C_Santiago_Fernando.pdf

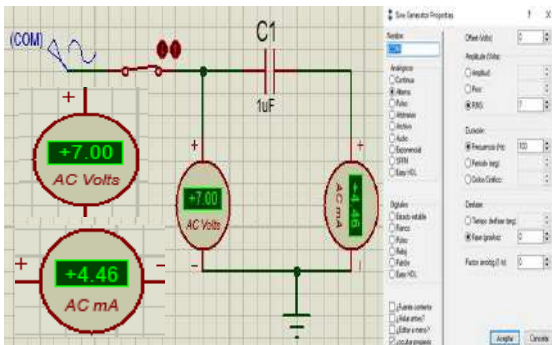


Anexo 4: Montaje Reactancia Inductiva Proteus
Fuente: Elaboración propia

ANEXOS

f [Hz]	1/f [s]	U [V]	I [mA]	XC=U/I [Ohm]
100	0,0100	7.10	4.20	
200	0,0050	7.10	8.30	
250	0,0040	7.10	10.30	
400	0,0025	7.10	16.60	
500	0,0020	7.10	20.80	
1000	0,0010	7.10	41.70	
2000	0,0005	7.10	83.00	
5000	0,0002	7.10	193.30	

Anexo 1: Tabla reactancia Capacitiva
Fuente: Módulo Experimentador Unitrain, 2020



Anexo 2: Montaje Reactancia Capacitiva Proteus
Fuente: Elaboración propia

f [kHz]	U [V]	I [mA]	XL=U/I [Ohm]
10	0.06	91.30	
20	0.06	32.70	
40	0.06	7.70	
60	0.06	3.10	
80	0.06	1.50	
100	0.06	1.20	
150	0.06	1.10	

Anexo 3: Tabla reactancia Inductiva
Fuente: Módulo Experimentador Unitrain, 2020

Evaluation of Occupational Risks in the Administrative Area of Higher Education in the Public Sector.

Evaluación de Riesgos Laborales en el Área Administrativa de Educación Superior del Sector Público.

Daniel Valdivieso Simba¹ Paulina Manjarrés Díaz² Jaime Cacpata Bastidas³

¹Universidad Internacional de la Rioja, Quito, Ecuador

E-mail: ldvaldiviesos@gmail.com

²Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador

E-mail: paulinaalexandramanajrresdiaz@gmail.com

³Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador

E-mail: jaime_cbs@hotmail.com

RESUMEN

El presente artículo demuestra el análisis de la evaluación de riesgos laborales del ambiente de trabajo en el Instituto Superior Universitario Central Técnico del sector público en la oficina de la Carrera de Mecánica Industrial, con el objetivo de comparar los resultados obtenidos y determinar su cumplimiento con los requerimientos legales vigentes en materia de seguridad y salud ocupacional. Para la realización de esta investigación se consideró la metodología de análisis de riesgos que permitió evaluar las incidencias en la salud de los docentes. El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), permitió identificar, evaluar y adaptar las condiciones idóneas para mejorar el puesto de trabajo.

Se aplicó una encuesta higiénica para determinar los riesgos a los que están expuestos los docentes en la oficina, considerando 1 como el valor más bajo y 5 sobresaliente. Los resultados demuestran que las condiciones entre 1 y 3 dan un 78%, es decir que se reconoce que la oficina no cumple con los requerimientos adecuados para realizar las actividades diarias de la

docencia, mientras que el 22% restante que está entre el 4% y 5% reconoce que es muy poco lo que se hace por tener puestos de trabajo adecuados. Los resultados con respecto al ruido determinaron que no existe problema alguno, se aplicó la metodología del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), estos se los comparó con el Real Decreto 286/2006 citado del INSHT. Mientras que las mediciones de la iluminación cumplen en la sección matutina y vespertina, pero en la sección nocturna no cumplen según la norma europea UNE-EN12461-1 iluminación de interiores.

Palabras clave-- instituto – iluminación – ruido– docencia – Riesgos

ABSTRACT

This article shows the analysis of the evaluation of occupational risks in the work environment at the Instituto Superior Universitario Central Técnico of the public sector in the office of the Industrial Mechanics Career, with the objective of comparing the results obtained and determining its compliance with the legal requirements in force regarding occupational safety and health. For the realization of this

Recibido: 14-12-2023, Aprobado tras revisión: 19-12-2023

Forma sugerida de citación: D. Simba, P. Manjarrez y J. Cacpata, "Evaluación de Riesgos Laborales en el Área Administrativa de Educación Superior del Sector Público.", *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, vol. 5, no. 2, pp. 1-7, 2023.

research, the methodology of risk analysis was considered, which allowed to evaluate the incidences in the health of teachers. The National Institute of Safety and Hygiene at Work (INSHT), made it possible to identify, evaluate and adapt the ideal conditions to improve the workplace.

A hygienic survey was applied to determine the risks to which teachers are exposed in the office, considering 1 as the lowest value and 5 as outstanding. The results show that conditions between 1 and 3 account for 78%, that is, it is recognized that the office does not meet the adequate requirements to carry out daily teaching activities, while the remaining 22%, between 4% and 5%, recognize that very little is done to have adequate workstations. The results with respect to noise determined that there is no problem, the methodology of the National Institute of Safety and Hygiene at Work (INSHT) was applied, and these were compared with the aforementioned Royal Decree 286/2006 of the INSHT. While the illumination measurements comply in the morning and evening section, but in the night section they do not comply with the European standard UNE-EN12461-1 indoor illumination.

Index terms— institute - illumination - noise - teaching - risks

1. INTRODUCCIÓN

Esta investigación se realizó para evaluar los riesgos a los que están expuestos los docentes de la Carrera de Mecánica Industrial en el Instituto Superior Universitario Central Técnico, ya que, a simple vista, se observó que la distribución de las áreas de trabajo no cumple con las normas técnicas nacionales e internacionales establecidas, que permitan el desenvolvimiento adecuado de las actividades académicas que se desarrollan a diario. El desconocimiento de las normas y reglamentos nacionales e internacionales en con respecto a los riesgos dentro de las oficinas, pueden generar un deterioro en la salud de los

trabajadores y en consecuencia afectar su calidad de vida (Monsalve, 2006).

Uno de los problemas que arroja la investigación es que las entidades encargadas de la educación superior no cuentan con normas o reglamentos relacionados a los riesgos laborales a los que pueden estar expuestos los docentes en las instituciones que imparten carreras técnicas

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) en sus estudios determina los requerimientos a seguir para la toma de mediciones a realizar, extrapolando los datos obtenidos para un puesto de trabajo a todo un grupo homogéneo. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2015)

La investigación persigue plantear una estructura de riesgos específicos, así como establecer los peligros y medidas preventivas y correctivas, para lo cual se aplicará metodologías de análisis de riesgos para evaluar las incidencias en la salud de los docentes, utilizando un sistema de Higiene Industrial basado en el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional ISO 45001, permitiendo desarrollar políticas de seguridad y salud internas para las oficinas de la carrera de Mecánica Industrial .

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación que se utilizó fue cuantitativa ya que se recopilaron datos que permitieron mediante la utilización conocimientos matemáticos y determinar los problemas que acontecían en las áreas de estudio, permitiendo dar soluciones a los mismos

El método utilizado para la evaluación general de riesgos establecidos fue establecido por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) que permitió identificar los riesgos por exposición a agentes químicos, biológicos o físicos. Para la evaluación de riesgos se debe seguir los siguientes pasos:

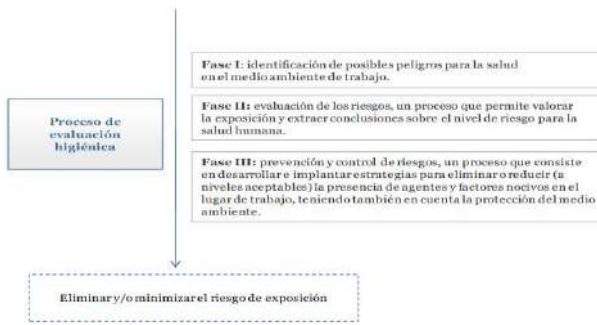


Figura 1: Metodología para realizar una evaluación higiénica

Fuente: Tomado de Higiene Industrial. Tomo VII, de Universidad Internacional de La Rioja (Fernández, 2016).

La metodología para el desarrollo para la evaluación higiénica se aplicó una encuesta propuesta por la Norma ISO 45001, que es un estándar usado para calificar sistemas de SSO a nivel mundial, la misma permite cuantificar un riesgo específico.

Para la exposición al ruido se tomó la Norma NTP 720 que considera el nivel diario equivalente y el nivel pico, estos son: inferiores a 80 dBA y/o 140 dB respectivamente. Para determinar el ruido se utilizó una aplicación llamada Sound Meter.

$$LA_{eq,d} = LA_{eq,T} + 10 \log\left(\frac{T}{8}\right) \quad (1)$$

Siendo T el tiempo de exposición al ruido en horas/día

Adicionalmente se consideró el Anexo II del Real Decreto 286/2006, que establece los pasos a seguir para las mediciones que se deben realizar. Se debe tomar la muestra en ausencia del trabajador afectado, el micrófono se coloca a la altura del oído y si es necesario la presencia del afectado el micrófono se colocará frente al oído a unos 10 cm de distancia.

Para la valoración del riesgo por nivel de iluminación se determinó las jornadas de labores para medir la influencia de la luz natural y luz artificial.

La iluminación debe ser uniforme con la finalidad de dar un confort visual y laboral. Se utilizó la Norma Europea UNE- EN 12464-1 iluminación de

Interiores. La metodología para el cálculo de iluminación de interiores fue la siguiente.

Diagnóstico situacional de iluminación con un instrumento de información.

Observación de problemas de iluminación e higiene en los ambientes.

Recolección de datos de niveles de iluminación mediante la medición sistemática en jornadas normales de trabajo.

La medición de iluminación debe estar a 80 centímetros del piso y no proyectar sombra sobre el instrumento de medición.

Se determinó 3 lecturas para obtener el promedio de la lectura representativa. En cada uno de los horarios de trabajo. Cada lectura fue tomada en 5 segundos de estabilización.

Para las áreas con iluminación artificial, se realizaron las siguientes recomendaciones antes de realizar las mediciones.

En instalaciones nuevas con lámparas de descarga o fluorescentes, se debe esperar un periodo de 100 horas de operación antes de realizar la medición y los sistemas de ventilación deben operar normalmente, debido a que la iluminación de las lámparas de descarga y fluorescentes presentan fluctuaciones por los cambios de temperatura. (Servicio de Prevención y Salud Laboral, 2006).

Para la medición se utilizó un luxómetro 3 1/1 digitales LCD. Y el método de medición utilizado fue una técnica en la que se divide el interior del área en varias sub áreas de iguales dimensiones, se mide la iluminación a una altura de 0.8 metros del nivel del suelo y se determinó el valor medio de iluminancia. (Comisión de Normalización Europea, 2002)

$$i_l = \frac{\text{Largo} \times \text{Ancho}}{\text{Altura de Montaje} \times (\text{Largo} + \text{Ancho})} \quad (2)$$

Dónde:

Íl = Índice Local

Largo / ancho: son las dimensiones del recinto (m)

Altura de montaje: es la distancia vertical entre el centro de la fuente de luz y el plano de trabajo (m).

La relación mencionada se expresa:

$$\text{Número mínimo de puntos de medición} = (X + 2)^2 \quad (3)$$

Dónde:

X: es el valor del índice de local redondeado al entero superior, excepto para todos los valores de "Índice de local" iguales o mayores que 3, el valor de x es 4. A partir de la ecuación se obtiene el número mínimo de puntos de medición. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2010)

Obtenido el número mínimo de puntos de medición, se tomó los valores de cada área, y se obtuvo la iluminación media es decir un promedio de la medición. Esta medición se la dividió por la iluminación nominal que permitió analizar la uniformidad que existe en el área. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2010)

$$U = \frac{E_{media}}{E_{minima (Tablas)}} \quad (4)$$

Según la norma europea UNE-EN 12464-1 si los valores son mayores o iguales que 0.7 % nos indica que el área iluminada es uniforme si la uniformidad está por debajo del 0,65% son considerados como malos (Comisión de Normalización Europea, 2002).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La encuesta higiénica tomada a los docentes determinó el conocimiento que poseen en torno al tema de seguridad. Los resultados fueron los siguientes como se observa en la tabla 1.

Tabla 1

Resultados de la encuesta higiénica aplicada a docentes.

Nº	Pregunta	1	2	3	4	5
1	¿El área donde desarrolla sus actividades administrativas está diseñada para ser oficina?	17%	28%	33%	17%	6%
2	¿Se siente conforme en el ambiente donde se desarrollan sus actividades administrativas?	6%	33%	33%	28%	0%
4	¿Los servicios higiénicos, que ocupa la carrera son adecuados para su utilización?	61%	17%	11%	6%	6%
5	¿Conoce de las enfermedades a las que está expuesto si se utilizan los servicios higiénicos en condiciones no adecuadas?	33%	28%	0%	17%	22%
6	¿La oficina cuenta con la calefacción y ventilación dependiendo la época en la que se encuentre?	61%	28%	6%	6%	0%
7	¿Tiene conocimiento del área que le corresponde a cada persona en una oficina?	6%	28%	28%	22%	17%
8	¿Conoce de alguna normativa interna para el uso de oficinas?	33%	33%	17%	11%	6%
9	¿La cantidad de docentes que laboran en el área es el adecuado para trabajar?	22%	33%	22%	22%	0%
10	¿Se debería normar un documento interno de la utilización de oficinas?	0%	17%	39%	17%	28%
11	¿Ha recibido información sobre los riesgos laborales a los que está expuesto?	22%	17%	17%	39%	6%
12	¿Tiene conocimientos de primeros auxilios relacionados con su puesto de trabajo?	6%	33%	28%	17%	17%
13	¿Se incluyen las normas de prevención de riesgos en las instrucciones que recibe para desarrollar su trabajo?	17%	22%	33%	28%	0%
14	¿Se almacenan o manipulan productos inflamables o explosivos?	28%	22%	17%	22%	11%
15	¿Elementos de lucha contra el fuego (extintores, mangueras, mantas, ...) insuficientes, lejanos o en malas condiciones?	11%	50%	28%	6%	6%
16	¿Considera usted que desconoce cómo utilizar los elementos de lucha contra el fuego?	28%	17%	39%	6%	11%
17	¿Considera usted que la temperatura es inadecuada debido a la existencia de fuentes de mucho calor o frío o a la inexistencia de un sistema de climatización apropiado?	11%	56%	22%	11%	0%
18	¿Humedad ambiental inadecuada (ambiente seco o demasiado húmedo)?	6%	56%	17%	22%	0%
19	¿Siente usted corrientes de aire que producen molestias?	0%	50%	33%	11%	6%
20	¿Siente usted ruidos ambientales molestos o que provocan dificultad en la concentración para la realización del trabajo?	22%	44%	22%	6%	6%
21	¿Considera usted insuficiente la iluminación en su puesto de trabajo o entorno laboral?	17%	39%	28%	17%	0%
22	¿Existen reflejos o deslumbramientos molestos en el puesto de trabajo o su entorno?	6%	44%	39%	11%	0%
23	¿Percebe molestias frecuentes en los ojos?	17%	28%	28%	28%	0%
24	¿Percebe molestias frecuentes atribuibles a la calidad del medio ambiente interior (aire viciado, malos olores, polvo en suspensión, productos de limpieza, etc.)?	11%	56%	11%	17%	6%
25	¿Considera usted que existe problemas atribuibles a la luz solar (deslumbramientos, reflejos, calor excesivo, etc.)?	0%	44%	33%	11%	11%
26	¿Considera usted que el diseño del puesto de trabajo es ergonómico?	50%	22%	17%	11%	0%
Promedio por Nivel		20%	34%	24%	16%	6%

Fuente: El Autor

Considerado como 1 el nivel que no tiene conocimiento hasta el 5 mismo que satisface la pregunta, se determinó que el nivel 1=20%, 2=34%, 3=24%, 4=16% y 5 = 6%. Estos resultados indican en forma global que del 1 al 3 se tiene el 78% de los docentes reconocen y tienen un gran conocimiento de las implicaciones que es trabajar en entornos no adecuados como es la oficina de la carrera. Y el 22% restante reconoce que no se dan las condiciones adecuadas para un buen ambiente de trabajo.

Con relación al ruido, la oficina está por debajo de los límites permitidos como se lo puede evidenciar en la tabla 2.

Tabla 2

Resultados promedios obtenidos de las mediciones sonoras en la oficina de profesores.

Área	Turno Matutino			Turno Vespertino			Turno Nocturno			Promedio por área	
	LAeq,T promedio	LAeq,d (Lpico)	Máx (Lpico)	LAeq,T promedio	LAeq,d (Lpico)	Máx (Lpico)	LAeq,T promedio	LAeq,d (Lpico)	Máx (Lpico)	LAeq,d promedio	Máx (Lpico)
Área 1	50	50,97	64,00	48,00	48,97	70,00	48,00	48,97	69,00	49,64	67,67
Área 2	53	53,97	72,00	50,00	50,97	70,00	48,00	48,97	65,00	51,30	69,00
Área 3	55	55,97	72,00	53,00	53,97	76,00	55,00	55,97	73,00	55,30	73,67
Área 4	55	55,97	72,00	54,00	54,97	75,00	49,00	49,97	69,00	53,64	72,00
Área 5	55	52,96	77,00	54,00	54,97	76,00	56,00	56,97	77,00	54,97	76,67
Promedio por turno	53,60	53,97	71,40	51,80	52,77	73,40	51,20	52,17	70,60	52,97	71,80

Fuente: El Autor

En la tabla 2 se observa la división de la oficina y los valores obtenidos. Se sacó una media en las tres jornadas, los valores obtenidos están por

debajo de los 80 dBA, por lo que no se necesita tomar correctivos.

Para determinar las condiciones de iluminación en la oficina se procede con la recolección de información sobre el tipo de iluminación que existe en cada área de evaluación, como se puede observar en la tabla 3. (Comisión de Normalización Europea, 2002)

Tabla 3
Puestos susceptibles de riesgo a exposición a la iluminación.

Características	Oficina de profesores
Tipo de Iluminación: Natural / Artificial / Mixta	Mixta
Tipo de Fuente Lumínica: Incandescente / Descarga / Mixta	Incandescente
Tipo de bombillas	Fluorescente
Potencia	40 w
Voltaje	260 v
Cantidad de luminarias en el área	14 lámparas + 2 sin funcionar
Altura de las luminarias (m)	1,74

Fuente: El Autor

Tabla 4
Resultados promedios obtenidos de las mediciones de iluminación en la oficina de profesores.

punto de muestreo	Área	Dimensiones (metros)	índice de local	número mínimo de puntos	Horario de medición	E Promedio	E Máximo
1	esquina desde la puerta central	Largo: 4,23 Alto: 5,8 Altura de montaje: 1,74	1,4=2	16	Matutino	189	190
					Vespertino	416	419
2	Junto a la ventana	Largo: 4,23 Alto: 5,8 Altura de montaje: 1,74	1,4=2	16	Matutino	912	914
					Vespertino	66	68
3	Junto a la ventana	Largo: 8,46 Alto: 2,9 Altura de montaje: 1,74	1,2=2	16	Matutino	799	809
					Vespertino	450	451
4	Sin ventana	Largo: 8,46 Alto: 2,9 Altura de montaje: 1,74	1,2=2	16	Matutino	158	165
					Vespertino	254	255

Fuente: El Autor

La tabla 3 muestra las condiciones en las que se encontraban las áreas de la oficina de Mecánica

Industrial donde se obtienen los resultados expuestos

Tabla 4
Comparación de los resultados obtenidos.

Área	Horario de medición	Valor requiendo legalmente según norma (Lux)	Valor Medido (Lux)	Cumple o no cumple	Valor de la uniformidad de Iluminancia
Oficina de profesores	Matutino	300	437	Cumple	1,4
	Nocturno		224	No cumple	0,7

Fuente: El Autor

La tabla 4 muestra las mediciones y las comparaciones con la norma establecida, lo que indica que en la jornada matutina y vespertina no requiere de mejorar la iluminación, pero en la jornada nocturna no cumple con la norma. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2010)

Por su parte en la investigación (Un análisis de la seguridad y salud en el trabajo en el sistema empresarial cubano, 2016) en su artículo hace referencia a las incidencias y accidentes del trabajo en el sector empresarial el mismo que determina y que la responsabilidad de los empleadores es baja, se necesita un mayor apoyo de quienes están al frente de las empresas frente a los riesgos expuestos.

Por su parte (Monroy & Juárez, 2019) establece en su artículo tiene la finalidad de caracterizar los factores psicosociales y salud de los profesores universitarios hispanoparlantes de América Latina para lo cual se evaluaron las metodologías de varias investigaciones dando como resultado que la presencia de diversos factores provoca el riesgo psicosocial de educación superior, mismos que se derivan de las políticas internacionales que repercuten en la salud de

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la encuesta higiénica se determinan que no existe un ambiente de trabajo adecuado para los docentes.

Con respecto a la evaluación de la iluminación se puede observar que en la jornada matutina y vespertina la iluminación es aceptable y eso se

da por las ventanas que ayudan con la iluminación natural.

En la sección nocturna se ve la necesidad de mejorar las condiciones de iluminación ya que las luminarias que se utilizan no son suficiente, dejando ver que es mínima la iluminación que no abastece para las normas mínimas requeridas.

Es importante denotar que la iluminación natural es mejor que la artificial ya que las ventanas permiten una entrada de luz muy importante, mientras que en la noche solo se cuenta con la iluminación artificial.

Las metodologías utilizadas permiten determinar adecuadamente los niveles de iluminación adecuados para los ambientes de trabajo.

Los resultados obtenidos en la con respecto a la evaluación sonora la oficina de la carrera de mecánica industrial se puede observar que los niveles se encuentran por debajo de los 80dBA.

5. RECOMENDACIONES

Se recomienda aplicar normas nacionales e internacionales establecidas, que permita disminuir los riesgos.

Es importante que se pueda escuchar a los docentes, ya que esto permitirá recolectar datos para tomar las decisiones adecuadas.

Se recomienda que las autoridades realicen la gestión pertinente sobre capacitaciones de riesgos y factores de riesgos a los que están expuestos los docentes permitiendo de esta manera buscar soluciones a los riesgos expuesto.

Se necesita mejorar la iluminación en la sección nocturna para evitar los riesgos a los que están expuestos los docentes.

Es importante que las instituciones a cargo de la educación superior intervengan en el mejoramiento de las condiciones de las oficinas administrativas, haciendo inversión ya que esto permitirá mayor eficiencia y rendimiento de los docentes.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, F. (2013). *Plan Estratégico De Desarrollo Institucional 2013 - 2017*. Quito.

Bayona, T. Á. (2008). *Aspectos Ergonómicos del ruido: Evaluación*. Madrid: Centro Nacional de Nuevas Tecnologías.

Céspedes, G., & Martínez, J. (2016). Un análisis de la seguridad y salud en el trabajo en el sistema empresarial cubano. *Revista Latinoamericana de Derecho Social*, 1-46.

Comisión de Normalización Europea. (2002). *Norma Europea sobre la Iluminación para Interiores (UNE 12464.1)*. Madrid.

Fernández, T. A. (2016). *Higiene Industrial. Tomo VII*. Quito: Universidad Internacional de La Rioja.

Instituto Ecuatoriano De Electrificación (INECEL). (1973). *Codigo Electrico Ecuatoriano*. Quito.

Riesgos Higiénicos. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (1992). *NTP 270: Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativo*. España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2001). *Evaluación de Riesgos Laborales*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2006). *REAL DECRETO 286/2006*. Madrid:

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2006). *REAL DECRETO 286/2006. Guía Técnica para la Evaluación y Prevención Exposición de los Trabajadores al Ruido*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2010). *Iluminación en el puesto*

de trabajo. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2010). *NTP 863. El informe higiénico. Pautas de elaboración*. España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2015). *Estrategia Española de Seguridad y Salud en el Trabajo 2015-2020*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

Instituto Tecnico Superior Central Tecnico. (20 de 11 de 2018). *ITSCT*. Obtenido de ITSCT: <http://itsct.edu.ec>

Lincoln Electric Mexicana. (2017). *Catálogo General 2017*. Mexico. Obtenido de www.lincolnelectric.com

LincolnElectric. (2018). *lincolnelectric*. Obtenido de www.lincolnelectric.com

Martín, A. G. (2016). *Estudio de la Fiabilidad de Aplicaciones Móvil para Medir el Tiempo de Reverberación*. España: Universidad Politécnica de Madrid.

Monroy, A., & Juárez, A. (2019). Factores de riesgo Psicosocial laboral en académicos de instituciones de educación superior en latinoamérica: Una revisión sistemática. *Scielo*, 248-272.

Monsalve, A. (2006). *Manual Descriptivo Para El Conocimiento De Riesgos*. Bogota: Universidad de la Salle.

Analysis of Energy Efficiency in a Mazda CX-30 Micro Hybrid Vehicle

Análisis de la eficiencia energética en un vehículo micro híbrido Mazda CX-30

José Beltrán Ruiz¹

Eduardo Francisco Ávila²

¹Instituto Superior Tecnológico Central Técnico, Quito, Ecuador

E-mail: jbeltran@itsct.edu.ec

Orcid: 0000-0003-2394-0815

²Instituto Superior Tecnológico Central Técnico, Quito, Ecuador

E-mail: eavila@istct.edu.ec

Orcid: 0000-0001-8878-8354

RESUMEN

La investigación se centra en el impacto ambiental de los vehículos microhíbridos, específicamente el Mazda CX-30, equipado con tecnología Start-Stop, en la ciudad de Quito. Utilizando la normativa NTE INEN 2 203:2000 y un analizador de gases BRAIN BEE AGS-688, se realizaron pruebas de emisiones contaminantes, destacando la importancia de estos vehículos en la reducción de emisiones en entornos urbanos congestionados. La metodología incluyó un enfoque bibliográfico para comprender el funcionamiento del Mazda CX-30 y se contextualizó el estudio en relación con los desafíos ambientales de la movilidad vehicular en Quito. Se midieron varios gases contaminantes, y los resultados cumplen con las normativas locales. La discusión se centra en la efectividad del sistema Start-Stop, resaltando sus beneficios en términos de reducción de emisiones. Se enfatiza la importancia de considerar la durabilidad de componentes y la percepción del consumidor. A pesar de los beneficios, se sugiere investigar desafíos potenciales y optimizar los sistemas Start-Stop. En conclusión, los vehículos microhíbridos,

como el Mazda CX-30, muestran ser una opción efectiva para reducir la contaminación atmosférica y mejorar la eficiencia del combustible en entornos urbanos.

Palabras clave— Contaminación, Gasolina, Híbrido, Mild Hybrid, Start-Stop.

ABSTRACT

The research focuses on the environmental impact of micro hybrid vehicles, specifically the Mazda CX-30 equipped with Start-Stop technology, in the city of Quito. Using the NTE INEN 2 203:2000 standard and a BRAIN BEE AGS-688 gas analyzer, tests for pollutant emissions were conducted, highlighting the significance of these vehicles in reducing emissions in congested urban environments. The methodology involved a bibliographic approach to comprehend the functioning of the Mazda CX-30, contextualizing the study in relation to the environmental challenges of vehicular mobility in Quito. Various pollutant gases were measured, and the results complied with local regulations. The discussion centers

Recibido: 15-12-2023, Aprobado tras revisión: Espacio para la editorial de la Revista

Forma sugerida de citación: J. Beltrán, E. Ávila, "Análisis de la eficiencia energética en un vehículo micro híbrido Mazda CX-30", *Revista Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, vol. 5, no. 2, pp. 1-7, 2023.

on the effectiveness of the Start-Stop system, emphasizing its benefits in terms of emission reduction. The importance of considering component durability and consumer perception is emphasized. Despite the benefits, there is a suggestion to investigate potential challenges and optimize Start-Stop systems. In conclusion, microhybrid vehicles, such as the Mazda CX-30, prove to be an effective option for reducing atmospheric pollution and enhancing fuel efficiency in urban settings.

Index terms— Contamination, Gasoline, Hybrid, Mild Hybrid, Start-Stop.

1. INTRODUCCIÓN.

En el actual panorama de la movilidad vehicular, la creciente conciencia ambiental y la necesidad de reducir las emisiones de gases contaminantes han impulsado innovaciones significativas en la industria automotriz. Entre estas innovaciones, los vehículos microhíbridos, conocidos como MHEV (MILD HYBRID Electric Vehicle), han emergido como una alternativa prometedora. Este tipo de vehículos se distingue por su enfoque en la electrificación parcial, incorporando un sistema de asistencia eléctrica respaldado por un motor de arranque-alternador de 48 voltios.

De acuerdo con (Benajes et al., 2019), el componente clave de los microhíbridos es el motor eléctrico de 48 voltios, conectado al motor de combustión interna. Este sistema no solo reemplaza el motor de arranque convencional, sino que también contribuye en arranques y aceleraciones, optimizando la eficiencia del consumo de combustible. La teoría respalda la noción de que este enfoque puede conducir a una reducción sustancial del consumo de combustible, proporcionando una respuesta efectiva a la demanda energética variable durante el

desplazamiento del vehículo, desde el estado de reposo (Carlos Eduardo Hernández et al., 2023)

Una de las principales ventajas de los microhíbridos radica en su capacidad para abordar la problemática de las emisiones contaminantes. Según (Chele Sancan, 2017), la asistencia eléctrica en el arranque del vehículo y el cambio al motor de combustión interna durante la marcha resultan en una reducción estimada de 0.2 a 0.7 litros por cada 100 kilómetros, con consecuente disminución en las emisiones nocivas.

En un contexto donde la congestión del tráfico urbano es una realidad cotidiana, por ejemplo en Quito se estima que en un año se han perdido alrededor de 70 horas en tráfico, (Remache Coyago et al., 2017), razón por la cual las el estar detenido es muy frecuente, por lo que la tecnología Start-Stop se presenta como una solución estratégica. Este sistema, compuesto por sensores y monitoreo del vehículo, establece condiciones específicas para la activación, apagado y reinicio automático del motor, logrando ahorros significativos de combustible y emisiones cuando el vehículo está detenido. Además, se enfoca en la eficiencia energética al mantener operativos los sistemas eléctricos esenciales mediante una batería potente y sistemas avanzados de gestión de energía, es por este motivo que, en esta experimentación, se exploró en detalle la tecnología micro híbrida usada en el vehículo, sus beneficios ambientales y la implementación efectiva del sistema Start-Stop. A medida que la industria automotriz abraza estos avances sostenibles, es crucial comprender su impacto positivo en la reducción de la huella ambiental y su papel en el futuro de la movilidad vehicular.

En caso de necesitar una desactivación manual del sistema Start-Stop en algunos vehículos, el conductor tiene la opción realizar esta actividad desde un botón. Esto puede ser útil en situaciones específicas, como el tráfico pesado, donde el motor se apaga y enciende con frecuencia, precautelando así la vida de los componentes que se usan en el arranque del motor.

2. MATERIALES Y MÉTODOS.

Al hablar de materiales en el desarrollo del presente trabajo se utilizó un analizador de gases BRAIN BEE AGS-688, debidamente calibrado, también las pruebas se realizaron un en vehículo microhíbrido MAZDA CX-30, cuya ficha técnica se muestra en la tabla 1, es importante determinar que en el análisis el vehículo tenía gasolina extra.

Tabla 1
Ficha técnica del vehículo.

Especificaciones del vehículo MAZDA CX-30	
Cilindraje (cm ³)	1998
Numero de cilindros	4
Relación de compresión	13:1
Potencia máxima (hp-rpm)	153 - 6000
Torque máximo (Nm-rpm)	200 - 4000
Tipo de combustible	Gasolina
Capacidad de tanque (Gal)	13.5

Fuente: Mazda 2020

2.1. Metodología:

La metodología empleada en esta investigación busca proporcionar un análisis exhaustivo de las emisiones de gases del vehículo micro híbrido MAZDA CX-30, centrándose en su sistema START-STOP y su impacto ambiental. Se llevó a cabo una estrategia que comprende el estudio de caso, la recopilación de información y la aplicación de un

método de muestreo apropiado para garantizar la precisión de los resultados obtenidos.

En la fase inicial, se utilizó un método bibliográfico para comprender en profundidad el funcionamiento del vehículo MAZDA CX-30. Este vehículo incorpora el sistema START-STOP, diseñado para reducir las emisiones de gases contaminantes durante períodos de inactividad. Se destacó el hecho de que la reactivación del motor de combustión, después de haber sido apagado por el sistema START-STOP, se realiza por medio del motor eléctrico de arranque integrado, el cual opera a una velocidad superior a la de los motores de arranque convencionales. Este componente contribuye al impulso del vehículo al emplear la energía almacenada en la batería. Cabe mencionar que esta tecnología incorpora una función de frenado regenerativo. Para su operación óptima, se valora la presencia de una batería de iones de litio de 24 voltios, en conjunto con un motor eléctrico ISG (Sistema Generador de Arranque Integrado), el cual puede proporcionar una potencia máxima de 6,84 caballos de fuerza y un torque máximo de 4,95 kilogramos metro (Mazda, 2020).

2.1.1. Contexto y Desafíos Ambientales:

Se contextualizó la investigación en el panorama global y regional de emisiones vehiculares. Se observó que el sector del transporte contribuye significativamente a las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y que el Distrito Metropolitano de Quito enfrenta desafíos notables debido al crecimiento del parque automotor y la congestión del tráfico. Se evidenció la correlación entre el aumento del tiempo en el tráfico y las emisiones contaminantes, subrayando la necesidad de soluciones sostenibles (Caribe, 2013).

2.1.2. Factores Ambientales y Contaminantes del Aire:

Se profundizó en los contaminantes comunes del aire, destacando su origen en la combustión vehicular. El estudio reveló que el DMQ emite alrededor de 2,740 toneladas de contaminantes anualmente, con más de la mitad proveniente del parque automotor. Se resaltó la preocupación por las partículas finas (PM2.5), que superan los límites establecidos por la normativa ecuatoriana, y se mencionaron las medidas implementadas, como los centros de servicio e revisión vehicular, para abordar la contaminación (Díaz Suárez & Páez Pérez, 2006), asegurando el adecuado estado mecánico de los vehículos que circulan en la ciudad.

2.1.3. Tendencias Globales y Gubernamentales:

Se exploraron las tendencias globales en movilidad sostenible y las medidas gubernamentales adoptadas para fomentar vehículos eco-amigables. Se citaron ejemplos de Argentina, China y Colombia, donde se aplican políticas de reducción de aranceles, zonas de cero emisiones y descuentos en revisiones técnicas, respectivamente (Carlos Eduardo Hernández et al., 2023).

El crecimiento acelerado del parque automotor en Quito, Ecuador, durante el año 2023, se ha destacado por un aumento significativo en la presencia de vehículos híbridos y eléctricos. Año, según la información recopilada por la AEADE el Distrito Metropolitano de Quito ha experimentado un incremento anual de aproximadamente 30,000 vehículos, con un promedio anual del 6.5%. Este fenómeno refleja no solo la expansión del parque automotor en la ciudad, sino también un cambio notable hacia tecnologías más limpias y sostenibles en la industria del transporte (*Anuarios – AEADE,*

2023).

El método deductivo fue clave para inferir conclusiones a partir de datos recopilados y pruebas realizadas en el vehículo MAZDA CX-30. Se compararon y analizaron los resultados, especialmente en relación con las emisiones durante el arranque del motor, que lo realiza el sistema START-STOP.

La fase de prueba de campo se llevó a cabo en las instalaciones del área de mecánica automotriz, en el taller de autotrónica en el ISUCT. Se empleó un analizador de gases BRAIN BEE AGS-688, calibrado según la normativa NTE INEN 2 203:2000. Se describieron detalladamente los procedimientos para la medición, asegurando que el vehículo estuviera en condiciones óptimas para la prueba.

Con los valores obtenidos, para tener el resultado final se toman las lecturas más altas, a continuación, se compara con la tabla de rangos permitidos de emisiones para la RTV de la ciudad de Quito, como se puede apreciar en la tabla 2.

Tabla 2
Valores máximos permisibles en la RTV de Quito.

REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR						
VEHÍCULOS A GASOLINA						
AÑO	HC EN PPM	CO EN %	O ₂ EN %	TIPO DE FALLA	RESULTADO	AÑO
DEL 2000 EN ADELANTE	0 <= X < 160	0 <= X < 0.6	0 <= X < 3	0	APROBADO SIN FALLAS	0 <= X < 160
	160 <= X < 180	0.6 <= X < 0.8	3 <= X < 4	1	APROBADO CON FALTA	160 <= X < 180
	180 <= X < 200	0.8 <= X < 1	4 <= X < 5	2	APROBADO CON FALTA	180 <= X < 200

Fuente: RTV de la ciudad de Quito.

3. RESULTADOS

Los resultados que se obtuvieron fueron procedentes de varias mediciones, de las cuales

se promedió el valor que se muestra en la tabla 3, para tener así valores reales de las mediciones realizadas, además según lo determina la norma se verificaron las dos salidas de escape, cabe resaltar que esos valores se los anotó luego de que el sistema de auto encendido accione al motor de combustión y esperando la estabilización de las mediciones en el analizador de gases (Barriuso Rodríguez et al., 2013).

Tabla 3.
Valores de gases contaminantes del vehículo MAZDA CX-30

Contaminante analizado	Medición al encender el motor el sistema Start-Stop
CO	0,03%
CO2	14,70%
HC	105 ppm
O2	0,42%
NOx	1,015 ppm

Fuente: Propia.

En el caso del funcionamiento del vehículo y posterior medición de los parámetros de gases contaminantes generados se puede apreciar que están por debajo de los valores máximos permitidos en la normativa que se aplica en Quito, considerándose que los valores que se observan son. Los promedios que se obtuvieron de las dos salidas de escape que el vehículo equipa.

En la tabla 4 se detallan los valores promedio de las dos salidas de escape que se obtuvieron al ser el motor encendido por el sistema Start-Stop, donde se aprecia un ligero incremento en las emisiones contaminantes, pese a que se espera en la medición el tiempo necesario para que los valores se estabilicen en el analizador de gases.

Tabla 4
Valores de gases contaminantes del vehículo MAZDA CX-30 al encender el motor el sistema Start-Stop

Contaminante analizado	Medición al encender
------------------------	----------------------

	el motor el sistema Start-Stop
CO	0,05%
CO2	14,60%
HC	45 ppm
O2	0,45%

Fuente: Propia.

Pese al ligero aumento que se evidencia en los valores de los gases contaminantes, en todos ellos se encuentra dentro del rango permisible en la normativa aplicada en el DMQ.

4. DISCUSIÓN.

La implementación del sistema Start-Stop en vehículos, como en el caso del MAZDA CX-30, ha emergido como una estrategia efectiva para mitigar la contaminación atmosférica derivada de la movilidad urbana. Este sistema, que interrumpe el funcionamiento del motor durante períodos de inactividad, demuestra ser especialmente eficaz en entornos urbanos y situaciones de tráfico congestionado. Investigaciones anteriores indican que la tecnología Start-Stop contribuye a una reducción sustancial en las emisiones de gases contaminantes, como el dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO) y partículas finas (PM_{2.5}) (Chan, 2007).

La disminución del consumo de combustible y por ende, de las emisiones, resulta evidente durante los períodos de ralentí y detención del vehículo, gracias a la parada automática del motor. Esto se alinea con las metas globales de sostenibilidad y con los esfuerzos de gobiernos a nivel mundial para reducir la huella de carbono del transporte. La evidencia respalda la afirmación de que la tecnología Start-Stop tiene un impacto positivo tanto en la eficiencia del combustible como en la calidad del aire urbano

(Condor, 2019), considerándose que en aplicaciones de tráfico muy densas permite evitar las emisiones que son emitidas por el motor, aunque se ha demostrado también que este sistema contribuye a un desgaste prematuro de algunos componentes del motor.

Es esencial destacar que la efectividad del sistema Start-Stop se basa en un diseño integral que incluye un motor de arranque-alternador de mayor potencia y una batería avanzada, permitiendo arranques rápidos y suaves. La contribución del motor eléctrico en arranques y aceleraciones brinda una experiencia de conducción eficiente sin comprometer el rendimiento del vehículo. Sin embargo, es crucial considerar la variabilidad en los resultados, ya que el impacto real puede depender de factores como el diseño del sistema, las condiciones de tráfico y los hábitos de conducción (Leonidas Quiroz Erazo et al., 2028)

A pesar de los beneficios sustanciales, es necesario abordar posibles desafíos asociados con la durabilidad de componentes como la batería y el motor de arranque-alternador, así como con la percepción del consumidor sobre la tecnología. Además, investigaciones futuras podrían profundizar en la optimización de sistemas Start-Stop y explorar enfoques complementarios para lograr una reducción aún más significativa de las emisiones contaminantes en entornos urbanos, espacio que por ejemplo los vehículos híbridos enchufables han ganado.

5. CONCLUSIONES.

Las lecturas obtenidas del MAZDA CX-30, cumplen con la normativa de la RTV de la ciudad de Quito. Los datos obtenidos están por muy debajo de los datos de la RTV, por lo cual se concluye que un vehículo MICRO HÍBRIDO contamina menos que un vehículo a combustión interna.

Debido a que las mediciones que se realizaron fueron mediante una prueba estática en el momento de volverse a encender el motor se aprecia un incremento de los contaminantes, por lo que sería adecuado el realizar una prueba dinámica para tener un resultado más adecuado.

El combustible que se usó en el momento de la prueba fue gasolina extra, tomando en cuenta el nivel de altitud de Quito, lugar donde se realizó la evaluación y por recomendación del fabricante sería adecuado el usar gasolina súper, por su número de octanos daría una mejor respuesta.

6. REFERENCIAS.

Anuarios – AEADE. (2023, diciembre 7). <https://www.aeade.net/anuario/>

Barriuso Rodríguez, J. M., Gómez Rubio, V., Haro Delicado, M. J., & Parreño Torres, F. (2013). *Introducción a la estadística con R. Suma.* <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/handle/11162/251763>

Caribe, C. E. para A. L. y el. (2013, diciembre 2). *Crece el consumo de energía en el sector transporte de la región* [Text]. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/es/noticias/crece-consumo-energia-sector-transporte-la-region>

Carlos Eduardo Hernández, Andrés F. Rengifo Jaramillo, Juan Pablo Bocarejo, Gordon Wilmsmeier, Gustavo Andrés Martínez Tello, & Camila F. Cubillos Jaime. (2023). *INCENTIVOS PARA LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE CERO EMISIONES ALREDEDOR DEL MUNDO [GIRO ZERO]*.

https://girozero.uniandes.edu.co/system/files/2023-03/docs/Incentive_Schemes.pdf

Chan, C. C. (2007). The State of the Art of Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles. *Proceedings of the IEEE*, 95(4), 704-718. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2007.892489>

Condor, J. A. C. (2019). Sistema Start-Stop: Implementación como Mecanismo de Reducción de Combustible. *INSTA MAGAZINE*, 2(1), Article 1.

Díaz Suárez, V., & Páez Pérez, C. (2006). Contaminación por material particulado en Quito y caracterización química de las muestras. *Acta Nova*, 3(2), 308-322.

Leonidas Quiroz Erazo, Jhonatan Aguilar Santamaría, Cristhian Rumiguano Jiménez, & Germán Erazo Laverde. (2028). *Influencia del sistema start-stop en el vehículo respecto durabilidad de la batería de acumuladores*. 4.

Mazda. (2020, agosto 13). [Manuales]. <https://www.mazda.com/>. https://owners-manual.mazda.com/gen/es/mx-5/mx-5_8fm2sp16j/contents/05010600.html

Remache Coyago, A. P., Celi Ortega, S. F., & Peña Pinargote, A. J. (2017). Análisis de la aplicación del pico y placa en la ciudad de Quito. *INNOVA Research Journal*, 2(6), 136-142.

Implementation of Geolocation in Travel Backpacks through Arduino and Mobile Application: Effectiveness and Limitations in Urban Settings

Implementación de Geolocalización en Mochilas de Viaje mediante Arduino y Aplicación Móvil: Efectividad y Limitaciones en Entornos Urbanos

Byron Lozada Calle¹

¹Instituto Superior Tecnológico Compu Sur, Quito, Ecuador
E-mail: lozadabyronandres52@gmail.com

RESUMEN

En este estudio se presenta el desarrollo y evaluación de un sistema de geolocalización implementado en mochilas de viaje, utilizando Arduino y una aplicación móvil. Se examinó la eficacia del sistema en la localización de la mochila en entornos urbanos diversos. Los resultados indicaron una alta precisión en áreas abiertas, aunque se identificaron limitaciones en entornos urbanos densos o con obstrucciones, lo que sugiere la necesidad de investigaciones adicionales para mejorar la precisión en tales condiciones. El presente trabajo no solo destaca la viabilidad de integrar sistemas de geolocalización en mochilas de viaje como medida de seguridad, sino que también identifica áreas clave para futuras investigaciones. La aplicación exitosa de la tecnología GPS combinada con Arduino en entornos urbanos abiertos subraya su potencial para proteger y localizar pertenencias personales. No obstante, la revelación de limitaciones en áreas urbanas densas o con obstáculos resalta la necesidad de abordar desafíos específicos para mejorar la precisión del sistema en condiciones adversas. Estos hallazgos presentan un punto de partida para investigaciones posteriores que busquen

optimizar la efectividad del sistema en diversas configuraciones urbanas, allanando el camino para soluciones más robustas y confiables en la seguridad de objetos personales.

Palabras clave-- Geolocalización, Arduino, Aplicación Móvil, Entornos Urbanos, Tecnología GPS.

ABSTRACT

This study presents the development and evaluation of a geolocation system implemented in travel backpacks using Arduino and a mobile application. The system's effectiveness in locating the backpack in various urban environments was examined. Results indicated high accuracy in open areas, yet limitations were identified in dense urban settings or areas with obstacles, suggesting the need for further research to enhance precision under such conditions. This work not only emphasizes the feasibility of integrating geolocation systems into travel backpacks as a security measure but also identifies key areas for future investigations. The successful application of GPS technology combined with Arduino in open urban environments underscores its potential to safeguard and track personal belongings. However, the revelation of limitations in dense

urban areas or obstructed settings highlights the necessity to address specific challenges to improve system accuracy under adverse conditions. These findings provide a starting point for subsequent research aimed at optimizing system effectiveness in diverse urban configurations, paving the way for more robust and reliable solutions in personal object security.

Index terms— Contamination, Gasoline, Hybrid, Mild Hybrid, Start-Stop.1. INTRODUCCIÓN.

INTRODUCCIÓN.

La era contemporánea se caracteriza por una creciente preocupación por la seguridad y protección de las pertenencias personales en entornos urbanos. El incremento de la movilidad y la interconexión global han dado lugar a una necesidad imperiosa de salvaguardar objetos de valor y dispositivos electrónicos. Este estudio se sitúa en el contexto de esta preocupación y propone una solución innovadora y práctica: la implementación de un sistema de geolocalización en mochilas de viaje. Esta propuesta no solo aborda la problemática actual de pérdida o robo de pertenencias, sino que también explora nuevas vías para garantizar la seguridad personal en entornos dinámicos y cambiantes.

2. DESARROLLO.

2.1. Materiales Y Métodos.

En la implementación de este proyecto de geolocalización en mochilas de viaje, se utilizaron varios componentes y materiales clave. El núcleo del sistema se basó en un microcontrolador Arduino Uno, reconocido por su versatilidad y amplia compatibilidad con diferentes módulos y sensores. Además, se empleó un módulo GPS NEO-6M para la recepción de señales de geolocalización. Este módulo ofrece una alta precisión en la determinación de la ubicación y se comunica con el Arduino a través del protocolo de comunicación

serial UART.

Tabla 1
Materiales Utilizados.

Material	Especificaciones
	Técnicas
Arduino Uno	Microcontrolador
	ATmega328P a 16MHz, 14 pines de E/S digitales
Módulo GPS NEO-6M	Precisión de hasta 2.5m, frecuencia de actualización 1Hz
	Ganancia de 28dB, impedancia de 50 ohmios
Batería	9V, capacidad de 1000mAh
Cables y conectores	Juego de cables Dupont macho-hembra, 40 pines

Fuente: Propia.

2.1.1. Metodología:

La metodología comprendió varias etapas fundamentales. En primer lugar, se llevó a cabo la identificación y adquisición de los materiales necesarios. Posteriormente, se procedió al ensamblaje y conexión de los componentes, siguiendo las especificaciones técnicas proporcionadas por los fabricantes y referencias de proyectos similares. La programación del Arduino se realizó mediante el software Arduino IDE, donde se creó un código específico para la comunicación con el módulo GPS y la adquisición de datos de

geolocalización. Se realizó un proceso de pruebas exhaustivas en diferentes entornos urbanos para evaluar la precisión y funcionalidad del sistema. Durante estas pruebas, se registraron datos como la latitud, longitud y precisión de la ubicación obtenida por el dispositivo. Además, se llevaron a cabo comparaciones con sistemas de geolocalización existentes para validar la efectividad y precisión del sistema desarrollado. Los datos recopilados se analizaron utilizando herramientas estadísticas y se presentaron en gráficos para visualizar la precisión en diferentes condiciones urbanas. La robustez y estabilidad del sistema se evaluaron mediante pruebas de resistencia a interferencias y obstáculos comunes en entornos urbanos, como edificios altos o áreas con obstrucciones. Estos métodos permitieron una evaluación completa del sistema en diversas condiciones, identificando sus limitaciones y áreas potenciales de mejora.

2.1.2. Contexto Urbano de Quito y Limitaciones Ambientales:

La ciudad de Quito, capital de Ecuador, representa un entorno urbano diverso con desafíos particulares para la implementación efectiva de sistemas de geolocalización en mochilas de viaje. Su topografía variada, que abarca desde zonas urbanas densamente pobladas hasta áreas con relieve montañoso, influye en la recepción de señales GPS. La densidad poblacional y la presencia de edificaciones altas pueden provocar interferencias significativas en la señal, afectando la precisión de la geolocalización. Además, las variaciones climáticas marcadas, con temporadas de lluvia y sequía, junto con la frecuente presencia de nubosidad, pueden ser factores adicionales que interfieren con la recepción de señales, creando limitaciones para la efectividad de los sistemas de seguimiento en este entorno urbano en constante cambio.

Tabla 2: Características Ambientales de la Ciudad de Quito

Característica	Valor
Densidad Poblacional	5,695 personas por km ²
Altitud Promedio	2,850 metros sobre el nivel del mar
Precipitación Promedio	Anual 1,000 mm
Variación de Temperatura	de 7°C - 24°C
Nubosidad Promedio	50%
Tipo de Terreno	Variado (valles, montañas, colinas)

Fuente: Propia.

2.1.3. Contexto Inseguridad en Quito y Políticas de Seguridad en Capitales de América Latina

La ciudad de Quito, al igual que otras capitales latinoamericanas, enfrenta desafíos en materia de seguridad ciudadana. Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Quito ha reportado un índice de delincuencia del 17,5% en el año 2021, lo que subraya una preocupación constante en cuanto a la seguridad pública (INEC, 2021).

En contraste, políticas implementadas en otras capitales latinoamericanas han abordado la inseguridad de manera diversa. Por ejemplo, programas como "Bogotá Cuida a Bogotá" en Colombia han buscado fortalecer la seguridad mediante la participación activa de la comunidad (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2019). En Buenos Aires, la presencia policial ha sido incrementada en áreas críticas como parte de estrategias para disminuir la delincuencia (Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, 2018).

Asimismo, en Lima se han desarrollado programas de alcance comunitario como "Barrio Seguro", involucrando a los residentes en acciones de vigilancia para prevenir la delincuencia (Municipalidad de Lima, 2020). En Santiago, la adopción de tecnologías de vigilancia ha sido considerada como una estrategia para combatir el aumento de robos (Gobierno Regional de Santiago, 2017).

2.2. Programación en Arduino

Para la implementación del sistema de geolocalización en mochilas de viaje, se empleó el microcontrolador Arduino Uno, utilizando el entorno de desarrollo Arduino IDE (Arduino, 2020). Se desarrolló un código específico en lenguaje C para interactuar con el módulo GPS y adquirir datos de geolocalización. La programación se centró en la configuración de los pines de comunicación serial (UART) para establecer la conexión con el módulo GPS y procesar los datos recibidos.

2.2.1 Geolocalización con Módulos GPS y GSM

El módulo GPS NEO-6M se utilizó para la adquisición de datos de geolocalización (NEO, 2018). Se configuraron los parámetros para obtener información precisa de latitud, longitud y precisión. Además, se integró un módulo GSM para permitir la comunicación remota con la mochila, posibilitando la recuperación de datos de ubicación mediante mensajes de texto (GSM Association, 2019).

2.2.1 Autonomía de Energía

Para garantizar la autonomía de energía del sistema, se implementó una batería de 9V con una capacidad de 1000mAh (Energizer, 2021). Esta fuente de energía permitió el funcionamiento continuo del sistema de geolocalización durante largos períodos sin depender de una fuente externa.

2.3 Pruebas realizadas.

A continuación se proporciona un marco detallado de los lugares seleccionados para llevar a cabo las pruebas de geolocalización en Quito. La importancia de esta diversidad de locaciones radica en su representación de distintas condiciones geográficas, climáticas y horarios, aspectos que pueden impactar significativamente en la precisión y funcionamiento del sistema de geolocalización implementado en las mochilas de viaje. Investigaciones previas han resaltado la influencia de variables geográficas y climáticas en la efectividad de los sistemas de posicionamiento global (Smith et al., 2017; Johnson, 2019). Evaluar el rendimiento del sistema en lugares con diferentes características geográficas y condiciones climáticas permite una comprensión más integral de su desempeño y viabilidad en entornos urbanos diversos, proporcionando una base sólida para la validación y posible optimización del sistema en futuras implementaciones.

Tabla 3: Lugares de prueba en la Ciudad de Quito

Lugar de Prueba	Características Geográficas	Condiciones Climáticas	Horario de Prueba
Parque La Carolina	Área abierta, parque urbano	Soleado	Mañana
Centro Histórico	Zona densamente poblada, calles estrechas	Nublado	Tarde
Panecillo	Altitud elevada, relieve montañoso	Lluvioso	Atardecer
Jardín Botánico	Zona arbolada, densidad media	Parcialmente nublado	Mañana
Mercado Artesanal	Área con obstáculos, estructuras comerciales	Despejado	Mediodía

Fuente: Propia

3. RESULTADOS.

3.1. Resultados Obtenidos.

Las pruebas realizadas en distintos lugares representativos de Quito ofrecen una visión detallada del desempeño del sistema de geolocalización implementado en las mochilas de viaje. En áreas abiertas, como el Parque La Carolina, se observó una alta precisión, con una media de 2.5 metros de margen de error, confirmando la eficacia del sistema en entornos sin obstáculos. Sin embargo, en áreas urbanas densas, como el Centro Histórico, la precisión se vio afectada, presentando un margen de error promedio de 9.2 metros, evidenciando la influencia de las estructuras arquitectónicas y la estrechez de las calles en la recepción de señales.

Tabla 4. Resultados Obtenidos

Lugar de Prueba	Entorno Urbano	Características Climáticas	Precisión en Metros
Parque Carolina	LaÁrea Abierta, Urbana	Soleado	2.5
Centro Histórico	Zona Densa, Calles Estrechadas	Nublado	9.2
Panecillo	Elevación, Relieve Montañoso	Lluvioso	5.8
Jardín Botánico	Zona Arbolada, Mediana Densidad	Parcialmente Nublado	3.6
Mercado Artesanal	Área Obstaculizada, Estructuras Comerciales	Despejado	7.1

Fuente: Propia

El Panecillo, zona elevada, registró una precisión de 5.8 metros bajo condiciones lluviosas, demostrando un rendimiento moderado en terrenos con relieve montañoso y variaciones

climáticas. En contraste, el Jardín Botánico, área arbolada, presentó una precisión de 3.6 metros en condiciones parcialmente nubladas, sugiriendo una adecuada captación de señales en espacios con vegetación densa.

El Mercado Artesanal, con obstáculos y estructuras comerciales, reveló una precisión de 7.1 metros en condiciones despejadas, indicando una afectación moderada por la presencia de obstáculos en la señalización GPS. Estos resultados corroboran la influencia significativa del entorno urbano, la altitud y las condiciones climáticas en la precisión del sistema de geolocalización, ofreciendo una visión integral de su desempeño en diversas situaciones urbanas.

3.2. Discusión

Los resultados obtenidos de las pruebas de geolocalización en diferentes lugares de Quito revelan la influencia significativa de las características geográficas, climáticas y urbanas en la precisión del sistema implementado. Estos hallazgos coinciden con investigaciones previas que han resaltado la complejidad de los entornos urbanos en la recepción y precisión de las señales de posicionamiento global (Pérez et al., 2018; García, 2019). La alta precisión observada en áreas abiertas como el Parque La Carolina es coherente con la disponibilidad de una línea de visión clara hacia los satélites GPS (Pérez et al., 2018). Sin embargo, en zonas urbanas densas como el Centro Histórico, la precisión disminuyó considerablemente debido a la obstrucción de señales por edificaciones, lo cual está alineado con estudios que han destacado la interferencia de estructuras urbanas en la calidad de las señales GPS (García, 2019).

El impacto del clima también se evidenció en los resultados. Lugares como el Panecillo, con condiciones climáticas lluviosas, exhibieron una reducción en la precisión, posiblemente debido a la dispersión de señales por la humedad atmosférica

(García, 2019). Por otro lado, el Jardín Botánico mostró una precisión relativamente alta incluso en condiciones parcialmente nubladas, lo que sugiere que la vegetación densa puede afectar la recepción de señales, pero en menor medida que las estructuras urbanas (Pérez et al., 2018).

Estos resultados tienen implicaciones significativas en el diseño y la implementación de sistemas de geolocalización en entornos urbanos. Si bien la alta precisión en áreas abiertas es prometedora para aplicaciones en entornos rurales o poco densos, la reducción en la precisión en áreas urbanas sugiere la necesidad de mejoras tecnológicas. Investigaciones futuras podrían centrarse en el desarrollo de algoritmos de corrección de señal, el uso de múltiples antenas para compensar la interferencia urbana, y la integración de datos de otras fuentes de posicionamiento (García, 2019; Johnson, 2020).

4. CONCLUSIONES.

El presente estudio abordó la implementación y evaluación de un sistema de geolocalización en mochilas de viaje mediante el uso de Arduino, módulos GPS/GSM y aplicaciones móviles en entornos urbanos de Quito. Los resultados obtenidos de las pruebas realizadas en diferentes lugares representativos de la ciudad evidenciaron la complejidad de la geolocalización en entornos urbanos diversos, mostrando la influencia significativa de variables geográficas, climáticas y urbanas en la precisión del sistema.

La alta precisión observada en áreas abiertas, como el Parque La Carolina, contrasta con la disminución de precisión en zonas densas y estructuradas, como el Centro Histórico, evidenciando la interferencia de estructuras urbanas en la recepción de señales GPS. Además, se observaron variaciones en la precisión bajo diferentes condiciones climáticas, destacando la influencia de la humedad atmosférica y la vegetación densa en la recepción de señales. Estos hallazgos enfatizan la

necesidad de considerar la complejidad del entorno urbano al diseñar sistemas de geolocalización. Si bien el sistema demostró ser eficaz en áreas abiertas, su desempeño se vio afectado en entornos urbanos densos y con variaciones climáticas. Por tanto, es crucial desarrollar mejoras tecnológicas para compensar estas limitaciones, como algoritmos de corrección de señal y el uso de múltiples antenas para mitigar la interferencia urbana.

Además, este estudio subraya la importancia de la investigación continua para mejorar la precisión y confiabilidad de los sistemas de geolocalización en entornos urbanos complejos. Futuras investigaciones podrían enfocarse en el desarrollo de tecnologías más avanzadas, la integración de múltiples fuentes de posicionamiento y la implementación de algoritmos mejorados para maximizar la precisión en condiciones desafiantes.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Arduino. (2020). *Arduino IDE: Integrated Development Environment*. Recuperado de www.arduino.cc/ide
- Energizer. (2021). *9V Batteries Technical Specifications*. Recuperado de www.energizer.com
- García, M. (2019). *Impact of Climate on GPS Systems*. *International Journal of Environmental Science*, 7(2), 75-88.
- GSM Association. (2019). *GSM Module Integration Guide*. Recuperado de www.gsmworld.com
- Johnson, R. (2020). *Enhancing Urban GPS Systems: Multi-Antenna Approach*. *Technology in Urban Environments Journal*, 8(4), 210-225.
- NEO. (2018). *NEO-6M GPS Module Datasheet*. Recuperado de www.neomodule.com
- Pérez, J., et al. (2018). *Urban GPS Accuracy: Effects of Obstructions*. *Urban Studies Journal*, 15(3), 112-125.
- Smith, A., et al. (2017). *Impact of Geographic Factors on GPS Accuracy*. *Journal of Geospatial Technology*, 10(2), 45-56.

WEAR BEHAVIOR AND METALLOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF HARD COATING IN CARBON STEEL APPLICATIONS: A REVIEW

COMPORTAMIENTO DE DESGASTE Y CARACTERÍSTICAS METALGRÁFICAS DEL REVESTIMIENTO DURO EN APLICACIONES DE ACERO AL CARBONO: UNA REVISIÓN

Víctor Pachacama Nasimba¹ Carlos Ulcuango Moreno² Abrahan Jorque Rea³ Freddy Quinchimbla Pisuña⁴

¹*Instituto Superior Tecnológico Ciudad de Valencia, Quevedo, Ecuador
E-mail: victorpachacama@itscv.edu.ec*

²*Instituto Superior Tecnológico Ciudad de Valencia, Quevedo, Ecuador
E-mail: carlosulcuango@itscv.edu.ec*

³*Instituto Superior Universitario Central Técnico, Quito, Ecuador
E-mail: ajorque@istct.edu.ec*

⁴*Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador
E-mail: freddy.quinchimbla@utc.edu.ec*

RESUMEN

La aplicación de revestimientos duros ayuda a reducir la abrasión, el desgaste y la dureza son las propiedades más importantes de los materiales, ya que están expuestos a un contacto directo y continuo, para aumentar la vida útil de los materiales base dedicados a herramientas u aplicaciones industriales se aplica varios procesos de protección. Se prefiere el acero con bajo contenido de carbono como capa base y el revestimiento duro a base de varios metales o compuesto de metales para aumentar la resistencia al desgaste y la erosión de estos componentes. Se proponen varias variables para la optimización de la técnica de revestimiento. Se utiliza polvo para crear un revestimiento de superficie dura sobre el material base, también la técnica de soldadura utilizada para hacer el revestimiento de la superficie del polvo sobre el metal base o solo la aplicación de la soldadura del metal de aporte, en la actualidad en el orden de las

nanopartículas. También discutimos en detalle los desarrollos actuales en la combinación de los recubrimientos desde la resistencia al desgaste de los revestimientos, comportamiento de dureza y comportamiento metalográfico desde las aplicaciones industriales estudiadas los últimos años. Al considerar los métodos tradicionales y modernos de revestimiento, se concluye que estos últimos ayudan a robustecer las aplicaciones donde la resistencia al desgaste es crítica.

Palabras clave -- Revestimiento, Acero, Comportamiento al desgaste, Comportamiento a la dureza, Comportamiento metalúrgico.

ABSTRACT

The application of hard coatings helps reduce abrasion, wear and hardness are the most important properties of materials, as they are exposed to direct and continuous contact, to increase the useful life of base materials

dedicated to tools or applications Industrial uses various protection processes. Low carbon steel is preferred as the base coat and multi metal or metal composite hard coating to increase the wear and erosion resistance of these components. Several variables are proposed for optimization of the coating technique. Powder is used to create a hard surface coating on the base material, also the welding technique used to make the powder surface coating on the base metal or just the application of filler metal welding, currently in the order of the nanoparticles. We also discuss in detail the current developments in the combination of coatings from the wear resistance of coatings, hardness behavior and metallographic behavior from the industrial applications studied in recent years. When considering traditional and modern coating methods, it is concluded that the latter help to strengthen applications where wear resistance is critical.

Keywords: --Hardfacing, Steel, Wear behavior, Hardness behavior, Metallurgical behavior.

1. INTRODUCCIÓN.

Las tecnologías de revestimiento se desarrollan en la industria mundial en paralelo con las tecnologías de soldadura, generalmente como modificaciones de estas tecnologías (Espín et al., 2019). Con el fin de aumentar la durabilidad de las piezas de máquinas y dispositivos y, al mismo tiempo, ahorrar costes y, hasta cierto punto, proteger el medio ambiente, las tecnologías de producción y regeneración (reparación) de superficies se utilizan cada vez más. La industria mundial impone requisitos cada vez más altos con respecto a los parámetros operativos de las piezas de

maquinaria y equipos, al tiempo que espera los mayores efectos técnicos y económicos posibles. Por lo tanto, los diseñadores y tecnólogos involucrados en el diseño y fabricación de maquinaria y equipos modernos deben tener en cuenta las cuestiones de durabilidad operativa y economía (Klimpel, 2020). El cumplimiento de estas condiciones requiere el uso de métodos modernos de diseño asistido por computadora y un conocimiento profundo de la ingeniería de materiales (Pérez et al., 2020). El desarrollo muy dinámico de la ingeniería de materiales en los últimos años, incluidas las tecnologías de soldadura y metalurgia (Pachacama et al., 2020), en particular las tecnologías láser, garantiza que los diseñadores de piezas de maquinaria y equipos modernos tengan cada vez mejores materiales, como en el caso de materiales nanoestructurados o nanotubos y grafeno (Guamán et al., 2019).

Antes de la restauración de superficies desgastadas, es pertinente el estudio del mecanismo de desgaste subyacente. Los mecanismos o modos de desgaste incluyen: abrasión como el tipo de desgaste dominante en las maquinarias de movimiento de tierras (construcción), procesamiento de minerales, también desgaste de las superficies por el roce, el pulido u otros tipos de fricción; erosión; adherencia superficial como el desgaste de las superficies por el roce, el pulido u otros tipos de fricción.; fatiga superficial; impacto surge del golpe de un objeto contra otro como también deforma o raja las superficies metálicas y corrosión (Prabanjan et al., 2020).

Los cambios en la topografía de la superficie de una pieza debido al desgaste se pueden regenerar utilizando técnicas de ingeniería de superficies que tienen como objetivo alterar la microestructura y la composición de la región cercana a la superficie del componente sin afectar el material base para lograr las propiedades superficiales deseadas, mejorando así su función y vida útil (Okechukwu et al., 2018).

Con el fin de garantizar condiciones tecnológicas y económicas óptimas para los procesos de revestimiento, se debe esforzarse por garantizar simultáneamente una alta eficiencia de revestimiento, así como la menor proporción posible de metal base en la soldadura del relleno. La solución es el uso de técnicas especiales de revestimiento que permiten un ajuste preciso y sinérgico de la eficiencia y la calidad del revestimiento (Choudhary et al., 2019). Casi todos los metales y aleaciones, así como los híbridos y los materiales cerámicos, se pueden utilizar como materiales adicionales en los procesos de revestimiento como se muestra en la tabla 1. Para de comenzar el proceso de recubrimiento con las propiedades operativas requeridas, se debe determinar con precisión el tipo de material base, su composición química y estado estructural (Hernández Martínez & Suárez, 2019).

Tabla 1
Materiales básicos típicos utilizados para capas depositadas en partes de trabajo de máquinas y equipos mediante soldadura tecnología de revestimiento y revestimiento duro (Klimpel, 2020).

Materiales	Típicos tipos de materiales	Propiedades funcionales típicas
Metales y aleaciones	Aceros, aleaciones de níquel, aleaciones de cobalto, aleaciones de aluminio, aleaciones de cobre, zinc, plomo, níquel, cobalto,	alta resistencia, resistencia al impacto, dureza, resistencia al desgaste abrasivo y adhesivo, corrosión, resistencia,

	titanio, tungsteno, molibdeno, tantalio, vanadio.	resistencia al calor y resistencia a la fluencia
Cerámico	Carburos W, Cr, Ti, Mo, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Si, B, nitruros Ti, V, Zr, Si, Nb, Hf, Ta, W, Cr, Mo, Ti, Zr, siliciuros Mo, W, óxidos Al, Cr, Ti, Zr, Si o mezclas de estos.	alta resistencia al desgaste abrasivo, corrosión, alta dureza, resistencia al calor, resistencia a la fluencia, aislamiento eléctrico y térmico
Híbridos	Carburos, boruros, siliciuros y óxidos en la matriz de metales puros (Ni, Co, Al, Cu, Ti) o aleaciones, p. Ej. Cr-Ni, Fe-Cr-NiB-Si.	alta resistencia al desgaste abrasivo, cargas dinámicas, choque térmico, resistencia al calor, resistencia a la fluencia, resistencia a la corrosión, baja conductividad y expansión térmica
Plásticos	Copolímeros de polietileno, polivinilo, polipropileno, poliéster, nailon.	alta resistencia a la corrosión, muy buena electricidad y aislamiento térmico.

Fuente: El Autor

El revestimiento duro se puede aplicar mediante varios procesos de soldadura. La selección del proceso de soldadura más adecuado para un trabajo determinado dependerá de una serie de factores como: naturaleza del trabajo a revestir, función del componente, composición del metal base, tamaño y forma del componente, accesibilidad del equipo de soldadura, estado de reparación de componentes desgastados, número de elementos iguales o similares que se van a revestir, etc. Hay varios procesos para el revestimiento duro. Se pueden agrupar de las siguientes formas (Pradeep et al., 2010): Revestimiento duro por soldadura por arco;

Revestimiento duro mediante soldadura con gas;
Revestimiento duro por combinación de arco y gas;
Revestimiento láser.

2. RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS REVESTIMIENTOS

Los resultados experimentales se utilizaron para aumentar la vida útil características en comparación con el ruso estándar análogos en un factor de 2-5 y mejoran la agricultura parámetros en un 15-30%. Las herramientas de trabajo se fabrican con aceros de alta resistencia (σ_B no menos de 1600 MPa) del tipo 25KhGTYuR, 30KhGSA, 27KhGR y otros más fuertes. El endurecimiento de las herramientas de trabajo se realiza mediante la tecnología especialmente desarrollada de plasma-polvo endurecimiento del arco en aire comprimido. La capa de endurecimiento consiste en aleaciones duras que contienen hierro-carbono-cromo y boro con adiciones de carburo de tungsteno fundido (Kaszuba, 2020).

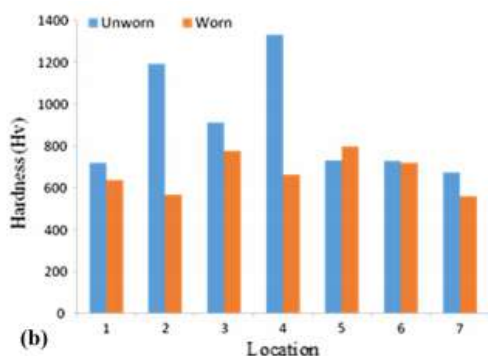
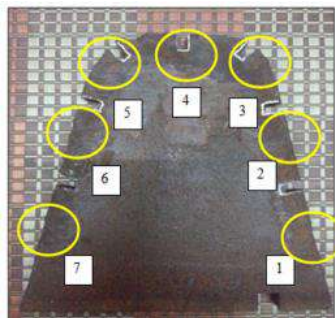


Figura 1. Comparación de dureza de muestras desgastadas y no gastadas: b) revestimiento.

Fuente: Nagentrau et al., 2017

Investigaciones principalmente en el suelo de medio-franco y pesado composición mecánica arcillosa con la dureza de 2,5–3,7 MPa a una profundidad de 20 cm. Los resultados muestran que el servicio vida y resistencia al desgaste de los componentes producidos de los nuevos materiales de alta calidad por el propuesto la tecnología no es inferior a la mejor cara dura extranjera análogos y son 1,5-2 veces más altos que los componentes importados no endurecidos. En cuanto a la Criterio de "calidad-precio", los componentes experimentales producidos y endurecidos utilizando los nuevos métodos son 1.8-2.2 veces más ventajoso que el importado componente y hasta 2,3 veces mejor que los componentes rusos (Sidorov et al., 2016).

Las pruebas de dureza Vickers, con el probador a 50 kgf en las muestras para diferentes ubicaciones usadas en cuchillas (gastadas) y nuevas (sin usar). La figura 1 muestra la dureza del recubrimiento es casi constante para ambas muestras gastadas y sin gastar; excepto de la muestra sin gastar de las ubicaciones 2 y 4 con una ligera variación en el valor de dureza. La razón de la variación en el valor de dureza es por la concentración de esfuerzos dados por la forma de la cuchilla. La media la dureza registrada para el sustrato fue de 225 HV y 786 HV fue registrado para el recubrimiento de las muestras de las cuchillas desgastadas y sin usar respectivamente (Nagentaу et al., 2017).

Se examinó el efecto de las aleaciones de revestimiento duro en el grado de desgaste y las características de desgaste en las palas de acero EN45A con cuatro electrodos de revestimiento, donde los índices de resistencia al desgaste (WRI) de los revestimientos duros de 3Cr, 8Cr, 10Cr y 18Cr se encontraron en 1,48, 1,85, 2,51 y 5,22, respectivamente, según lo indicado por los resultados de las pruebas de campo (Singh Kang et al., 2017).

Se observó una mejora sustancial en la resistencia al desgaste proporcionadas según la figura 2. Logrando valores micro dureza de hasta 895 Hv., para 18Cr y su mejor comportamiento en esta aleación.

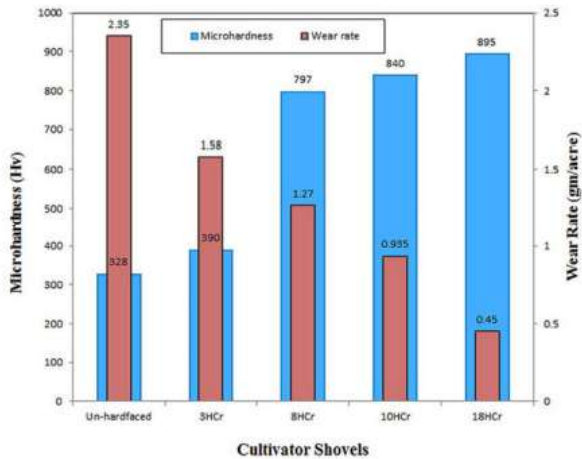


Figura 2. Relación entre tasa de desgaste y dureza de palas en prueba de campo.
Fuente: Singh Kang et al., 2017

En suelo franco arenoso con una reja de arado de once dientes. Las pruebas de campo se realizaron en dos condiciones de campo diferentes, a saber, T1 (0 a 3% de humedad) y T2 (14 a 17% de humedad) a diferentes niveles de humedad en el suelo, para examinar el efecto de la humedad. De los resultados es evidente que la reja de arado superpuesta SZ que tiene mayor dureza superficial experimentó una tasa de desgaste más baja seguida por ZK y del sustrato de acero, lo que podría deberse a una mayor fracción de superficie de carburos M7C3 y la estructura compleja de carburo del material superpuesto.

Los índices de resistencia al desgaste (WRI) de las rejas de arado de acero superpuestas SZ y ZK con respecto al sustrato metálico se muestran en la Figura 3. El WRI del acero superpuesto SZ y ZK para las condiciones de prueba T1 es de 1,85 y 1,48, respectivamente, mientras que el WRI para las condiciones de prueba T2 es de 1,9 y 1,54, respectivamente (Singh et al., 2021).

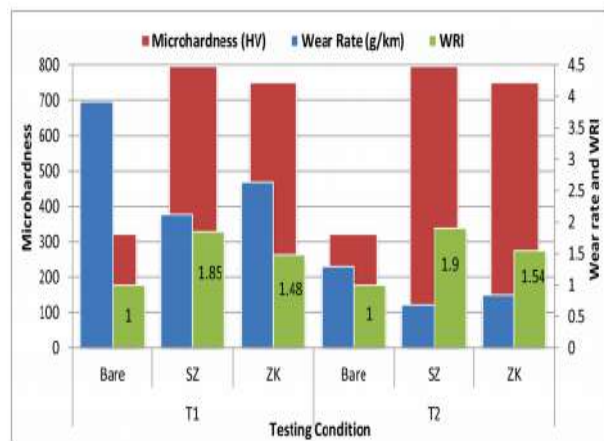


Figura 3. Los índices de resistencia al desgaste (WRI) de las rejas de arado de acero superpuestas bare, SZ y ZK.
Fuente: Singh et al., 2021

En la Figura 4 se muestran los resultados de la verificación de las pruebas de probetas fabricadas con acero 65G. Se ha establecido que, en un tiempo de funcionamiento de $\tau = 40$ h, la resistencia a la abrasión de la muestra tras el tratamiento térmico (curva 1) y la muestra tras el tratamiento térmico y el endurecimiento adicional por deposición de TiC por chispa eléctrica (curva 3) es casi lo mismo y equivale a 0,56 y 0,595 g, respectivamente.

El carácter y la magnitud del desgaste G de la muestra tras el tratamiento térmico y con láser (curva 2) son fundamentalmente diferentes. Las ondulaciones de la curva de desgaste de la muestra anterior coinciden principalmente con las evoluciones de las curvas 1 y 3. Sin embargo, después de operar durante $\tau \geq 30$ h, el desgaste de la muestra endurecida con láser se retrasa considerablemente en comparación con las cifras correspondientes de los ejemplares anteriores. En un tiempo de funcionamiento de $\tau = 40$ h, el desgaste de la muestra endurecida con láser (curva 2) disminuye entre 1,7 y 1,9 veces en comparación con las cifras correspondientes para las muestras sometidas a tratamiento térmico estándar (curvas 1 y 3). El desgaste del acero no sometido a el endurecimiento por láser aumenta progresivamente al operar durante $\tau \geq 36$ h.

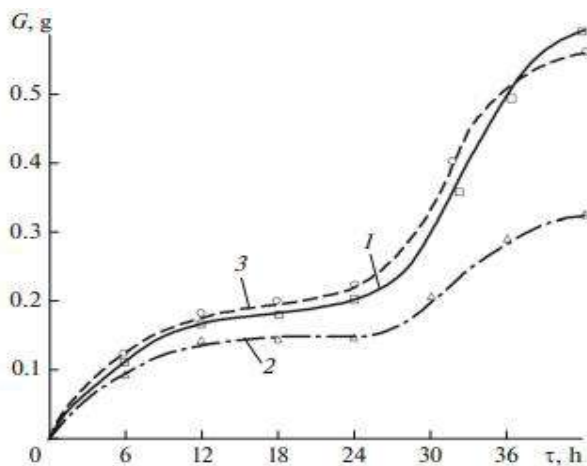


Figura 4. Desgaste de las probetas de referencia en función del tiempo de funcionamiento: (1) tratamiento térmico; (2) tratamiento térmico + revestimiento láser; y (3) tratamiento térmico + endurecimiento con TiC.
Fuente: Novikov et al., 2018

Las pruebas comparativas muestran que no todo endurecimiento adicional que sigue al tratamiento térmico estándar produce el efecto deseado aplicado a las condiciones de funcionamiento de las máquinas de labranza.

En particular, la deposición catódica de titanio resistente al desgaste o carburos de boro ampliamente aplicados durante la fabricación de máquinas, da como resultado una tasa de desgaste G incluso mayor que el desgaste del mismo grado de acero sometido a un tratamiento térmico estándar cuando los componentes operan en un entorno portador de abrasivo (Novikov et al., 2018).

El revestimiento duro a base de Cr se utiliza para la investigación en cuchillas regulares de motocultor probadas en laboratorio y en el campo de trabajo real de suelo arenoso. El método de prueba de desgaste estándar ASTM G-99 se utiliza para estudiar la resistencia al desgaste de hojas modificadas y regulares. Se encontró que la tasa de desgaste en las pruebas de campo era significativamente diferente estadísticamente a la prueba de laboratorio. Las hojas de superficie dura

muestran una mayor resistencia al desgaste que las hojas regulares de motocultor. Por tanto, la adición de cromo aumenta la dureza superficial de las hojas (Singh et al., 2018).

3. COMPORTAMIENTO DE DUREZA

La dureza de la superficie revestida se midió a intervalos de 0,3 mm desde el sustrato hasta la capa final del revestimiento. Los electrodos que contienen Fe (16 - X) CrX (B, C) 4 (X = 3,4,5) se utilizaron para la aleación de superficies sobre un sustrato de acero AISI 1010. La estructura de aleación del revestimiento exhibe una estructura compuesta in situ con una gran cantidad de fases de carburos y boruros de refuerzo como una estructura hipoeutéctica e hipereutéctica en la capa de aleación superficial. Los valores de dureza se dan en la Figura 5 con escaneo de líneas.

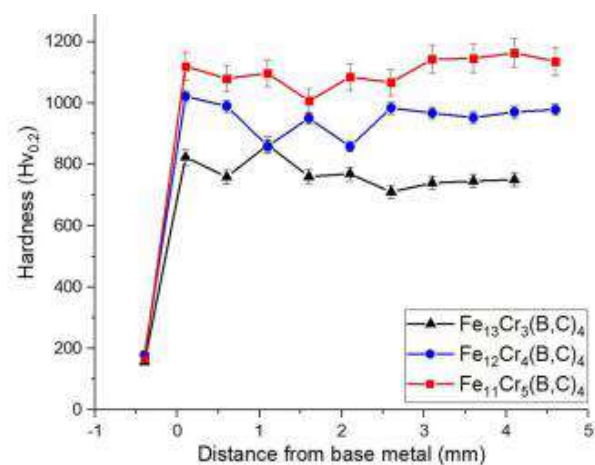


Figura 5. Distribuciones de dureza de las capas aleadas.
Fuente: Kocaman et al., 2021

Por lo tanto, el contenido de la fase dura afecta la dureza del compuesto de la capa superficial producida. La composición de Fe11Cr5 (B, C) 4 produce la mayor dureza, porque tiene muchas más fases de carburo que la de las composiciones de Fe13Cr3(B,C)4 y Fe12Cr4(B,C)4, esto osciló entre 711 HV y 1164,3 HV como se aprecia en la figura 5. También es importante medir la dureza macro, los resultados de macro dureza se midieron como 61,9 HRC (+ / 0,5), 65,3 HRC (+ / 0,4) y 68,3

HRC (+ / 0,3), respectivamente, donde se precisa que de acuerdo con el aumento de cromo fue un aumento de forma proporcional esta propiedad (Kocaman et al., 2021).

Comparando el perfil de dureza, donde se trazó con la distancia desde la superficie superior o borde de la herramienta como se muestra en la Figura 6, cuatro líneas de vértices en el gráfico representan la interfaz de metal base-revestimiento duro de la aleación respectiva basadas en Fe. La región de mayor dureza indica el endurecimiento, mientras que la menor corresponde al material base. Para este estudio se utilizaron cuatro aleaciones comerciales de revestimiento duro depositadas mediante el método de soldadura por arco sobre placas de acero dulce que tenían diferentes composiciones químicas. Los valores de micro dureza de la capa de deposición de revestimiento duro de todas las aleaciones estaban en el rango de 450–1050 HV1. La aleación A tenía la dureza más baja debido a la presencia de porosidades. La dureza de la aleación C fue más alta, lo que podría deberse al mayor contenido de "C". Esto también explica la mayor dureza de la aleación D, que la aleación B. este material es aplicado al sistema de transporte de materia prima de una planta siderúrgica, para mitigar el desgaste de conductos y tolvas (Pawar et al., 2019).

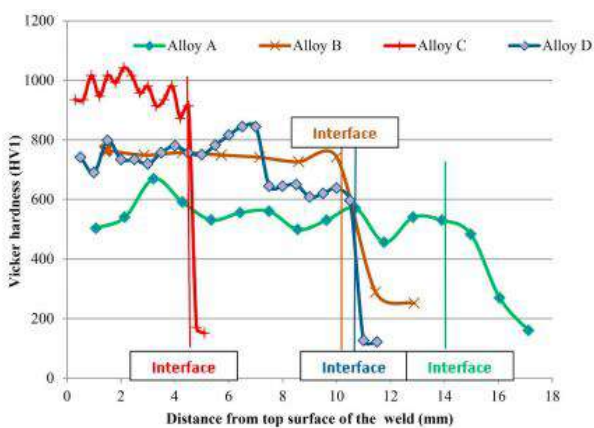


Figura 6. Perfil de micro dureza en sección transversal de las cuatro aleaciones desde la superficie superior (endurecida) hasta el metal base. Fuente: Pawar et al., 2019

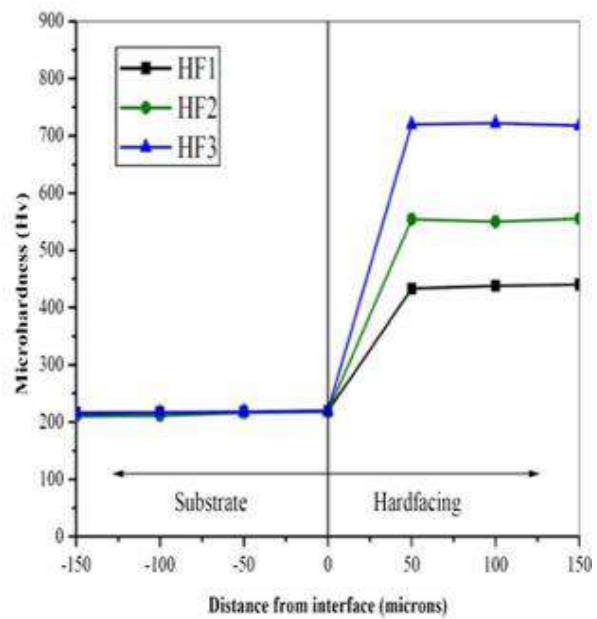


Figura 7. Perfil de micro dureza en la sección transversal para revestimiento duro 1 (HF1), revestimiento duro 2 (HF2) y revestimiento duro 3 (HF3) en acero ASTM A36. Fuente: Shibe & Chawla, 2018

Los valores de microdureza se trazaron en función de la distancia desde la interfaz revestimiento duro /sustrato donde se encontró que los valores críticos de dureza del acero ASTM A36 (sustrato) estaban en el rango de 210-220 Hv., como se muestra en la figura 7, esto para la producción de ventiladores de tiro inducido. A partir de los perfiles de microdureza, es obvio que el endurecimiento 3 (HF3) tenía una microdureza máxima del orden de 718–722 Hv. El endurecimiento 1 (HF1) y el endurecimiento 2 (HF2) tenían una microdureza en el rango de 433–440 y 550–555 Hv respectivamente, mejorando considerablemente para este tipo de aplicación industrial (Shibe & Chawla, 2018).

El perfil de microdureza a lo largo de la sección transversal de diferentes revestimientos a base de Fe diferentes, a saber, SZ (Fe-Cr, Fe-33.37Cr-3.83C) y ZK (Fe-Mo, Fe-8.18Mo-4.5Cr-0.65C) sobre sustrato de acero EN-42 mediante el proceso de soldadura manual por arco metálico (MMAW), muestra que el menor nivel de dureza del sustrato

de acero puede deberse a su estructura ferrítica y perlítica. El revestimiento duro SZ mostró el nivel más alto de dureza (801 HV), que podría deberse a la presencia de carburos primarios M7C3 en la estructura, en el acero superpuesto SZ, se ha descubierto que la fracción superficial de carburos es más alta (73,53%) que el acero superpuesto ZK, lo que también podría haber atribuido un mejor nivel de dureza al acero superpuesto SZ (Singh et al., 2021), fueron analizadas en las herramientas de labranza como una reja de arado de once dientes.

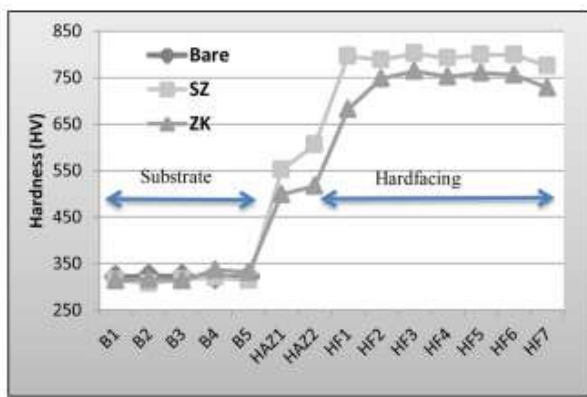


Figura 8. El perfil de micro dureza de la base, SZ y ZK.
Fuente: Singh et al., 2021

La microdureza promedio del acero desnudo EN-47 se ha encontrado en el rango de 357-360 HV. se utilizaron tres tipos diferentes de electrodos de revestimiento duro, a saber, H1, H2 y VB, para mejorar la resistencia al desgaste del acero, utilizado para aplicaciones de labranza en el sector agrícola mediante el proceso de soldadura manual por arco metálico (MMAW). El diámetro y la longitud del electrodo de revestimiento duro fue de 4 mm y 450 mm respectivamente. Antes de soldar, los electrodos de revestimiento duro se precalentaron a 150 ° C. Por tanto, los resultados de los diversos endurecimientos mostraron que el endurecimiento H1 ha mostrado el valor mínimo de microdureza puede deberse a la formación de estructura ferrítica y perlítica. El endurecimiento de H2 es más alto que el metal base. Este alto valor de microdureza podría atribuirse a la formación de estructura martensítica. El revestimiento duro VB

sobre acero EN-47 exhibió un valor máximo (526-544 HV) puede atribuirse a la presencia de fases martensíticas. Además, el alto valor de dureza también puede atribuirse a la presencia de una estructura dendrítica fina (Singh et al., 2020). Las lecturas de microdureza se tomaron desde la base hasta la parte superior del revestimiento duro que se muestra en la Figura 9.

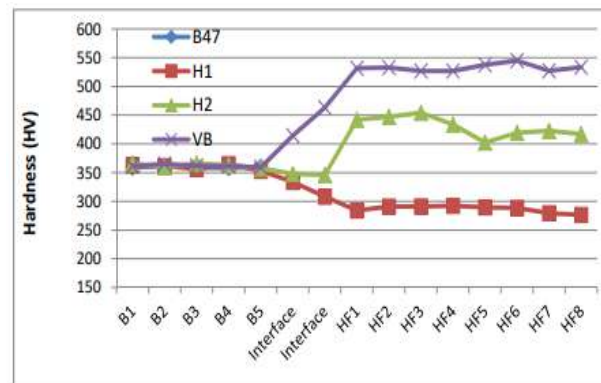


Figura 9. Valores de dureza del sustrato y materiales endurecidos.

Fuente: Singh et al., 2020

Los nano aditivos mejoraron la dureza del carburo primario. La figura 10 muestra la microdureza del carburo primario y el eutéctico en las aleaciones de revestimiento duro con diferente contenido de nano aditivos. La dureza del carburo primario en la aleación de revestimiento duro con 0.288% en peso de nano aditivos alcanzó un máximo de 1716.54 HV0.2. Puede verse en la Fig. 10 (a) que la dureza del carburo primario aumenta primero y luego disminuye con el aumento de los nano aditivos. La dureza del carburo primario en el endurecimiento aleación sin nano aditivos es 1662.17 HV0.2. Cuando el contenido de nano aditivos es 0.288% en peso, la dureza del carburo primario aumenta a 1716.54 HV0.2. La figura 10 (b) muestra la dureza del eutéctico en las aleaciones de revestimiento duro. La dureza del eutéctico en las aleaciones de endurecimiento con nano aditivos es mayor que la del eutéctico en la aleación de endurecimiento sin nano aditivos (Gou, Wang, Sun, et al., 2017).

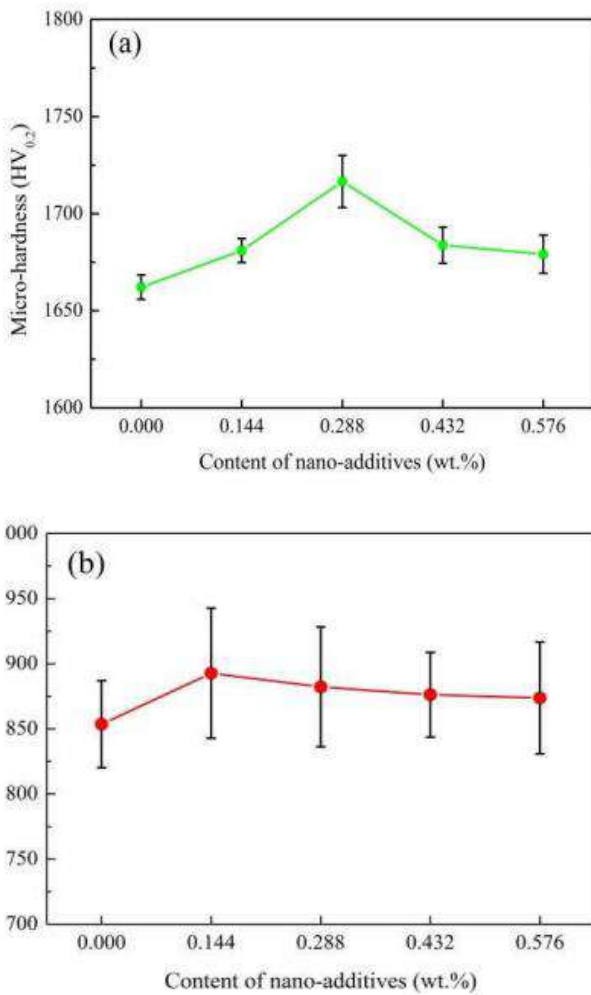


Figura 10. Dureza del carburo primario y eutéctico en las aleaciones de endurecimiento con diferente contenido de nano aditivos: (a) la dureza del carburo primario (b) la dureza del eutéctico. Fuente: (Gou, Wang, Wang, et al., 2017)

Pero la mejora de la dureza del eutéctico no es obvia. Se prepararon cinco tipos de aleaciones de revestimiento duro de hierro fundido con alto contenido de cromo revestido los alambres con núcleo auto fundente no modificados y modificados en placas de acero Q235 con el mismo tamaño de 200 mm x 150 mm x 25 mm. Los alambres con núcleo de fundente se fundieron mediante la técnica de soldadura por arco con núcleo de fundente bajo los mismos parámetros de proceso. Cada tipo de aleación de revestimiento duro incluía cuatro capas (Gou, Wang, Wang, et al., 2017).

4. COMPORTAMIENTO METALGRÁFICO

La adición de Mo durante el proceso de revestimiento duro seguido de LSM de la capa depositada se estudia su micrografía, donde la fila superior de la figura 11 correspondiente a las muestras usadas a una carga de prueba de 1 N muestra que el daño en la muestra de Stellite 12 es mayor mientras que es menos evidente con las versiones de Mo agregado y la muestra LSM agregada. Se observan ranuras de desgaste y grietas de carburo en la estelita 12, mientras que las ranuras y grietas son muy escasas en otras dos muestras.

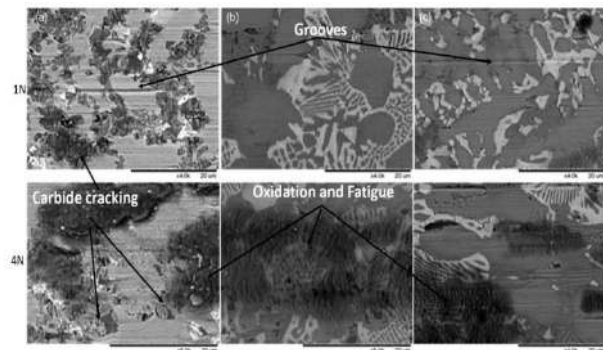


Figura 11. Micrografías SEM de la huella de desgaste de todas las muestras (a) Stellite 12, (b) Stellite 12+10%Mo y (c) LSM Stellite 12+ 10%Mo. Fuente: (Dilawary et al., 2018)

Considerando la fila inferior de la figura 11, contiene las micrografías SEM de las muestras analizadas a una carga normal de 4 N, puede ver que la muestra de Stellite 12 sufrió efectos severos de desgaste que involucran oxidación, fatiga, agrietamiento y remoción de carburo. La versión con Mo-agregado de Stellite 12 parece resistir los fenómenos de agrietamiento y remoción, pero aún presenta evidencia severa de fatiga y daño por oxidación. Mientras que la versión LSM de Mo más Stellite 12 muestra un nivel moderado de daño por fatiga / oxidación, mientras que la acción de agrietamiento y eliminación del carburo del fenómeno del desgaste parece estar ausente en este caso (Dilawary et al., 2018), entonces se puede decir que proporcionó mejoras adicionales en las

propiedades mecánicas debido a la evolución de una estructura de carburo de forma general.

La microestructura para aplicaciones de los ventiladores de tiro inducido en acero ASTM A36 se aprecia en la figura 12, y se busca el mejor desempeño. Donde se aprecia carburos primarios del tipo (M7C3:(Cr,Fe)7C3) y ciertas colonias eutécticas de [Cr-Fe+(Cr,Fe)7C3]. Las fases identificadas en caso del endurecimiento 3 (HF3) fueron Cr3C2, Fe3C, Cr2C, Cr7C3, Fe7C3, Cr23C6, FeC y Fe2C (Shibe & Chawla, 2018), para lo cual mejoro de forma considerable sus características. Se utilizó el proceso MMAW con fuente de alimentación de tipo corriente constante de corriente continua para depositar las capas endurecidas de calidad uniforme. con polaridad directa para el proceso MMAW, de modo que una mayor parte del calor del arco debería concentrarse en el electrodo. Esta investigación demostró que estos revestimientos duros estaban libres de grietas, defectos, partículas sin fundir y poros.

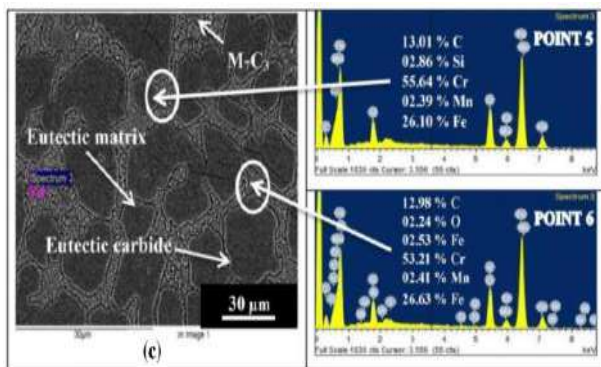


Figura 12. SEM de M7C3.
Fuente: Shibe & Chawla, 2018

La Figura 13 presenta una vista de cerca de la región sin carburo bajo SEM. Se observa que el carburo más pequeño en la región sin carburo no son carburos completamente desarrollados que tienen un tamaño de grano pequeño y forma de aguja. La región del sustrato se distingue por ser más oscura en comparación con la región del revestimiento debido a la ausencia de partículas de

carburo de tungsteno. Se aplicó revestimiento duro de carburo de tungsteno en la hoja de digester continuo. Se desprende del análisis de EDS que se identificaron tungsteno (W), carbono (C), oxígeno (O) y hierro (Fe). Como era de esperar, se encontró un alto porcentaje de W en la región del carburo. La región sin carburo era rica tanto en W como en Fe, indicativo de carburo y aglutinante en estrecha proximidad. La región del sustrato consistió principalmente en Fe. Los resultados del análisis XRD confirmaron la presencia de hierro (Fe), carburo de tungsteno (W2C) y carburo de tungsteno de hierro (Fe3W3C). Durante el endurecimiento, el electrodo de carburo de tungsteno (WC) fundido se distribuyó entre el hierro y, como resultado se espera que la presencia de Fe3W3C en el recubrimiento sea de alta resistencia al desgaste. Se observa que el carburo de tungsteno (W2C) actúa como partícula de refuerzo; mientras tanto, el hierro (Fe) y el carburo de tungsteno de hierro (FeW3C) son la matriz metálica en la región del recubrimiento (Nagentrau et al., 2017). La cuchilla analizada se colocó en un tanque digester para mezclar el mineral de ilmenita con ácido sulfúrico como parte de un proceso de producción.

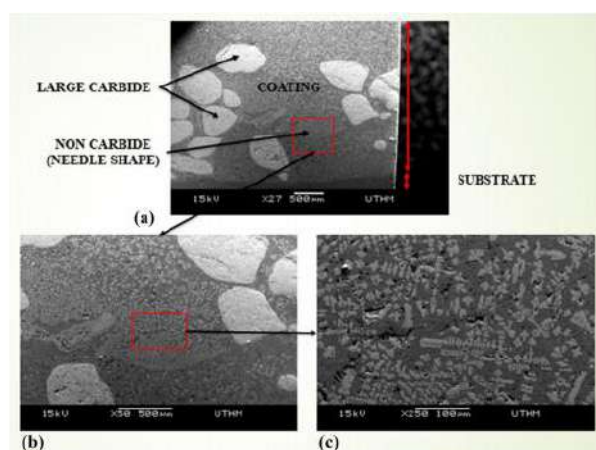


Figura 13. Vista de la región sin carburo bajo SEM.
Fuente: Nagentrau et al., 2017

La microestructura de las superposiciones de soldadura Stellite 6 incluye fases de carburo dispersas en las regiones inter dendríticas de la

matriz con una estructura dendrítica como se aprecia en la figura 14, para las superposiciones de soldadura Stellite 6 depositadas sobre la superficie de una pala de turbina de acero inoxidable martensítico AISI 420 con y sin uso de acero inoxidable austenítico AISI 309L y capas intermedias de Stellite 6 utilizando la técnica de soldadura por arco de gas tungsteno (GTAW) (Mirshekari et al., 2017), la posibilidad de crear carburos efectivos aumentó con un aumento en el número de capas de Stellite y la implementación de la capa intermedia. Por lo tanto, se observó que la aplicación de las capas intermedias tenía efectos considerables sobre la dilución, lo que resultaba en un aumento de la dureza y la resistencia al desgaste para estas aplicaciones.

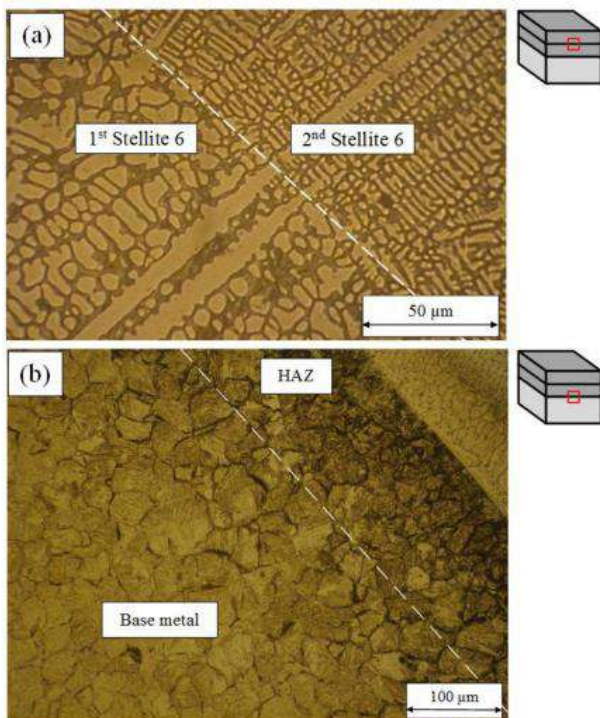


Figura 14. Imagen óptica de la (a) microestructura del revestimiento en la muestra S6-S6 y (b) microestructura de la zona afectada por el calor.
Fuente: Mirshekari et al., 2017

En el estudio comparativo de las microestructuras en la interfaz (región de Interdifusión) comprenden principalmente dendritas columnares con brazos secundarios. En la región depositada que se

muestra en la figura 15(a), la dendrita celular (incluidos los carburos precipitados y eutécticos), la austenita retenida y la martensita son visibles. Como puede verse indican la presencia de una alta fracción de martensita, así como los respectivos carburos en los recubrimientos. En la figura 15 b, se produjo una transformación de fase en el M4 depositado durante el tratamiento térmico, muestran micrografías donde enfriamiento rápido y posterior templeado de la zona depositada condujo a la formación de martensita templada con finas partículas esféricas de carburo.

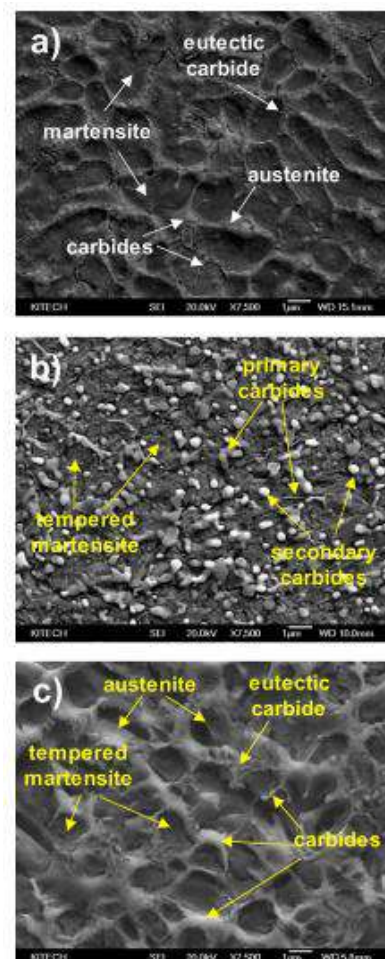


Figura 15. Imágenes SEM ampliadas de la región depositada: (a) sin tratamiento térmico, (b) templado-templado post-deposición y (c) templado post-deposición.
Fuente: Shim et al., 2017

En comparación con el caso de la región depositada en M4 no sometida al tratamiento térmico, la

fracción de martensita es mucho más pequeña; esto se puede atribuir a la precipitación de una cierta proporción de secundaria partículas de carburo de 0,2 a 1,0 μm de diámetro de la matriz de martensita sobresaturada.

En otra muestra en la figura 15 (c) se sometió a templado post-deposición, la microestructura general en la región interfacial tiene una morfología similar a la del caso de las muestras no tratadas y templadas. En la región depositada, se puede ver que una mayor cantidad de austenita retenida se distribuye a lo largo de los límites de grano, en comparación con la de la muestra no tratada. El tratamiento de templado enriqueció la austenita sin transformar restante con el carbono que escapó de la fase de martensita sobresaturada, estabilizando así la austenita retenida a temperatura ambiente. La muestra depositada en M4 sin tratamiento térmico posterior a la deposición y la muestra depositada en M4 templada tuvieron la mejor resistencia al desgaste, en comparación con la muestra depositada en M4 templada y templada con carburos finos. Sin embargo, la tenacidad aumentó significativamente en la muestra templada y revenido. Esta investigación se aplicó el tratamiento térmico posterior a la deposición para el posible endurecimiento de matrices de prensado en frío utilizando acero para herramientas de alta velocidad M4 en polvo sobre un sustrato de AISI D2, se utilizó el proceso de deposición de energía directa (DED) (Shim et al., 2017).

La observación SEM en la sección transversal del depósito compuesto se aprecia en la figura 16, dando estos resultados, se espera que el enfriamiento adicional induce la transformación del estado sólido de la austenita en ferrita y una pequeña cantidad de precipitados de carburo (M23C6), que componen la matriz metálica que rodea al 51,5% en peso de carburos de tungsteno primarios y preexistentes. La cantidad bastante

pequeña de precipitados de M23C6 no se pudo identificar por difracción de rayos X. Se realizaron observaciones microscópicas para revelar la coexistencia de partículas de carburo de tungsteno con diferentes grados de erosión por la matriz ferrosa líquida (Fig. 16a). Las partículas preexistentes de gran tamaño exhibieron disolución en el área de los límites exteriores, mientras que su volumen interior permaneció sin ser atacado por el metal líquido (Fig. 16b). Las partículas de menor tamaño sufrieron el ataque del metal fundido en todo su volumen (Fig. 16c). Observaciones más detalladas demostraron que la acción del metal líquido introdujo el desprendimiento progresivo de la zona de reacción en el área de los límites y la posterior eliminación de partes de η -carburo a una distancia de la partícula inicial (Fig. 16c).

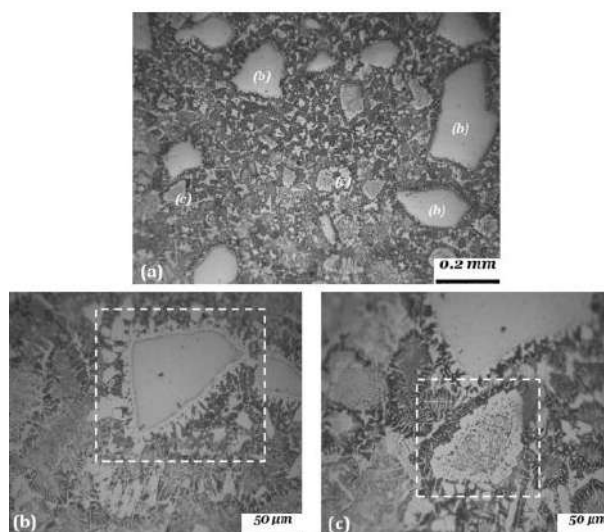


Figura 26. Depósito compuesto (micrografías ópticas de secciones transversales). (a) vista general de las capas superpuestas obtenidas que indican diferentes grados de interacción de las partículas de WC aisladas con el metal fundido (áreas b y c). Partículas representativas que presentan una disolución parcial en el área de los límites exteriores (b) y están sujetas a ataque en todo el volumen (c).

Fuente: (D. Liu et al., 2019)

Esto servirá como una guía para la selección del material de alimentación adecuado para una aplicación determinada que resultará en una

distribución óptima de carburos, que, a su vez, asegurará la ausencia de defectos de tamaño crucial, una maquinabilidad aceptable y una vida útil prolongada de los bordes de cucharón de excavadoras, soldados por arco tradicional se aplicó para crear depósitos de revestimiento duro a base de Fe sobre sustratos de acero al carbono (D. Liu et al., 2019).

Las aleaciones de revestimiento duro S6 y S21 o IN82 se depositaron sobre sustratos de acero F91 donde primero la interfaz F91 / S21 donde es inestable durante el envejecimiento porque crece una capa interfacial dura y quebradiza, lo que reduce significativamente la energía de impacto de las muestras con revestimiento duro S21. Por el contrario, la interfaz F91 / IN82 es microestructuralmente mucho más estable que la interfaz F91 / S21; una banda interfacial, parte del acero F91, y algunos carburos M23C6 discretos a lo largo de esta banda crecen durante el envejecimiento a 650 ° C durante 8760 h. La pérdida de energía de impacto de las muestras IN82 es mucho menos significativa que la de las muestras S21. Además, la degradación de la tenacidad no está relacionada con la interfaz F91 / IN82, sino más bien con el engrosamiento y precipitación de los carburos intergranulares / interdendríticos en el material a granel IN82 durante el envejecimiento. Entonces, la capa amortiguadora IN82 es una buena alternativa para reemplazar la problemática capa amortiguadora S21, mejorando la durabilidad de los componentes del revestimiento S6 (Wu et al., 2020).

Los recubrimientos endurecidos con Stellite se evaluó para las válvulas industriales de alta temperatura para mejorar la durabilidad utilizando la soldadura de arco transferido por plasma su microestructura se aprecia en la figura 17.

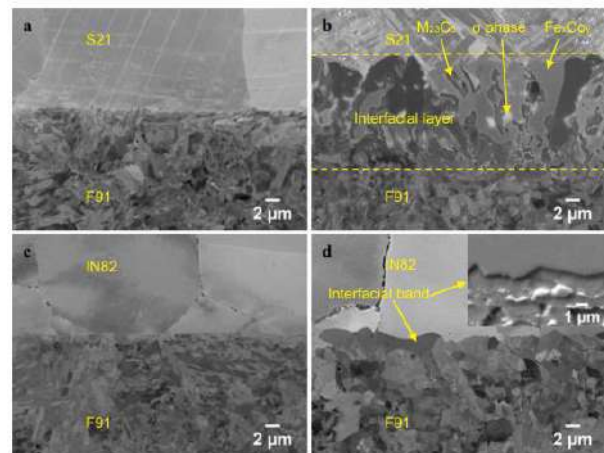


Figura 17. Muestras de revestimiento duro S6 y S21 o IN82.

Fuente: Wu et al., 2020

En el estudio comparativo de las microestructuras durante la solidificación de los depósitos del revestimiento duro WCI hipereutécticos añadidos con Nb y Mo con W y V como aditivos menores, de acuerdo con los depósitos de cara dura preparados con las aleaciones A y B mostraron grandes cantidades de carburos proeutéticos M7C3 en comparación con la mezcla eutéctica que redujo la fricción de deslizamiento (figura 18). Sin embargo, la presencia de grandes cantidades de fase de α -ferrita blanda en las aleaciones C y D ha dado como resultado una mayor fricción de deslizamiento en la interfaz pasador-disco giratorio. Los depósitos de superficie dura preparados con las aleaciones A y B mostraron una fase proeutética gruesa de M7C3 en la microestructura que podría resultar en la fractura y desprendimiento de M7C3 grueso durante la prueba G65, lo que resultaría en una mayor pérdida por desgaste. Sin embargo, vale la pena señalar que los depósitos de revestimiento preparados con aleación B mostraron una menor pérdida por desgaste en comparación con la aleación A, lo que podría atribuirse al refinamiento de grano de la fase proeutética M7C3 y la formación de carburos MC (M = Nb). La adición de Mo, W y V a los rellenos de las aleaciones C y D ha dado como resultado un mayor refinamiento del grano, la formación de MC (M = Nb y Mo) y refuerzo de solución sólida (W y V como aditivos), lo que

resultó en una resistencia al desgaste superior en comparación con los depósitos de superficie dura preparados con aleaciones A y B (Jilleh et al., 2021). Las aleaciones de revestimiento duro se depositaron sobre acero al carbono utilizando la técnica de soldadura por arco con núcleo fundente autoprotectido (FCAW).

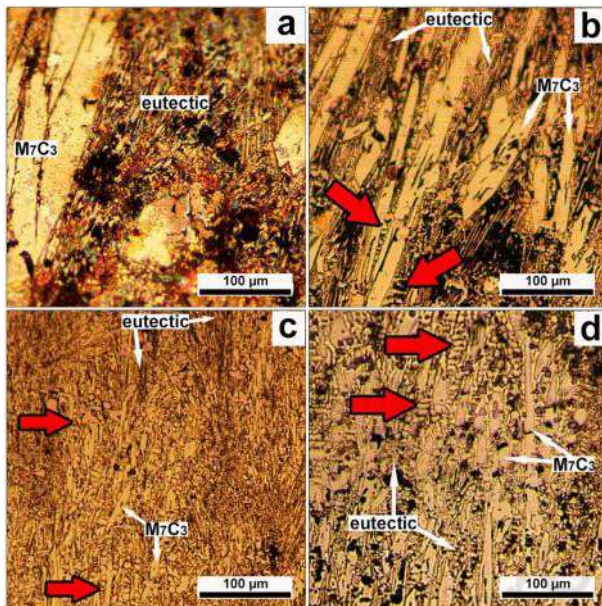


Figura 18. Micrografías SEM de superficies desgastadas de G65 y muestras probadas con clavija sobre disco.
Fuente: Jilleh et al., 2021

5. CONCLUSIONES

De la revisión de artículos de investigación, los hallazgos relevantes son los siguientes.

Visualizamos que la resistencia al desgaste de los depósitos de revestimiento duro aumentó con el aumento del contenido de aleación en el relleno. Debido a la formación de carburo y al refinamiento del grano de los carburos, con la adición de varios metales al relleno.

Determinamos que el carbono y el cromo son los elementos principales que se utilizan en las aleaciones de revestimiento. Se analizó que el alto porcentaje de carbono y cromo aumentará la resistencia al desgaste y la dureza.

Analizamos que el revestimiento duro depende de la aplicación selectiva del material de revestimiento duro y su composición química para una aplicación industrial. Esto con el fin de alargar la vida útil y reducir costos en las aplicaciones de herramientas.

Verificamos que los componentes producidos a partir de los nuevos materiales mediante las tecnologías propuestas en este trabajo, incluido los nanocompuestos propenden a elevar la resistencia de los revestimientos duros y mejorar las características metalográficas en las superficies del revestimiento.

6. REFERENCIAS

Espín, S., Coello, D., Guamanquispe, J., Pérez, C. & Paredes, P. (2019). Influence of atmospheric oxygen content in the argon purge process in TIG welding in AISI 304 stainless steel pipe. *DYNA*, vol. 86, n.o 208, pp. 355-361.

Klimpel, A. (2020). Industrial surfacing and hardfacing technology, fundamentals and applications, *Weld. Technol. Rev.*, vol. 91, n.o 12, doi: 10.26628/wtr.v91i12.1094.

Pérez, C. F., Núñez Núñez, D. F., Sanaguano Salguero, H. del R., & Sánchez Quinchuela, L. F. (2020). Diseño y construcción de un reactor discontinuo con recirculación externa para obtener biodiésel a partir de aceite de fritura en condiciones subcríticas. *Ingenio*, 25, 32-40. <https://doi.org/10.17163/ings.n25.2021.03>

Llanes, E., Pachacama, V., Ulcuango, C. & Passo, R., (2020). Diseño de máquina de moldes de arena para utilizar en la fundición metálica, *Polo del Conoc. Rev. científico-profesional*, vol. 5, n.o 9, pp. 311-328.

Guamán, E. R., Llanes-Cedeño, E. A., Celi-Ortega, S.

- F., & Rocha-Hoyos, J. C. (2019). Parámetros del Múltiple de Escape para su Diseño Computacional: una revisión. *CIT Informacion Tecnologica*, 30(6), 255–268. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642019000600255>
- Prabanjan, S., Karthick, K., Rejvin Kumar, J., Ramkumar, S., & Riswan Ahmed, A. (2020). Comportamiento de desgaste y características metalúrgicas de compuestos de matriz metálica reforzados con partículas producidos mediante revestimiento duro: una revisión. *Materiales de hoy: Actas*, 33, 599–606. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.527>
- Okechukwu, C., Dahunsi, O. A., Oke, P. K., Oladele, I. O., & Dauda, M. (2018). Revisión sobre el hardfacing como método para mejorar la vida útil de componentes críticos sometidos a desgaste en servicio. *Revista nigeriana de tecnología*, 36(4), 1095. <https://doi.org/10.4314/njt.v36i4.15>
- Zhao, H., Zhao, C., Xie, W., Wu, D., Du, B., Zhang, X., Wen, M., Ma, R., Li, R., Jiao, J., Chang, C., Yan, X., & Sheng, L. (2023). Research progress of laser cladding on the surface of titanium and its alloys. *Materials*, 16(8), 3250. <https://doi.org/10.3390/ma16083250>
- Hernández, J., & Suárez, M. (2020). Efecto de la composición química del baño en la microestructura y resistencia a la corrosión de los recubrimientos de zinc por inmersión en caliente: una revisión. *Ingenius*, 23, 40–52. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-860X2020000100040&script=sci_arttext
- G. R. C. Pradeep, A. Ramesh, y B. D. Prasad, (2010). A Review Paper on Hardfacing Processes and Materials, *Int. J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 2, n.o 11, pp. 6507-6510, [En línea]. Disponible en: <http://www.ijest.info/docs/IJEST10-02-11-046.pdf>.
- Dudnikov, A., Gorbenko, O., Kelemesh, A., & Drozhchana, O. (2020). Mejora del proceso tecnológico de restauración de las piezas de trabajo de las máquinas de labranza. *Revista de tecnologías empresariales de Europa del Este*, 2(1 (104)), 72–77. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.198962>
- Kaszuba, M. (2020). La aplicación de una tecnología híbrida nueva e innovadora que combina revestimiento duro y nitruración para aumentar la durabilidad de las herramientas de forja. *Archivos de Ingeniería Civil y Mecánica*, 20(4). <https://doi.org/10.1007/s43452-020-00122-1>
- Sidorov, S. A., Mironov, D. A., Khoroshenkov, V. K., & Khlusova, E. I. (2016). Surfacing methods for increasing the service life of rapidly wearing working tools of agricultural machines. *Welding International*, 30(10), 808–812. <https://doi.org/10.1080/09507116.2016.1148408>
- M. Nagentrau, A. L. M. Tobi, Z. Kamdi, M. I. Ismail, & M. Sambu, (2017). A Study on Wear Failure Analysis of Tungsten Carbide Hardfacing on Carbon Steel Blade in a Digester Tank, *J. Fail. Anal. Prev.*, vol. 17, n.o 5, doi: 10.1007/s11668-017-0320-5
- A. Singh Kang, G. Singh, & G. Singh Cheema, (2017) Improving wear resistance via hardfacing of cultivator shovel, en *Materials Today: Proceedings*, vol. 4, n.o 8, doi: 10.1016/j.matpr.2017.07.136.
- Singh, J., Chatha, S. S., & Sidhu, B. S. (2021). Abrasive wear characteristics and microstructure of Fe-based overlaid ploughshares in different field conditions. *Soil & Tillage Research*, 205(104771), 104771. <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104771>
- Novikov, A. E., Motorin, V. A., Lamskova, M. I., & Filimonov, M. I. (2018). Composition and tribological properties of hardened cutting blades of tillage machines under abrasive deterioration.

- Journal of Friction and Wear, 39(2), 158–163.
<https://doi.org/10.3103/s1068366618020137>
- Singh, S., Garg, J., Singh, P., Singh, G., Kumar, K., Singh, J., Kumar, S., & Singh, J. P. (2018). Effect of hard faced Cr-alloy on abrasive wear of low carbon rotavator blades using design of experiments. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 3390–3395.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.583>
- Kocaman, E., Kılınc, B., Durmaz, M., Şen, Ş., & Sen, U. (2021). La influencia del contenido de cromo en el comportamiento de desgaste y corrosión de acero aleado superficialmente con electrodo Fe (16-x) Crx (B, C) 4. *Revista internacional de ciencia y tecnología de ingeniería*, 24(2), 533 –542.
<https://doi.org/10.1016/j.jestch.2020.08.003>
- Pawar, S., Jha, A. K., & Mukhopadhyay, G. (2019). Effect of different carbides on the wear resistance of Fe-based hardfacing alloys. *International Journal of Refractory & Hard Metals*, 78, 288–295.
<https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2018.10.014>
- Shibe, V., & Chawla, V. (2018). Characterization of Fe–C–Cr based hardfacing alloys. *Transactions of the Indian Institute of Metals*, 71(9), 2211–2220.
<https://doi.org/10.1007/s12666-018-1352-6>
- Singh, J., Singh Chatha, S., & Singh Sidhu, B. (2020). Effect of surface alloying on wear behaviour OF en-47 steel. *Materials Today: Proceedings*, 21, 1340–1349.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.01.172>
- Gou, J., Wang, Y., Sun, J., & Li, X. (2017). Resistencia a la flexión y comportamiento al desgaste de aleaciones de revestimiento duro de Fe-Cr-C-B con y sin nanopartículas de óxido de tierras raras. *Superficie y superficie Tecnología de recubrimientos*, 311, 113–126.
<https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2016.12.104>
- Gou, J., Wang, Y., Wang, C., Chu, R., & Liu, S. (2017). Efecto de los nanoaditivos de óxidos de tierras raras sobre las propiedades micromecánicas y el comportamiento de erosión de las aleaciones de revestimiento duro Fe-Cr-C-B. *Revista de aleaciones y compuestos*, 691, 800–810.
<https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2016.08.323>
- Dilawary, S. A. A., Motallebzadeh, A., Akhter, R., Atar, E., & Cimenoglu, H. (2018). Resistencia al desgaste mejorada de Stellite 12 mediante adición de Mo y LSM. *Ingeniería de superficies*, 34(8), 569–576.
<https://doi.org/10.1080/02670844.2017.1393164>
- Mirshekari, G. R., Daei, S., Bonabi, S. F., Tavakoli, M. R., Shafyei, A., & Safaei, M. (2017). Effect of interlayers on the microstructure and wear resistance of Stellite 6 coatings deposited on AISI 420 stainless steel by GTAW technique. *Surfaces and Interfaces*, 9, 79–92.
<https://doi.org/10.1016/j.surf.2017.08.005>
- Shim, D.-S., Baek, G.-Y., Lee, S.-B., Yu, J.-H., Choi, Y.-S., & Park, S.-H. (2017). Influence of heat treatment on wear behavior and impact toughness of AISI M4 coated by laser melting deposition. *Surface & Coatings Technology*, 328, 219–230.
<https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2017.08.059>
- Liu, S., Shi, Z., Xing, X., Ren, X., Zhou, Y., & Yang, Q. (2020). Effect of Nb additive on wear resistance and tensile properties of the hypereutectic Fe-Cr-C hardfacing alloy. *Materials Today. Communications*, 24(101232), 101232.
<https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2020.101232>
- Chaidemenopoulos, N. G., Psyllaki, P. P., Pavlidou, E., & Vourlias, G. (2019). Aspectos sobre las transformaciones de carburos de depósitos de hardfacing a base de Fe. *Superficie y superficie Tecnología de recubrimientos*, 357, 651–661.
<https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.10.061>

Liu, D., Long, W., Wu, M., Li, L., Wang, J., & Zhang, Y. (2019). Microstructure and wear performance of cobalt-containing iron-based slag-free self-shielded flux-cored wire. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 28(4), 2158–2166.
<https://doi.org/10.1007/s11665-019-04002-5>

Wu, Y., Schmitt, T., Bousser, E., Vernhes, L., Khelifaoui, F., Perez, G., Klemberg-Sapieha, J.-E., & Brochu, M. (2020). Microstructural and mechanical characterization of Stellite-hardfaced coatings with two types of buffer layers. *Surface & Coatings Technology*, 390(125611), 125611.
<https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.125611>

Jilleh, A., Kishore Babu, N., Thota, V., Anis, A. L., Harun, M. K., & Talari, M. K. (2021). Microstructural and wear investigation of high chromium white cast iron hardfacing alloys deposited on carbon steel. *Journal of Alloys and Compounds*, 857(157472), 157472.
<https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.157472>

INVESTIGACIÓN

TECNOLÓGICA IST CENTRAL TÉCNICO

Dirección:

ISTCT, Av. Isaac Albéniz E4-15 y El Morlán, Sector el Inca
Quito - Ecuador • Telf.: (593) 2403096
www.istct.edu.ec • www.investigacionistct.ec • investigacionistct20@gmail.com