

JOURNAL IDEAS

Innovation & Development
Engineering and Applied Science

Volume 5 / N°2
August 2023



ISSN : 2600-5573



IDEAS
Journal

Innovation & Development in Engineering and Applied Science

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

IBARRA - ECUADOR
2023

Editorial committee

Daisy Imbaquingo, PhD.
EDITOR IN CHIEF
e-mail: deimbaquingo@utn.edu.ec

Fernando Ramírez, PhD.
GENERAL EDITOR
e-mail: frramirez@utn.edu.ec

Marco Ciaccia, PhD.
SECTION EDITOR
e-mail: mciaccia@utn.edu.ec

Cathy Guevara, PhD.
SECTION EDITOR
e-mail: cguevara@utn.edu.ec

Lissette Rvelo, MSc.
SECTION EDITOR
e-mail: lgreveloc@utn.edu.ec

David Ojeda,, PhD.
SECTION EDITOR
e-mail: daojeda@utn.edu.ec

Brizeida Gámez, PhD.
ACADEMIC EDITOR
e-mail: bngamez@utn.edu.ec

Miguel Vivert, PhD.
ACADEMIC EDITOR
e-mail: mevivert@utn.edu.ec

Vladimir Bonilla Venegas, PhD
ASSOCIATED EDITOR
e-mail: fbonilla@ute.edu.ec

Thalía San Antonio, PhD.
ASSOCIATED EDITOR
e-mail: t.sanantonio@uta.edu.ec

Mario Ron, PhD
ASSOCIATED EDITOR
e-mail: mbron@espe.edu.ec

Laura Guerra, PhD.
ASSOCIATED EDITOR
e-mail: lrguerra@pucesi.edu.ec

Wilson Guachamín, PhD
ASSOCIATED EDITOR
e-mail: wilson.guachamin@epn.edu.ec

Ana Cabrera, PhD.
INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE
e-mail: acabreratobar@unisa.it

Lilibeth Zambrano, PhD.
INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE
e-mail: zambranol@itcarlow.ie

Belkys Amador, PhD.
INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE
e-mail: bamador@unet.edu.ve

Vannessa Duarte, PhD.
INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE
e-mail: vannessa.duarte@unc.cl

Laura Sáez, PhD.
INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE
e-mail: decanatoingenieria@ujap.edu.ve

Luis Garza, PhD.
INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE
e-mail: luis_garza1@ucol.mx

Roger Mafla, Lic.
DIAGRAMMER DESIGNER
e-mail: rfmafla@utn.edu.ec

Silvia Arciniega, Dra.
SECRETARY AND STYLE CORRECTOR
e-mail: srarciniega@utn.edu.ec

Leonardo Ibujés, Ing.
TECHNICAL EDITOR
e-mail: lvibujesc@utn.edu.ec

Gabriela Obando
ASSISTANT
e-mail: rgobandon@utn.edu.ec

Editorial committee

Dr. Miguel Naranjo Toro, PhD.
RECTOR
e-mail: rectorado@utn.edu.ec

Dra. Alexandra Mina Páez, PhD
ACADEMIC VICE-RECTOR
e-mail: viceacademico@utn.edu.ec

Dra. Nhora Benitez Bastidas, PhD
RESEACH VICE-RECTOR
e-mail: viceinvestigacion@utn.edu.ec

Dr. Hernán Cadena Pulles, PhD.
ADMINISTRATIVE VICE-RECTOR
e-mail: viceadministrativo@utn.edu.ec

Catalina Ramírez, MSc.
DEAN FICA
e-mail: mcramirez@utn.edu.ec

Daisy Imbaquingo, PhD.
SUB-DEAN FICA
e-mail: deimbaquingo@utn.edu.ec

Carlos Vásquez, MSc.
RESEARCH COORDINATOR
e-mail: cavasquez@utn.edu.ec

Cosme Ortega, MSc.
COORDINATOR CISIC-CSOFT
e-mail: mc.ortega@utn.edu.ec

Jaime Michilena, MSc..
CCOORDINATOR CIERCOM-CITEL
e-mail: jrmichilena@utn.edu.ec

Jenyffer Yépez, MSc.
CCOORDINATOR CINDU
e-mail: jayepez@utn.edu.ec

David Ojeda, PhD.
COORDINATOR CIME
e-mail: daojeda@utn.edu.ec

Gerardo Collaguazo, PhD.
CCOORDINATOR CIELE
e-mail: gicollaguazo@utn.edu.ec

Ignacio Benavides, MSc.
COORDINATOR CIMA-CIAUT
e-mail: ibbenavides@utn.edu.ec

Marco Naranjo Toro, MSc.
COORDINATOR CITEX
e-mail: mfnaranjo@utn.edu.ec

Victor Caranqui, MSc.
COORDINATOR CITIL
e-mail: vmcaranqui@utn.edu.ec

EDITORIAL UTN
IBARRA - ECUADOR

UNIVERSITY PRINTING 2023
Universidad Técnica del Norte
Ibarra-Ecuador

Editorial

Se pone a disposición de investigadores y estudiantes el volumen 5 número 2 de la revista científica Innovation & Development in Engineering and Applied Science, titulado: Aplicaciones de ingeniería en procesos empresariales y salud ocupacional. En la presente edición se han seleccionado trabajos de alto nivel propuestos y desarrollados por investigadores ecuatorianos.

Esta entrega inicia con un estudio desarrollado por Segovia et al. conjuntamente en la Universidad de Otavalo, Universidad Técnica del Norte y Escuela Politécnica Nacional, acerca del efecto de gases de protección en procesos de soldadura GMAW sobre varias características del cordón de soldadura.

A continuación, se aborda el desarrollo de aplicaciones de tipo empresarial mediante la combinación de herramientas EJB y Front End Angular. Este trabajo ha sido propuesto y validado por Rea et al. de la Universidad Técnica del Norte con resultados satisfactorios.

Narváez et al. nos entregan en un trabajo conjunto entre la Universidad Técnica del Norte y el Instituto Tecnológico Particular Sudamericano Cuenca, basado en una revisión introductoria a la inteligencia artificial aplicada a vehículos autónomos.

Este número se cierra con dos trabajos que se enfocan en la seguridad y salud laboral. De esta manera, Saraguro de la Universidad Técnica del Norte propone un estudio sobre los riesgos ergonómicos relativos al exceso de ruido en la industria metalmecánica, en tanto que Guzmán del Instituto Tecnológico Universitario Cordillera aborda la prevención de riesgos laborales a través de los sistemas de gestión.

Los resultados mostrados en esta publicación evidencian el permanente interés que existe en el desarrollo de la investigación a nivel nacional. El comité editorial de la revista agradece a los autores por su valiosa contribución a este segundo número de 2023. Así mismo extendemos la invitación a los investigadores nacionales e internacionales, en los diferentes campos de la ingeniería, a presentar sus aportes; destacando que esta convocatoria es permanente, lo cual implica la recepción de artículos durante todo el año.

PhD. Daisy Imbaquingo

Editor Jefe

PhD. Fernando Ramírez

Editor General

Editorial

The volume 5, number 2 of the scientific journal "Innovation & Development in Engineering and Applied Science" entitled: "Engineering Applications in Business Processes and Occupational Health." is made available to researchers and students. In this edition, high-level papers proposed and developed by Ecuadorian researchers have been selected.

This issue begins with a study conducted by Segovia et al. in collaboration with the University of Otavalo, Universidad Técnica del Norte, and Escuela Politécnica Nacional, regarding the effect of shielding gases in GMAW welding processes on various characteristics of the weld bead.

Next, the development of business applications through the combination of EJB and Front End Angular tools is addressed. This work was proposed and validated by Rea et al. from Universidad Técnica del Norte with satisfactory results.

Narváez et al. present a joint work between Universidad Técnica del Norte and the Instituto Tecnológico Particular Sudamericano Cuenca, based on an introductory review of artificial intelligence applied to autonomous vehicles.

This issue closes with two papers focusing on workplace safety and health. Saraguro from Universidad Técnica del Norte proposes a study on ergonomic risks related to excess noise in the metalworking industry, while Guzmán from Instituto Tecnológico Universitario Cordillera addresses the prevention of occupational hazards through management systems.

The results presented in this publication demonstrate the ongoing interest in research development at the national level. The editorial committee of the journal extends its gratitude to the authors for their valuable contribution to this second issue of 2023. Likewise, we invite national and international researchers in various engineering fields to submit their contributions, highlighting that this call is ongoing, which means the acceptance of articles throughout the year.

PhD. Daisy Imbaquingo

Editor in Chief

PhD. Fernando Ramírez

General Editor

Indice
Index

Study of the effect of the combination of protective gases on the structure of the weld bead for the GMAW process using pulsed arc and short circuit. 9
Estudio del efecto de la combinación de gases protectores en la estructura del cordón de soldadura para el proceso de GMAW utilizando arco pulsado y cortocircuito.

Integración de componentes Enterprise Java Beans y Front End Angular para analizar el desempeño de acceso a datos. 31
Integration of Enterprise Java Beans and Angular Front End components to analyze data access performance.

Artificial Intelligence Challenges - Autonomous cars: A brief review. 45
Desafíos de la Inteligencia Artificial: Coches autónomos - Una breve revisión.

Ergonomic Risk Analysis of Noise and its Effects on the Health of Operators in the Metal-Mechanical Sector. 57
Análisis de Riesgos Ergonómicos del Ruido y sus Efectos en la Salud de los Operarios en el Sector Metal-Mecánico.

Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo como herramienta de prevención de riesgos laborales en las Pymes 69
Occupational Health and Safety Management Systems as a Tool for Preventing Occupational Risks in Small and Medium-sized Enterprises (SMEs).

VOL. 5 Nº2 - 2023

IBARRA - ECUADOR | Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Innovation & Development in Enginnering in Applied Science
IDEAS

Study of the effect of the combination of protective gases on the structure of the weld bead for the GMAW process using pulsed arc and short circuit

http://doi.org/10.53358/ideas.v5i2.892

Juan C. Segovia[1]; Carlos M. Segovia[2]; Tamara S. Monar[3]

[1] Universidad de Otavalo, Otavalo, Ecuador
[2] Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Ibarra, Ecuador
[3] Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica, Quito, Ecuador

Fecha de envío, mayo 8/2023 - Fecha de aceptación, septiembre 14/2023 - Fecha de publicación, septiembre 28/2023

Abstract: A weld bead's geometry directly influences the welded joint's physical characteristics and mechanical performance. The composition of the shielding gas directly affects the form of metal transfer during the welding process and, therefore, modifies the geometry of the weld seam obtained. In addition, metal transfer methods also influence the configuration of the weld bead profile. The objective is to analyze the geometry of the weld bead with different combinations of shielding gases and metal transfer modes in the continuous wire electric arc welding process with gas shielding (GMAW). To achieve this objective, a methodology is proposed to analyze the weld bead's penetration and other geometric parameters. This is achieved by varying the percentages of the gas mixture between Ar and CO2 and by employing different types of metal transfer, such as short circuit, pulsed, and PMC multi-control pulsed. Generally, when using only CO2 as shielding gas, a wide, round weld bead is obtained. If Ar alone is used, the weld bead profile has a very thin shape and deep penetration. With the mixture of Ar and CO2, a bead is obtained with good penetration and sufficient width to cover the two test tubes without empty spaces between the base and filler materials. The macrographic analysis of the chords with their respective measurements is presented, and the geometric parameters of the obtained chords are tabulated. The penetration of the bead is directly proportional to the percentage of CO2 present in the mixture. In a comparison between the three transfer modes used with the same gas composition, it is found that the pulsed spray mode produces greater penetration.

Keywords: Shielding gas, pulsed arc, pulse multi-control, penetration.

Resumen: La geometría de un cordón de soldadura influye directamente en las características físicas de la junta soldada y en su desempeño mecánico. La composición del gas protector afecta directamente a la forma de transferencia de metal durante el proceso de soldadura, y, por lo tanto, modifica la geometría del cordón de soldadura obtenido. Además, Los métodos de transferencia de metal también influyen en la configuración del perfil del cordón de soldadura. Se tiene como objetivo analizar la geometría del cordón de soldadura con diferentes combinaciones de gases de protección y modos de transferencia de metal en el proceso de soldadura por arco eléctrico con alambre continuo y protección gaseosa (GMAW). Para lograr este objetivo, se propone una metodología para analizar la penetración y otros parámetros geométricos del cordón de soldadura. Esto se logra al variar los porcentajes de la mezcla de gas entre Ar y CO2 y al emplear diferentes tipos de transferencia de metal, tales como: cortocircuito, pulsado y pulsado multicontrol PMC. En general, cuando se utiliza solo CO2 como gas de protección, se obtiene un cordón de soldadura redondo y muy ancho. Si se utiliza solo Ar, el perfil del cordón de soldadura tiene una forma muy delgada y con profunda penetración. Con la mezcla de Ar y CO2 se obtiene un cordón con buena penetración y un ancho suficiente para cubrir las dos probetas sin espacios vacíos entre material base y material de aporte. Se presenta el análisis macrográfico de los cordones con sus respectivas medidas y se tabulan los parámetros geométricos de los cordones obtenidos. La penetración del cordón es directamente proporcional al porcentaje de CO2 presente en la mezcla. En una comparación entre los tres modos de transferencia utilizados con la misma composición del gas, se tiene que, el modo spray pulsado produce mayor penetración.

Palabras clave: Gas de protección, arco pulsado, pulsado multicontrol, penetración.

Autor de correspondencia:
Juan C. Segovia, juanksego36@hotmail.com

Juan C. Segovia[1]; Carlos M. Segovia[2]; Tamara S. Monar[3]
[1]juanksego36@hotmail.com, [2]cmsegovia@utn.edu.ec, [3]tamara.monar@gmail.com

Introduction.

The GMAW process (gas metal arc welding), also called electric arc welding with shielding gas, can be described as the union of metal parts produced by heating them, by means of an electric arc established between a consumable solid metal electrode. and the work piece [1]. The arc, the weld pool and the resulting seam need to be protected against contamination from elements present in the atmosphere, which is done by a gas or mixture of gases. The process is called MIG (metal inert gas), when the shielding gas used is inert, for example, argon or helium. On the other hand, in the MAG (metal active gas) process, the protection is carried out with the help of an active gas, such as O2 or CO2. [2].

The correct selection of the shielding gas is of vital importance to achieve better results in the welding process. For this reason, the available range of shielding gas mixtures has increased. Shielding gas selection is an important factor for welding process efficiency. The ideal estimation of shielding gas cost is 5–7 % of the welding cost [3].

With a simple variation in the composition of the shielding gas, beads with different widths, reinforcement heights, penetration, wetting and fusion angles, etc. can be obtained. In addition, the metal transfer modes that can be obtained with the new welding machines promise to provide better weld bead properties.

Weld bead width, reinforcement, and penetration measurements also depend on other welding parameters such as voltage, wire feed speed, and welding speed. The higher the voltage, the greater the width, reinforcement, and penetration. If the wire feed speed is increased, the measurements also increase. On the contrary, if the welding speed increases, the measurements of the bead decrease, since it has less metal transfer time the faster the welding progresses. [4].

Therefore, this project aims to develop a methodology to perform the analysis of the form and depth of penetration that is obtained with the GMAW process. For this analysis, different compositions of the shielding gas mixture will be used: argon and carbon dioxide. In addition, the same analysis will be carried out for conventional metal transfer modes with respect to the most technological ones on the market. The results of this analysis can be used to study the influence of the composition of the shielding gas and the different modes of modern metal transfer to optimize the fusion characteristics of the weld.

Background.

In September 2016, Marconi [5] presented their investigation aimed to evaluate the effect of two protection gases (Ar-20%CO2 and 100%CO2), of three working angles (30, 45 and 60°) and two displacements (45° by push and 60° by drag) on the dimensional aspects of the bead and the mechanical resistance of the fillet joint of a high-strength microalloy steel, welded by the process GMAW.

Chao li [6] studied the effects of shielding gases on the chemical composition, microstructure, purity, and low-temperature impact toughness of weld metal. They used two different shielding gases, which are Ar + CO2 and Ar + He + N2. It was found that N-containing shielding gas can modify the solidification mode of deposited metal, shorten ferrite content in the weld metal, and substantially enhance the low-temperature impact toughness of deposited metal.

Kuang [7] proposed to determine the effects of pulse mode on microstructure and properties of the material 2219 aluminium alloy using pulse MIG. With the inclusion of ultra-high frequency pulse (UFP) current to traditional pulsed MIG could synchronously enhance the strength and ductility of welded joints. Like conventional pulse MIG welding process (CP-MIG), the columnar dendrites at the edge of UFP-MIG weld turned into narrow, fine, and dispersed, and the number of columnar crystals declined progressively with the gain of pulse frequency.

Castillo [8] presented the investigation related to the effect of the type of shielding gas in the arc welding process on the microstructure of a weld bead deposited. The results show that there is a significant effect of the type of shielding gas in the arc welding process has on hardness and microstructure. The carbon content in the welding deposits increases when the active CO2 gas percentage is higher in the Ar-CO2 mixture, this influences the solidification structure.

Ulloa [9] concluded that the Ar+2%N2 mixture was the one that presented the best behaviour in reference to mechanical properties (closer to those of the base material), ferrite-austenite phase balance, chemical composition (higher number of PREN), and lower weight loss in corrosion tests.

Thermal conductivity of the shielding gas

It is the ability of the gas to conduct heat through it. The thermal conductivity, like the electrical conductivity of a gas at low pressure, increases with an increase in temperature. This conductivity influences the heat loss from the centre to the periphery of the plasma column, as well as the heat transfer between the plasma and liquid metal. While pure argon has low thermal conductivity, helium, a mixture of argon with hydrogen and argon with carbon dioxide, has high conductivity.

Figure 1 shows the arc column that is formed with the gases Ar and CO2. Because argon has a low thermal conductivity, the heat is concentrated in the core of the arc. In contrast, carbon dioxide has a broader arc column because it has a higher conductivity. For these reasons, it is stated that thermal conductivity directly affects the profile of the bead and the geometry of the penetration [9].

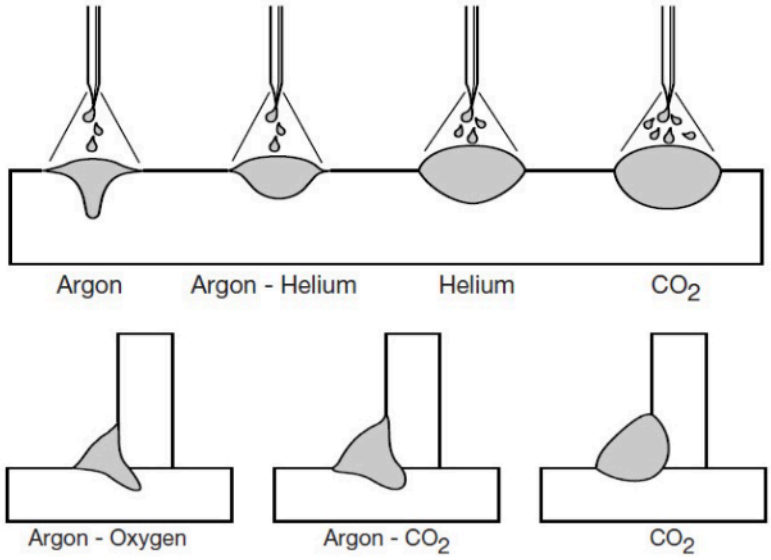


Fig. 1. Bead contour and penetration patterns for various shielding gases [9].

Properties provided by the shielding gas to the weld metal.

The shielding gas used in the welding process can directly influence the properties of the weld metal such as strength, ductility, hardness, and corrosion resistance.

As explained above, the addition of a percentage of oxygen or carbon dioxide to the shielding gas mixture increases its oxidation potential. Therefore, as the oxidation potential of the gas increases, the strength and hardness of the weld decreases. This occurs because the oxygen components increase the number of oxide inclusions and reduce the level of magnesium and silicon in the material [10].

In addition, when using mixtures with percentages of carbon dioxide, a transfer of carbon can be produced in the weld from the gas, and this can increase the concentration of carbon in the material until reaching unacceptable levels of it.

Profile and weld quality

Although gas mixtures with low levels of oxygen or carbon dioxide provide high mechanical properties to the weld bead, there may also be greater fusion defects than when using gases with higher oxidation potentials. In addition, blends with low oxidation potentials produce beads with a narrower profile in the shape of a wine glass. However, increasing the percentage of carbon dioxide increases the width of the bead, its penetration and roundness, reducing the risk of fusion defects.

Additionally, shielding gas can improve weld quality by decreasing the height of the bead reinforcement. If this height is relatively large, it increases the stress concentrations in the change of section between the base metal and the chord. The common method of removing or reducing excess bead reinforcement is by grinding the bead, but this is both costly and time consuming. Proper selection of the shielding gas mixture will reduce the surface tension of the weld metal and allow the solidifying metal to sink and achieve lower reinforcement.

The use of pure carbon dioxide as a shielding gas for welding carbon steel can cause large amounts of spatter. Removing the spatter after the welding process is not only expensive but can also cause aesthetic problems [11].

Short circuit transfer mode

In this type of transfer, the filler metal is transferred when the electrode is in direct contact with the weld pool and the electrode is fed at a constant speed. At this instant there is no arc and the current increases by heating the electrode. At the same time the electrode wire is deformed due to the electromagnetic Pinch force. As a result of the increase in current and the Pinch Effect, a drop of metal is produced that is transferred to the welding pool. After a new arc is generated, this occurs between 50 to 250 times per second.

In the short-circuit transfer mode, it is necessary to consider the welding technique and the procedure to be carried out when welding materials of considerable thickness, because with this mode there is a low heat input rate and a relatively shallow melt rate. The characteristics of this type of low heat input transfer produce rapid cooling of the weld puddle, making it an ideal process for welding in all positions [11].

Pulsed spray transfer mode

This type of transfer occurs with each of the pulses of the welding current in a controlled manner without short circuits. To achieve this type of transfer, a power source is necessary that provides two levels of energy: background current and pulse current. The background current is too low in magnitude to produce the transfer, but it is necessary to maintain the arc flash and heat input. On the other hand, the pulse current has a high energy level and is what produces the formation of molten metal drops from the electrode. This current occurs at controlled time intervals. Finally, there is a current that varies from high to low intensity in hundreds of cycles per second.

Pulse transfer was developed for better control of spatter and the elimination of incomplete fusion defects that appear in globular transfer and short circuiting. In addition, it is possible to reduce the rate of heat input compared to the axial spray method, which results in lower levels of material distortion due to heat. Like spray transfer, the shielding gas used must be argon or argon mixtures. The transfer of the metal is carried out only at the peaks of the pulse current, in this way a drop is transferred with each pulse. The frequency at which the pulses occur increases proportionally to the wire feed speed [12].

Multi-Control Pulsed Arc (PMC)

PMC a process developed by the company Fronius. It is the conventional pulsed, but with new functions and stabilizers.

Its main features are:

- Increased process stability through precise control.
- Optimized pulse characteristics and improved ignition.
- Better stability of reduced energy per unit length (welding speed and arc length).
- Penetration stabilization to make it more consistent.
- ncreased arc stability by means of an arc length stabilizer that helps the welder to set the perfect welding parameter for each weld joint.
- Useful for making mechanized welds especially in tight areas and hard to reach positions [12].

Methodology.

Base material

In the present analysis, the ASTM A36 material is used, which is one of the most used and commercial steels in Ecuador for projects that do not require a high-strength material. It is a ferritic-perlitic steel with low carbon content that has good weldability, which facilitates the project. 8mm (5/16") thick, 50mm (2") wide and 400mm long plates are used.

Input material

For the welding process of the specimens, the AWS ER70S-6 electrode wire with a diameter of 1.2mm is used, which is widely used in the Ecuadorian industry and has a high contribution rate. It is a continuous low carbon steel electrode coated with a thin layer of copper. It presents good weldability when CO2 or Ar/CO2 mixtures are used as shielding gas.

Shielding gases

The protection gases used in this project are Argon, Carbon Dioxide, and mixtures of both. These have been selected for their high application in the GMAW process and their wide commercialization in Ecuador. The two gases separately provide specific characteristics in the appearance and process of forming the weld bead that have been specified in the previous chapter. Therefore, the main objective of this project is to use mixtures of both gases to observe the influence of each one in the different compositions and determine the optimal composition in which the best geometric characteristics are obtained.

Welding of the specimens of short circuit probes

Keeping the type of short-circuit metal transfer and the welding advance rate constant, two types of specimens are welded: one of the simple metal filler types and the other of a T-joint, fillet weld. For each of the test tubes, the following protective gas mixture compositions are used:

- 100% carbon dioxide
- Argon mixture to 10% carbon dioxide
- Argon mixture to 25% carbon dioxide

In total, 6 test tubes are welded, which consist of a filler cord and a T-joint for each type of protective gas.

Conventional Pulsed and Pulsed Multi-control (PMC) Specimens

It is welded with two types of metal transfer, conventional pulsed and PMC pulsed, to make the comparison, the welding advance speed is kept constant.

For each type of transfer, the same procedure mentioned above is carried out, that is, two types of test tubes are welded: one with a simple contribution and the other with a T-joint. For each one, the following protective gas mixture compositions are used:

- Argon mixture to 10% carbon dioxide
- Argon mixture to 15% carbon dioxide
- Argon mixture to 25% carbon dioxide

In total, 6 specimens are welded for the pulsed transfer and 6 for PMC.

Designation of the test pieces

Table 1. Designation of the test pieces to be welded [12]

Mode		WELDING		TIPE
	Gas Type	Simple Bead	Fillet Weld	
SHORT CIRCUIT	100% CO_2	x		CDD
	100% CO_2		x	CDF
	90%Ar- 10%CO_2	x		C10D
	90%Ar- 10%CO_2		x	C10F
	75%Ar- 25%CO_2	x		C25D
	75%Ar- 25%CO_2		x	C25F
PULSED SPRAY	90%Ar- 10%CO_2	x		SP10D
	90%Ar- 10%CO_2		x	SP10F
	85%Ar- 15%CO_2	x		SP15D
	85%Ar- 15%CO_2		x	SP15F
	75%Ar- 25%CO_2	x		SP25D
	75%Ar- 25%CO_2		x	SP25F
PULSED (PMC)	90%Ar- 10%CO_2	x		P10D
	90%Ar- 10%CO_2		x	P10F
	85%Ar- 15%CO_2	x		P15D
	85%Ar- 15%CO_2		x	P15F
	75%Ar- 25%CO_2	x		P25D
	75%Ar- 25%CO_2		x	P25F

Procedure for obtaining macrographs: Cutting of the specimens.

It is proposed to obtain 2 macrographic specimens of each welded specimen to determine if the penetration remains constant throughout the specimen. The recommended length for each macrographic specimen is 1 inch or 25mm. This length is the one necessary to have an easy handling of the specimen and security when the process of preparing the macrographs is carried out. Figure 2 shows the position of the cuts that are made to each test tube.

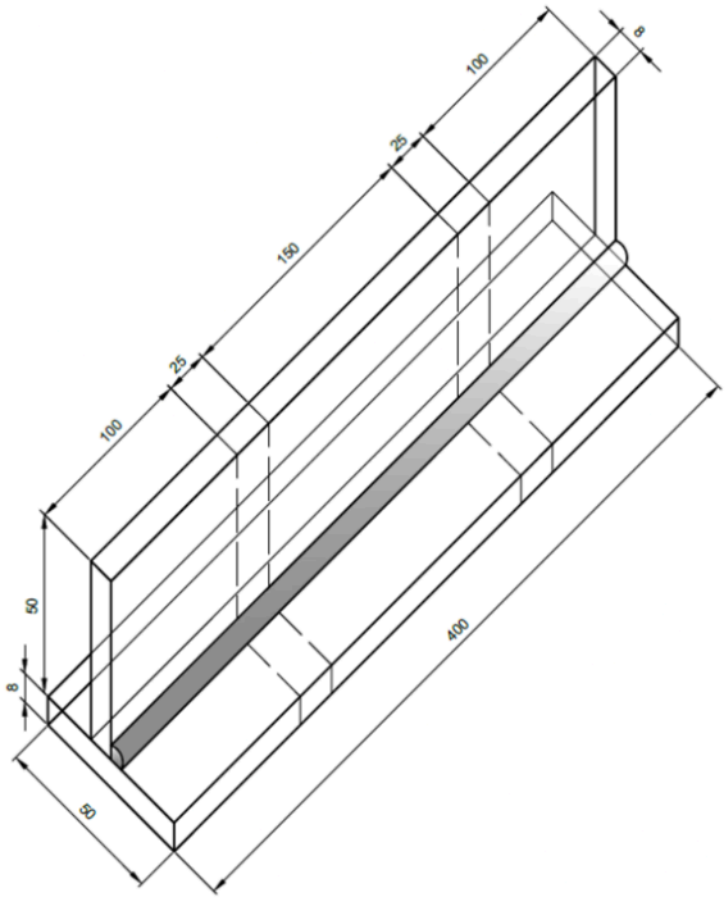


Fig. 2. Scheme for cutting welded joints [12]

Coarse roughing

The objective of this process is to obtain a completely flat surface free of marks produced by the reciprocating saw. To obtain this surface, a canvas sandpaper number 100 is used. Both for the coarse and fine grinding process, a cooling medium such as water must be used.

Fine roughing

It is a consecutive process in which the macrographic specimen is passed through increasingly fine-grained sandpaper. These sandpapers must be on totally flat and hard surfaces, to avoid scratches that interfere with the visualization of the macrographs. To obtain a better surface finish, it is necessary to perform a fine grinding using 5 different sandpapers with the following numbering: No. 240, 320, 400, 600, 1000.

Chemical attack

This procedure is carried out to demonstrate the structure or alloy of the material. The reagent that is generally used to carry out the chemical attack on irons and carbon steels is Nital. As can be seen in the table above, it is made up of 5% concentrated nitric acid in ethyl alcohol.

Measurement of the geometric characteristics of the chord

In order to carry out a comparative analysis between the welded beads with different composition of the protective gas and different transfer mode, it is proposed to carry out the following measurements:

- Convexity or concavity
- Effective throat
- Real throat
- Theoretical throat
- Horizontal and vertical leg length
- Horizontal and vertical bead size
- Fusion depth
- Weld width

Below is a diagram with the measurements that will be made in the macrographs of the weld deposits.

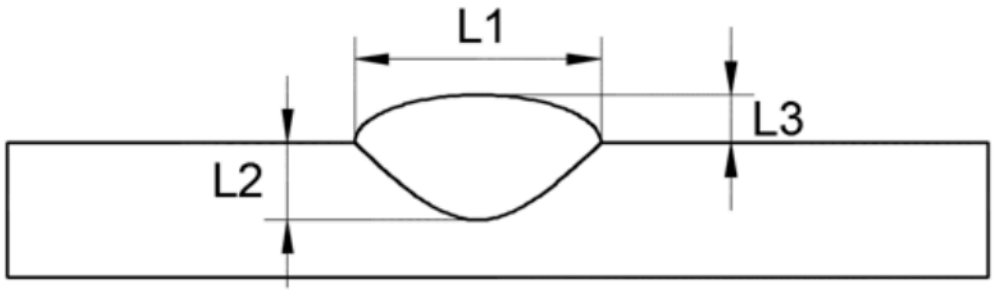


Fig. 3. Dimensions for weld deposit macrographs.

Where:

L1= Bead wide

L2= Weld Penetration

L3= Weld Reinforcement

Figures 4 and 5 show the measurements to be made on the macrographs of the T-joints

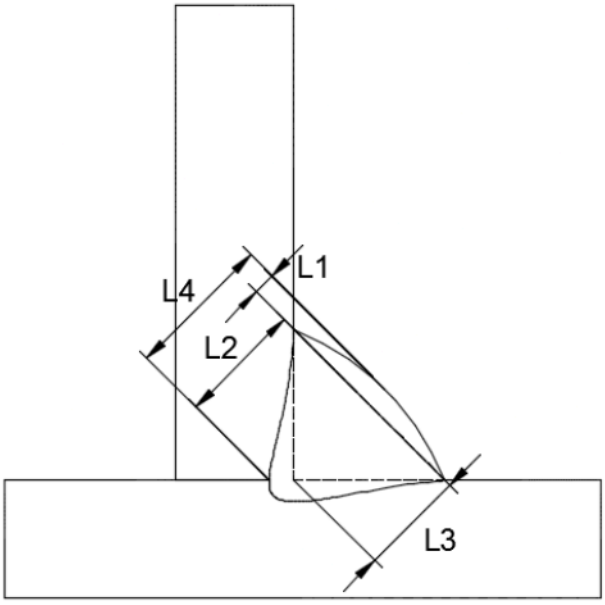


Fig. 4. Dimensions for macrographs of T-joints.

Where:

L1= Convexity or Concavity

L2= Effective Throat

L3= Theoretical Throat

L4= Actual Throat

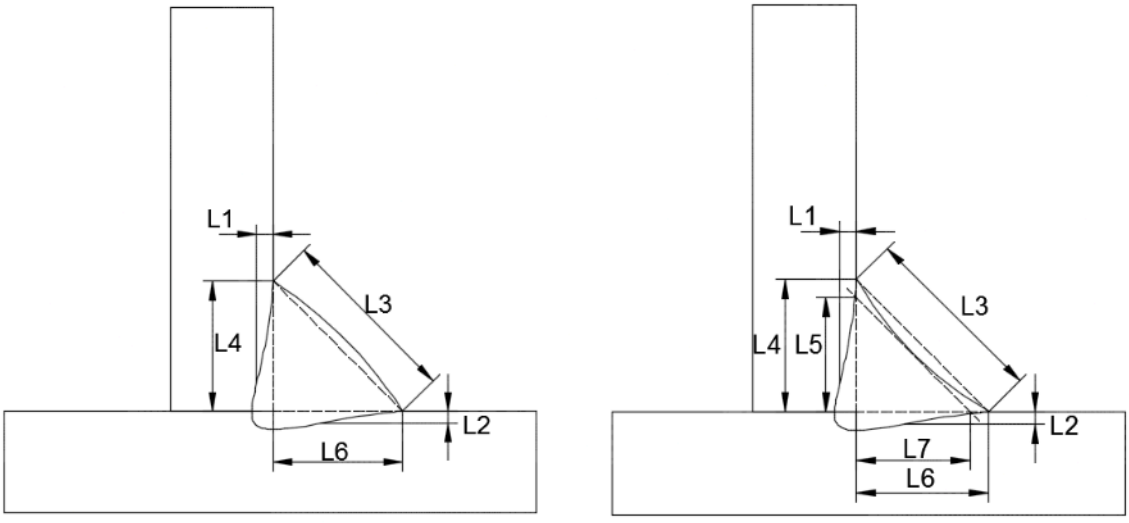


Fig. 5. Other dimensions for macrographs of T-joints.

Where:

L1= Vertical fusion depth.

L2= Horizontal fusion depth.

L3= Width of the bead.

L4= Size of the vertical weld bead.

L5= Vertical leg length.

L6= Size of the horizontal weld seam.

L7= Horizontal leg length.

Weld data recording

It is important to emphasize that the selection of the welding parameters considers the thickness of the base material and the type of joint to be made. Because the base material is 8 mm thick plates, and some manufacturers of welding machines such as Fronius recommend choosing an amperage counting from 50 A for each mm of thickness. However, in the case of thicker metal plates, this factor is reduced to 27.5 A per mm. So, the amperage value of 220 A is calculated. This section shows the main parameters used for each welding process. Table 2 shows the welding parameters obtained by using the short-circuit transfer method.

Table 2. Welding parameters in short circuit method.

Shielding gas composition.	100% CO2	10% CO2 – 90%Ar	25% CO2 – 75%Ar
Voltage [V]	24	24	24
Amperage [A]	220	220	220
Feed speed [m/min]	7	7	7
Welding speed [cm/min]	40	40	40
Input head [KJ]	302.6	304.8	306.1

Table 3. Welding parameters in pulsed arc method.

Shielding gas composition.	10% CO2 – 90%Ar	15% CO2 – 85%Ar	25% CO2 – 75%Ar
Voltage [V]	24	24	24
Amperage [A]	220	220	220
Feed speed [m/min]	7	7	7
Welding speed [cm/min]	40	40	40
Input head [KJ]	315.8	298.3	322.3

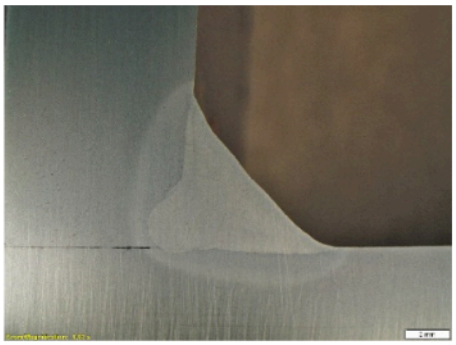
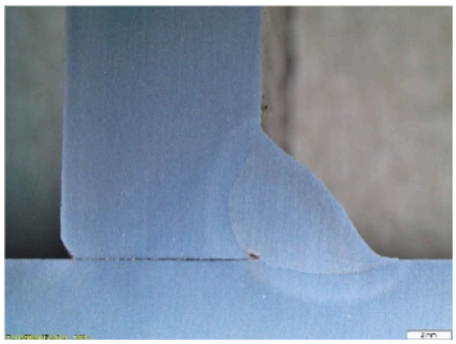
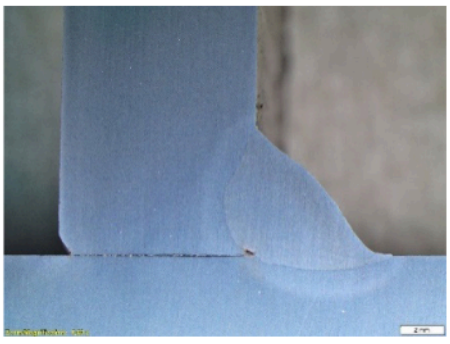
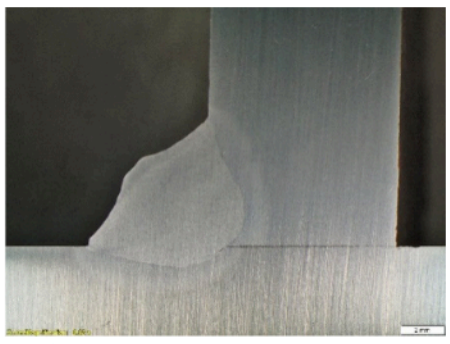
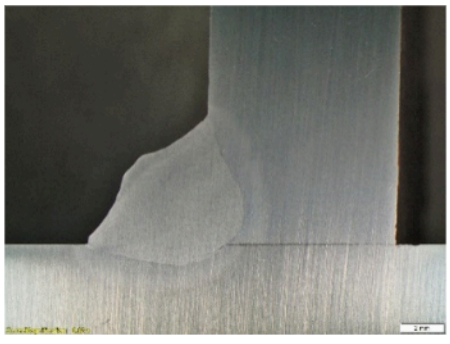
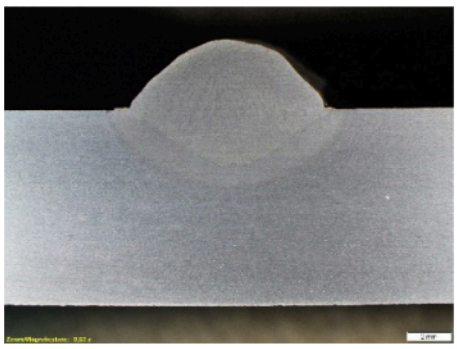
Table 4. Welding parameters in pulsed arc PMC method.

Shielding gas composition.	10% CO2 – 90%Ar	15% CO2 – 85%Ar	25% CO2 – 75%Ar
Voltage [V]	24	24	24
Amperage [A]	220	220	220
Feed speed [m/min]	7	7	7
Welding speed [cm/min]	40	40	40
Input head [KJ]	346.7	337.9	348.8

Macrography

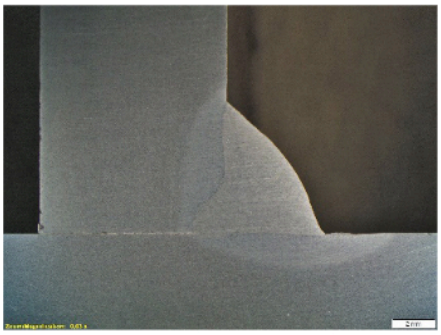
Two macrographic specimens of each welded specimen are made to verify if the penetration remained constant throughout the entire specimen. Table 3 shows the macrograph of a specimen of each welded specimen.

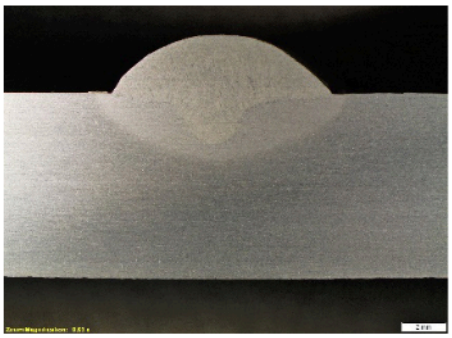
Table 5. Macrographs obtained from welding [12]

	Short circuit	
	Fillet weld	Weld bead
10% CO2 – 90% Ar		
25% CO2 – 90% Ar		
100% CO2		

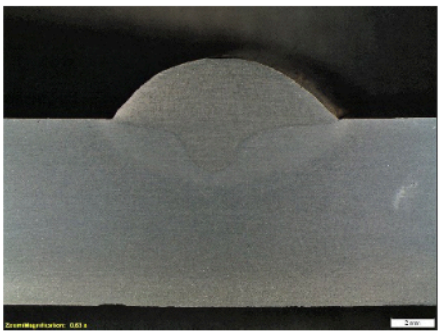
Pulsed arc

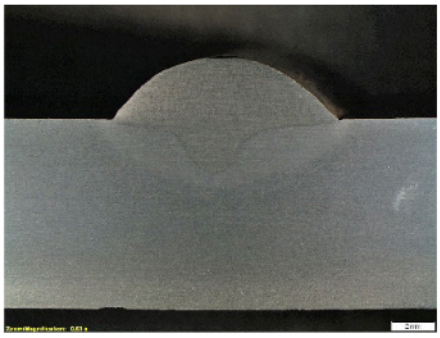
10% CO2 – 90% Ar



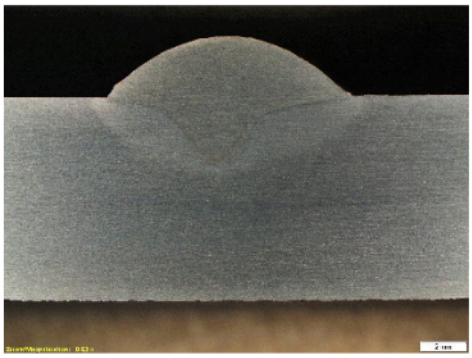


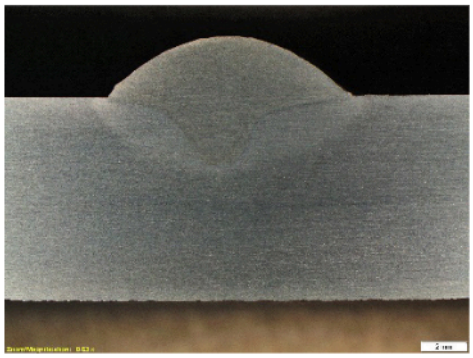
15% CO2 – 85% Ar





25% CO2 – 75% Ar



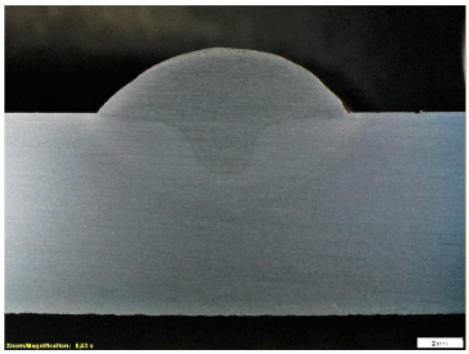


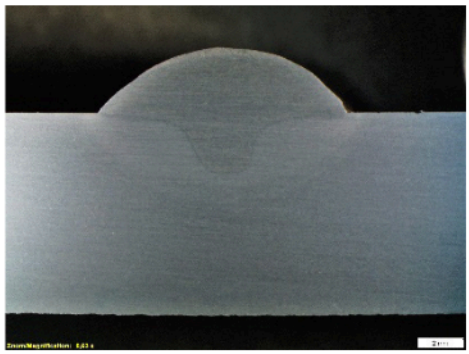
Pulsed arc PMC

Fillet weld

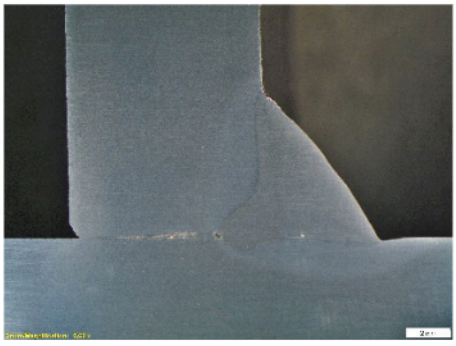
Weld bead

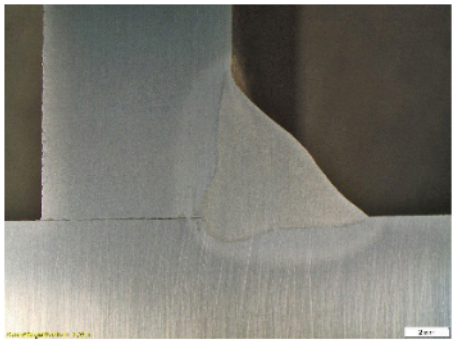
10% CO2 – 90% Ar

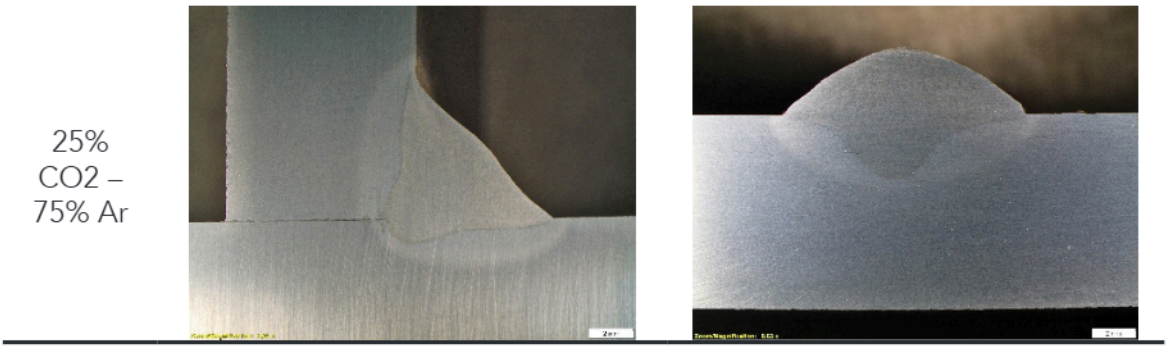




15% CO2 – 85% Ar



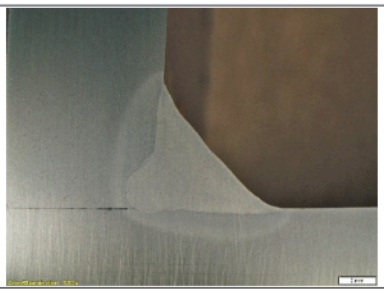
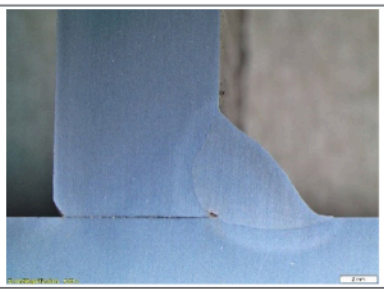
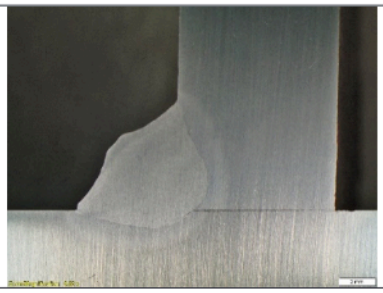
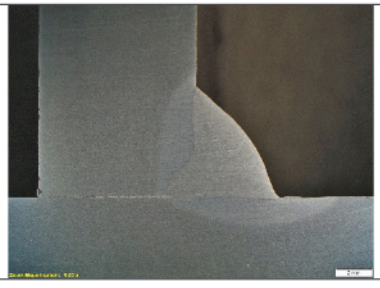
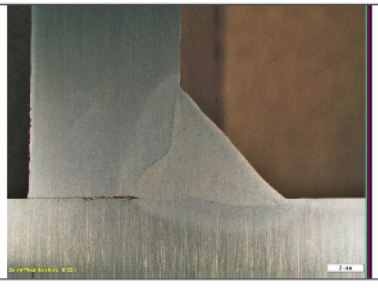
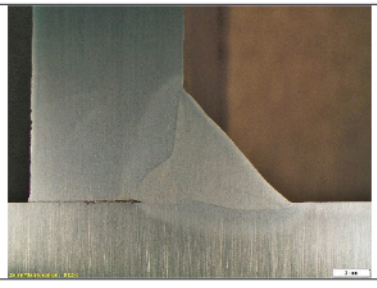


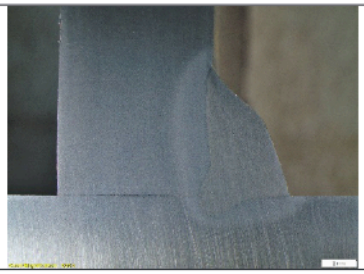
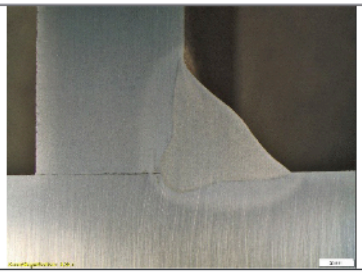
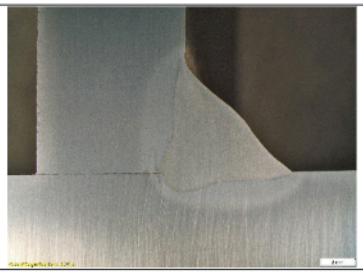


Results and discussion.

In this section, the welding defects identified in each macrograph are analyzed, as well as the dimensions measured in the test tubes of the weld seams in flat position and of the T-joints. In addition, the discussion of these results that serve as a reference for welding work. Table 4 shows the visual inspection of the macrographs according to the criteria of the AWS D1.1 standard.

Table 6. Detail of the visual inspection of the macrographs obtained [12]

Welded profiles with the short circuit method		
		
C10F	C25F	CDF
Default: None	Defect: Lack of root fusion	Default: None
Acceptable welding profile	Unacceptable welding profile	Acceptable welding profile
Welded profiles with the pulsed method		
		
SP10F	SP15F	SP25F
Default: Non-uniform weld	Flaw: Lack of fusion and bite	Default: None
Unacceptable welding profile	Unacceptable welding profile	Acceptable welding profile
Welded profiles with the PMC pulsed method		

		
P10F	P15F	P25F
Defect: Non-uniform weld	Default: None	Default: None
Acceptable welding profile	Acceptable welding profile	Acceptable welding profile

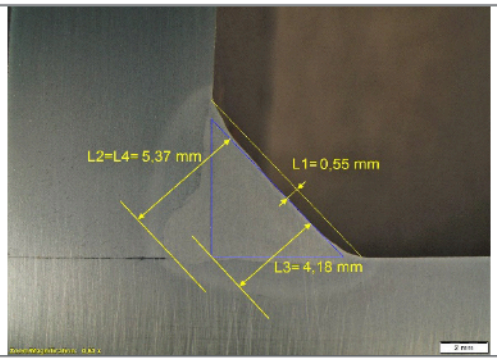
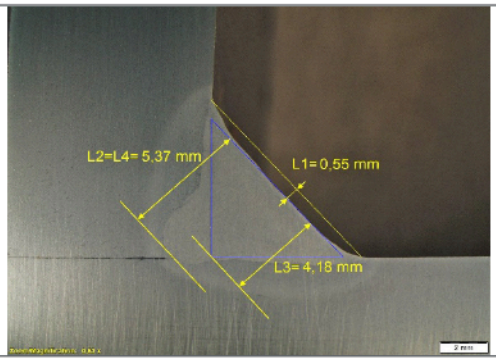
Through a visual inspection of the macrographs obtained of the T-type joints welded with the short-circuit transfer method, it is observed that in the C25F specimen (25% CO2) there is a lack of fusion that remains constant throughout the welded bead. This is due to the semicircular shape of the weld profile, which has low penetration. These results can be seen in Table 4.

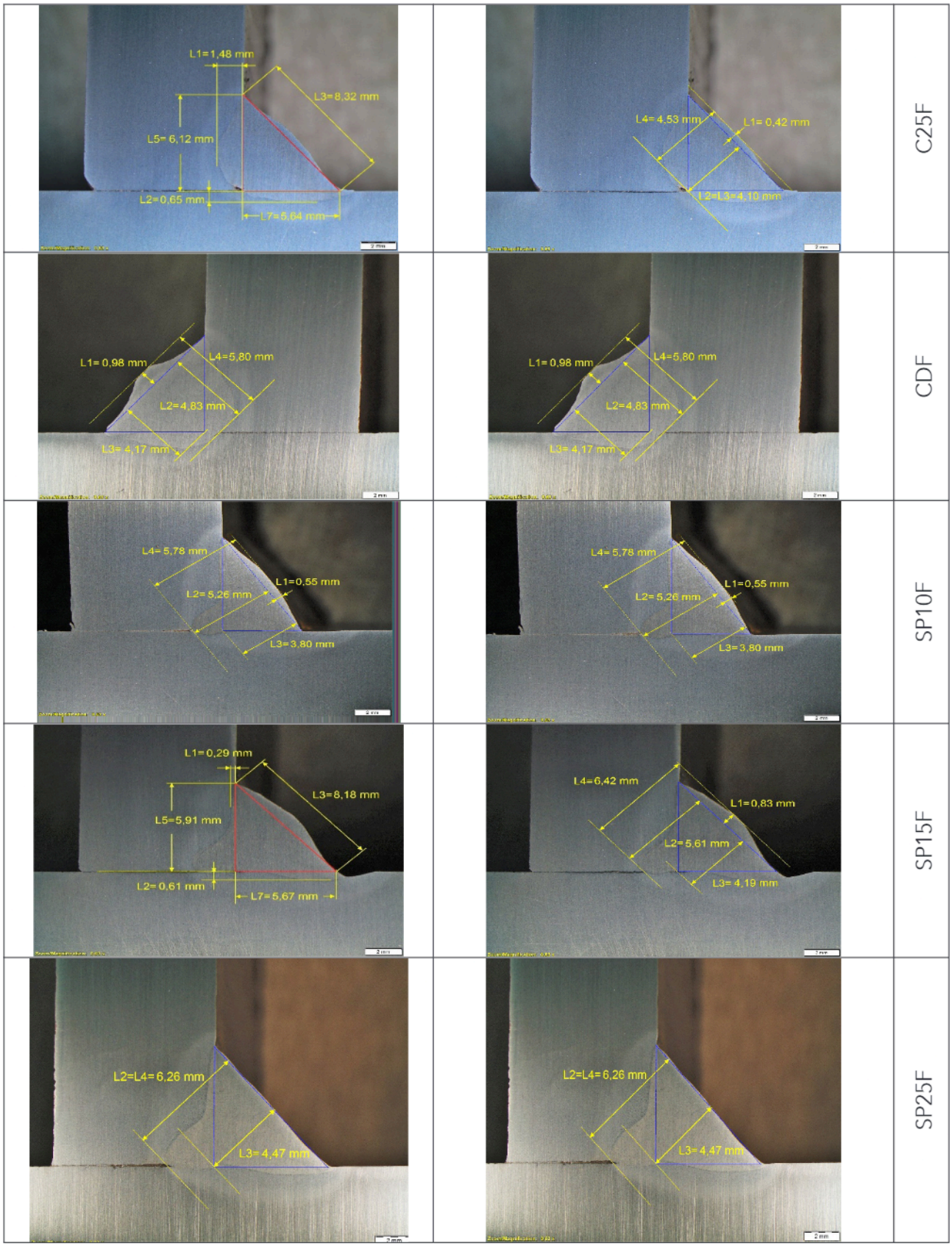
According to the criteria mentioned in the methodology for the acceptance of macrographic tests, the C25F specimen presents an unacceptable weld profile. On the contrary, the C10F and CDF specimens present acceptable weld profiles. In the macrographs obtained from the T-type joints welded with the pulsed arc method, it is observed that in the SP15F specimen (15% CO2) a lack of fusion and a bite were found. The formation of bites is produced by excess heat input. These results can be seen in table 4.

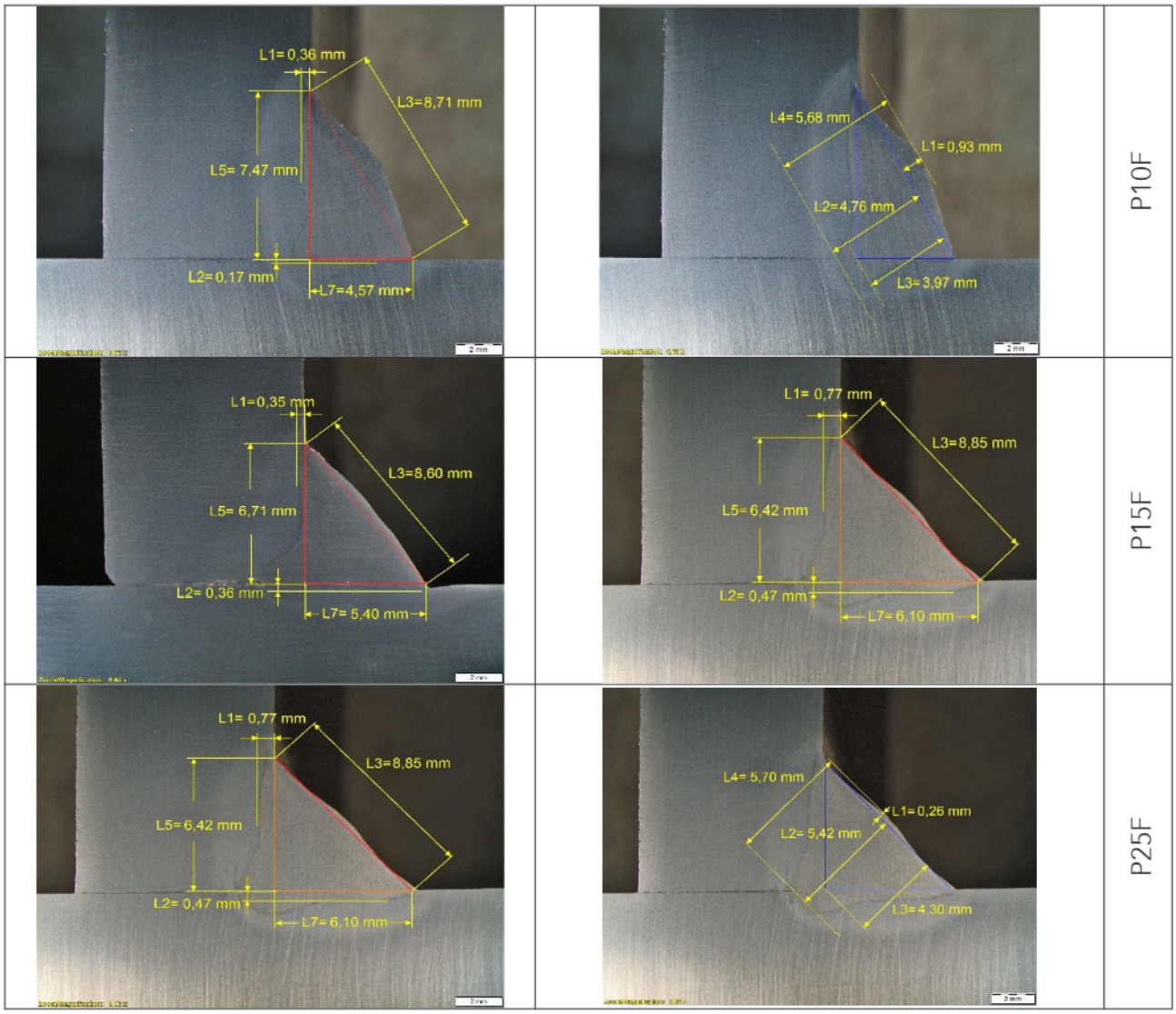
In addition, it is observed that the SP10F specimen (10% CO2) has a leg length of less than 5mm. This is considered an unacceptable weld profile because one of the weld legs does not meet the minimum length required for thicknesses from 6 to 12mm. This type of profile was formed due to the lack of precision in the inclination of the specimen.

In the macrographs obtained from the T-type joints welded with the multi-control pulsed transfer method, it is observed that in the P10F specimen (10% CO2), the profile of the bead has a non-uniform shape. The vertical side is longer than the horizontal side. This is considered an unacceptable weld profile because one of the weld legs does not meet the required minimum length of 5mm for thicknesses of 8mm.

Table 7. Measurement of the geometric characteristics of the T-Joints [12]

Macrograph – Leg thickness – Penetration	Macrograph – Effective and theoretical throat	
		C10F


L1=1,48 mm
L3=8,32 mm
L5= 6,12 mm
L2=0,65 mm
L7=5,64 mm
L4= 4,53 mm
L1= 0,42 mm
L2=L3=4,10 mm
C25F
L1= 0,98 mm
L4=5,80 mm
L2=4,83 mm
L3= 4,17 mm
L1= 0,98 mm
L4=5,80 mm
L2=4,83 mm
L3= 4,17 mm
CDF
L4= 5,78 mm
L1=0,55 mm
L2= 5,26 mm
L3=3,80 mm
L4= 5,78 mm
L1=0,55 mm
L2= 5,26 mm
L3=3,80 mm
SP10F
L1=0,29 mm
L3=8,18 mm
L5=5,91 mm
L2= 0,61 mm
L7=5,67 mm
L4=6,42 mm
L1=0,83 mm
L2=5,61 mm
L3= 4,19 mm
SP15F
L2=L4= 6,26 mm
L3= 4,47 mm
L2=L4= 6,26 mm
L3= 4,47 mm
SP25F



As can be seen in Figure 6, using the pulsed spray transfer mode, the greatest effective throat length is obtained compared to short-circuit and multi-control pulsed. However, due to the high heat input obtained with the pulsed spray mode, there is a tendency for undercuts to occur in T-joints. The throat in fillet welds represents the penetration obtained. In addition, it is observed that at 25% CO2 a considerable increase in penetration is obtained compared to 10% CO2.

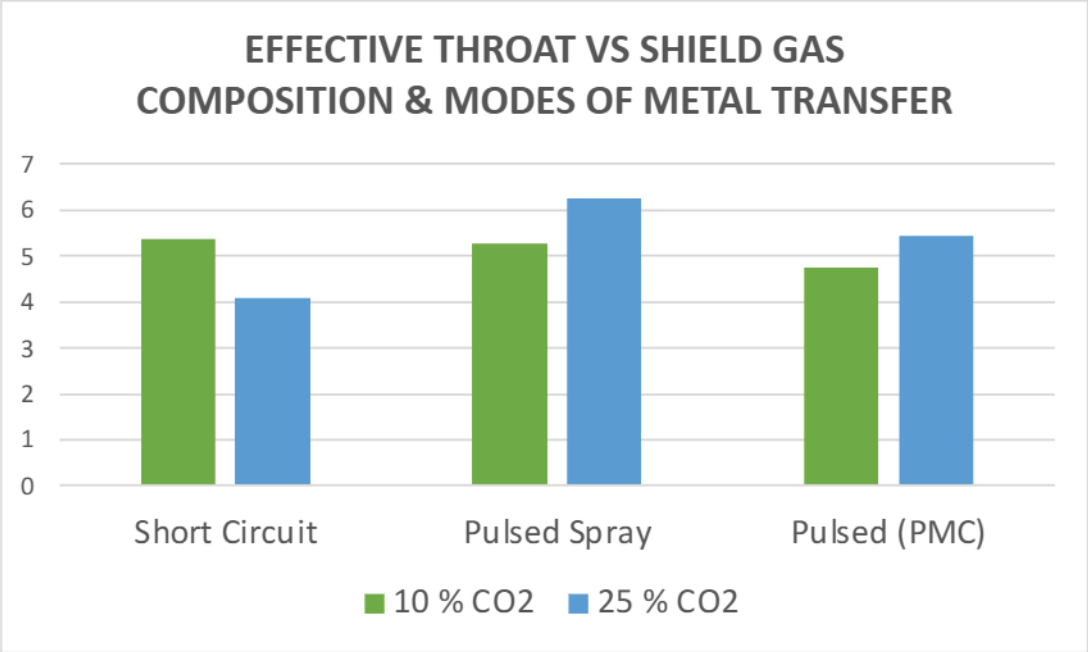
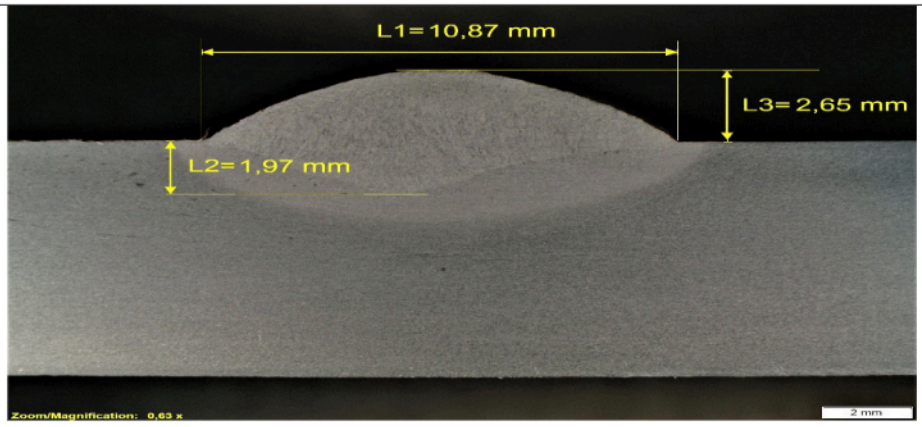
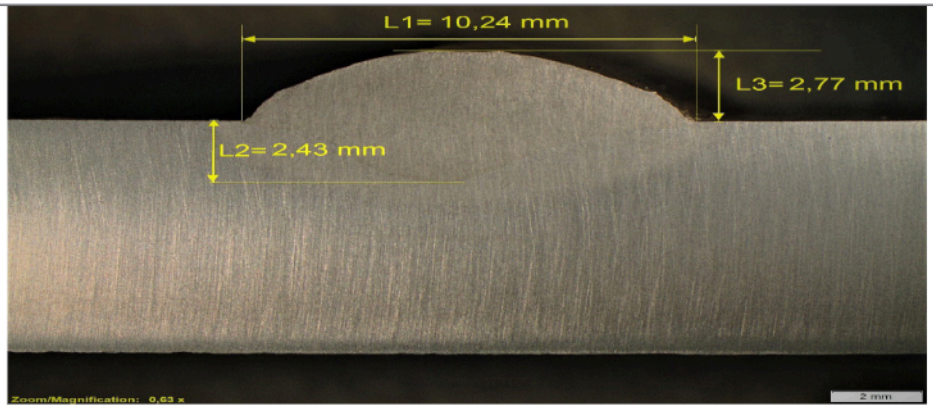


Fig. 6. Analysis of the throat obtained with respect to the composition of the shielding gas.

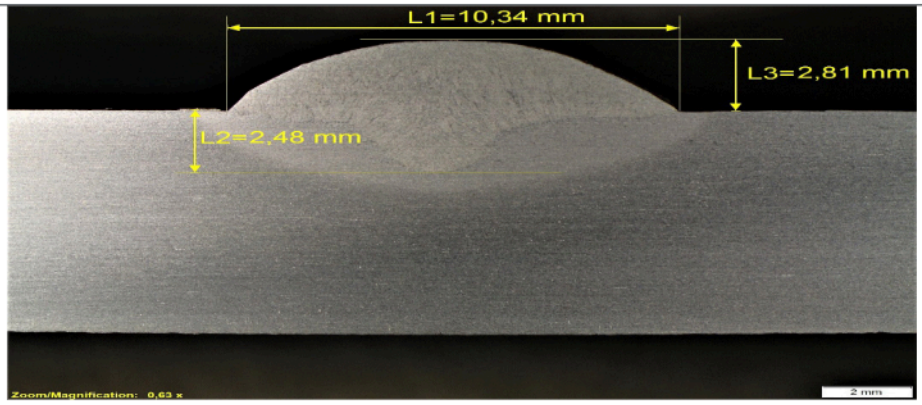
Table 8 shows the images of the macrographs of the weld beads made on the plates with their reinforcement, width and penetration dimensions. The shape of the weld bead is evident, which has been influenced by the percentage of CO2 and Ar present in the protective gas mixture. In addition, another factor that influences the shape and geometric characteristics of the weld bead is the mode of metal transfer. When the short circuit mode is used, lower penetrations were obtained, then with the Pulsed Spray mode, and the highest penetrations are obtained with the PMC pulsed mode.

Table 8. Measurement of the geometric characteristics of the welded Beam

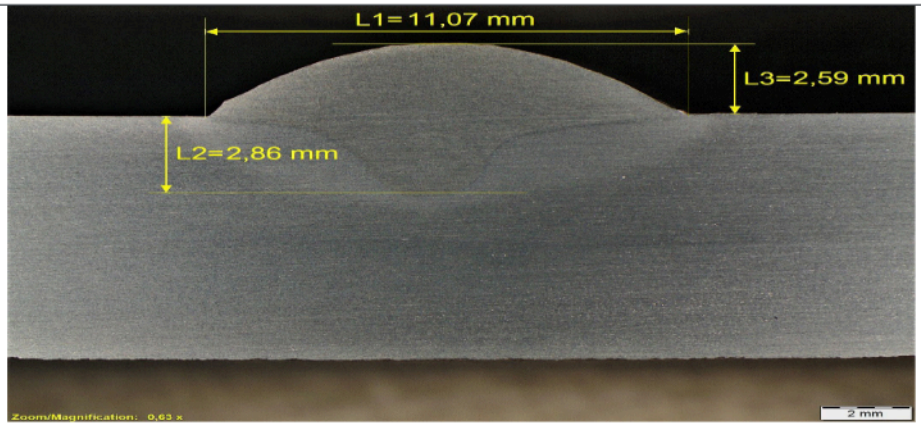
Measures of Welded Beam	Types
	C10D



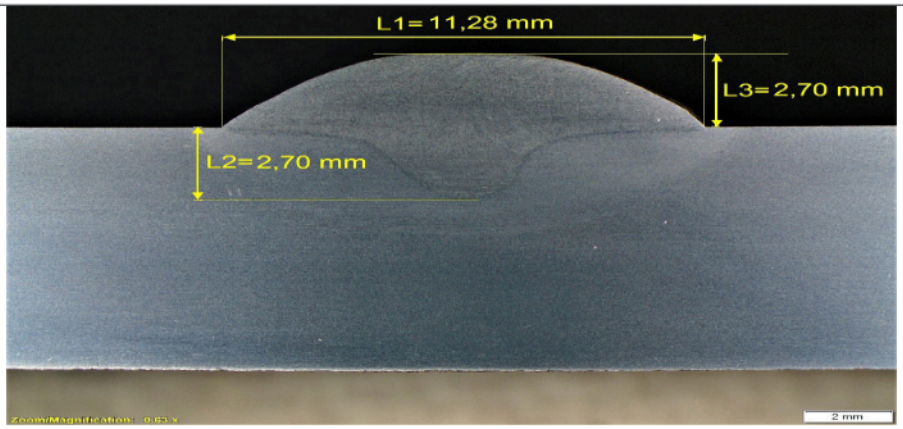
C25D



SP10D



SP25D



P10D

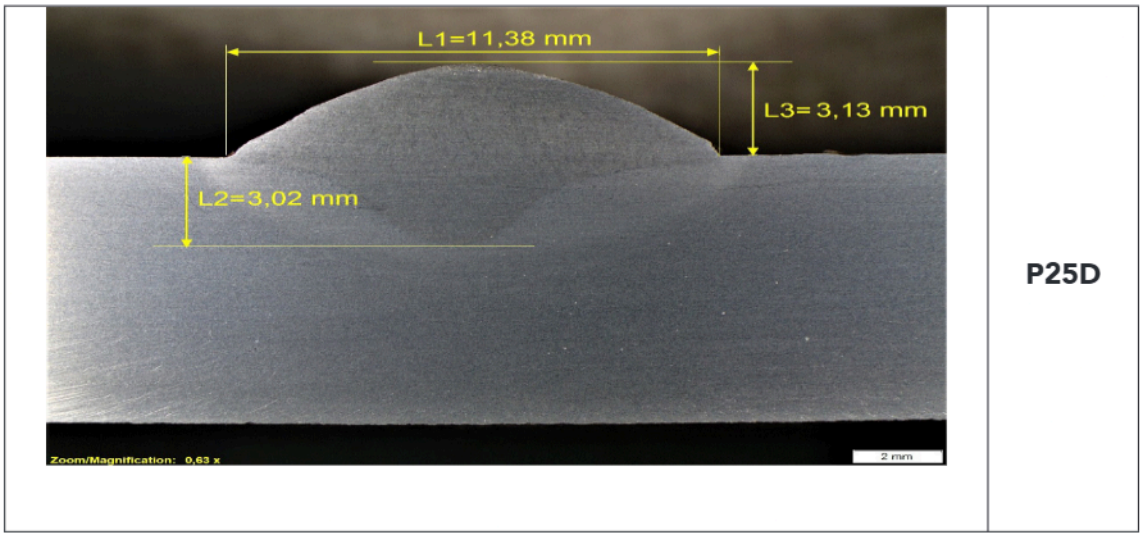


Figure 7 shows the results of the filler beads made where a greater penetration is observed when the multi-control pulsed transfer mode (PMC) is used, both in the 10% and 25% CO2 composition. Besides, The higher the percentage of CO2 present in the mixture, the greater the penetration obtained in the weld bead.

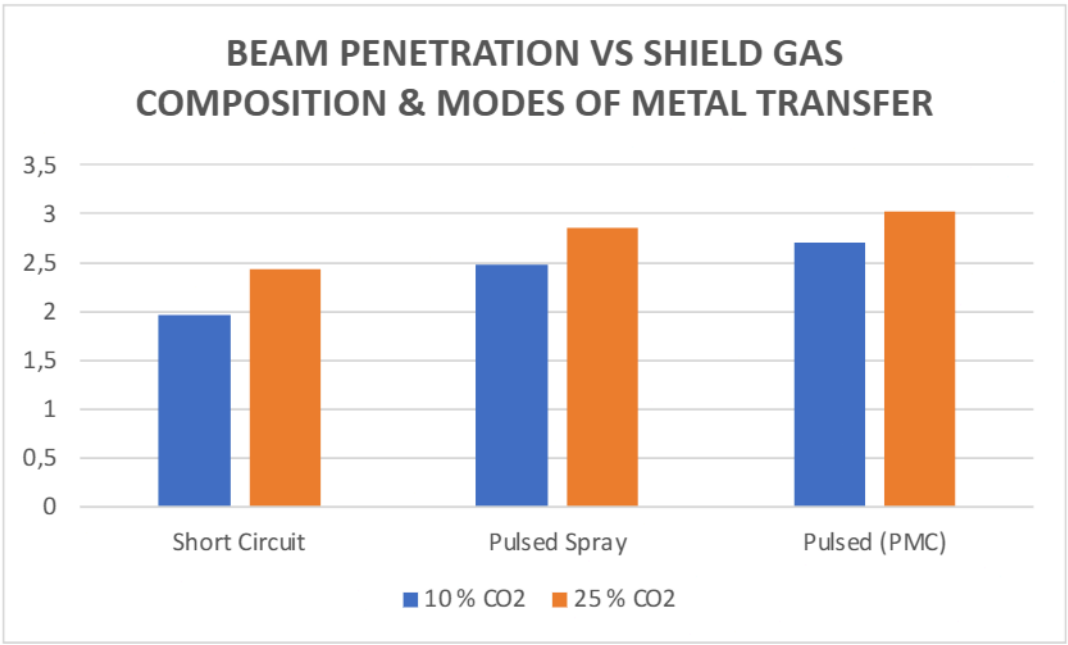


Fig. 7. Analysis of the penetration with respect to the composition of the shielding gas

Conclusions.

In the three metal transfer processes and with the different mixtures of shielding gases, good weld seams were obtained for the fillet joint. Of the 9 welded joints, only 2 beads had small welding defects.

The ASTM A36 steel used in this study is very versatile for the manufacture of welded and bolted structures in industrial or civil construction works in Ecuador. For this reason, this study provides a reference of what percentages to use in the mixture of protection gases in order to obtain weld bead shapes according to the application that is required.

The best welded bead profile achieved is the one with a gas mixture of 10% CO2 -90% Ar (test C10F) due to its well penetration and depth of fusion, slight concavity and does not present welding defects. And the profile welded with 25% CO2 has a lack of root penetration due to the semicircular shape of the profile.

It is observed that the pulsed spray mode produces greater penetration compared to the other 2 metal transfer modes used with the same mixture of protective gas. This is because this is the mode that produces the greatest heat input to the base metal. The PMC mode produces less heat input since it controls the feed speed when there are differences in the arc length.

Acknowledgment

A sincere thanks to the company "Commerce and Technology MIG-MAG Cía. Ltd." and to all the people who work in it, for their support in carrying out this project. In addition, we thank you for allowing us to use your equipment and facilities for the development of the tests.

References.

1. Castellanos, O. M., Moreno-Uribe, A. M., Ramón-Ramón, S. A., & Jácome, J. L. (2021). Evaluación de la transferencia metálica y estabilidad del proceso gmaw. Revista UIS ingenierías, 20(3), 47-60.

2. Batista, L. A. (2018). Soldagem MIG/MAG com fluxo ativo do aço inoxidável austenítico AISI 304L, Master Thesis, University Federal de Minas Gerais.

3. Mvola, B., & Kah, P. (2017). Effects of shielding gas control: welded joint properties in GMAW process optimization. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 88, 2369-2387.

4. Moncayo E. (2020). Modelado y control de las características geométricas del cordón de soldadura en el proceso gmaw. La Ingeniería y sus Aplicaciones: Una Perspectiva desde la Industria, la Investigación y la Educación. Edición 2020, 24, 263-272.

5. Marconi, C., Castillo, M. J., Ramini, M., & Svoboda, H. (2016). Efecto del gas de protección, ángulos de trabajo y desplazamiento sobre las características de juntas de filete obtenidas por GMAW en un acero microaleado de alta resistencia. Soldagem & Inspeção, 21, 303-316.

6. Li, C., Duan, C. H., Qi, Y. C., Sun, Y. F., & Ma, C. Y. Effect of shielding gas on MIG welding performance with austenitic wire. Materials Letters, 339, 134118, (2023).

7. Kuang, X., Qi, B., & Zheng, H. (2022). Effect of pulse mode and frequency on microstructure and properties of 2219 aluminum alloy by ultrahigh-frequency pulse Metal-Inert Gas Welding. Journal of Materials Research and Technology, 20, 3391-3407.

8. Castillo Díaz, G. B., & Chero Angulo, A. G. (2020). Efecto del gas de protección en el proceso de soldadura por arco en la microestructura de un cordón de soldadura depositado con electrodo e316lsi.

9. Ulloa, J. A. B., & Monrroy, R. M. N. (2019). Evaluación de la Influencia de los Gases de Protección de Soldadura en las Propiedades del Acero Inoxidable UNS S32707 (Doctoral dissertation, Pontificia Universidad Catolica del Peru).

10. Niebles, E.E.; Silgado, J. U.; Torres, J. E.; Ramirez, A. J.: Influencia de las Mezclas de gases Ar-He y Ar-He-O2 en la Soldabilidad de la Aleación de Aluminio AA5083-O usando Proceso GMAW-P Automatizado, Soldag. Insp. São Paulo, Vol. 19, No. 3, pp. 238-246 (2014)

11. Hashmi, S.: Comprehensive Materials Processing. Finlandia: Elsevier Science & Technology Books, pp. 224 (2014) https://www.elsevier.com/books/comprehensive-materials-processing/hashmi/978-0-08-096532-1

12. Monar, T., Segovia, J. (2016). Análisis de la Influencia de la Composición del Gas Protector en la Conformación del Cordón de Soldadura Para el Proceso GMAW Utilizando Arco Pulsado y Cortocircuito. 125 hojas. Quito: EPN. http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/14055

VOL. 5 Nº2 - 2023

IBARRA - ECUADOR | Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Innovation & Development in Engineering and Applied Science
IDEAS

Integración de componentes Enterprise Java Beans y Front End Angular para analizar el desempeño de acceso a datos

http://doi.org/10.53358/ideas.v5i2.943

Mauricio Rea Peñafiel , Tamia Maldonado Arias, Antonio Quiña Mera
Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador

Fecha de envío, agosto 3/2023 - Fecha de aceptación, septiembre 26/2023 - Fecha de publicación, septiembre 28/2023

Resumen: La plataforma Java EE (Enterprise Edition) permite el desarrollo de software de tipo empresarial, cubriendo todas las capas que una aplicación monolítica requiere, pero carece de funcionalidades reactivas de manera nativa, lo que ocasiona un menor desempeño en la presentación de información al usuario final. Este problema afecta a los usuarios, porque la información que se visualiza en sus pantallas probablemente ya está desactualizada. En esta investigación se plantea comprobar la integración entre Java EE (plataforma backend) y Angular (framework frontend), con el propósito de mejorar el tiempo de respuesta para el usuario. Se utiliza el método Design Science Research como ruta principal de la investigación para determinar el problema, los antecedentes, la situación actual y los objetivos del proyecto propuesto. La parte teórica incluye información sobre plataformas tecnológicas y la metodología para el desarrollo del software propuesto. Se implementa una capa de servicios REST para proporcionar información de un sistema utilizado como caso de estudio en la Universidad Técnica del Norte, que se denomina SIAD (Sistema Integrado de Actividades Docentes), dicho servicio es consumido por la aplicación web Angular. Por otro lado, se ejecutan las pantallas JSF, las cuales consumen la información proporcionada por los componentes EJB. Finalmente, se ejecutan los dos tipos de clientes web (JSF y Angular) y se valida el desempeño utilizando el estándar ISO/IEC 25010. Se puede concluir de manera global que, los componentes reactivos de Angular mejoran el indicador de desempeño del sistema informático en un 21%.

Palabras clave: EJB, API REST, ISO 25000, JSF, Angular.

Abstract: The Java EE (Enterprise Edition) platform enables the develop-ment of enterprise software, covering all the layers required by a monolithic application. However, it lacks native reactive functionalities, resulting in reduced performance in delivering information to the end user. This issue impacts users because the information displayed on their screens is likely outdated. This research aims to verify the integration between Java EE (backend platform) and Angular (frontend framework) with the purpose of improving response time for the user. The Design Science Research method is employed as the primary research approach to identify the problem, back-ground, current situation, and objectives of the proposed project. The theo-retical portion includes information about technological platforms and the methodology for the development of the proposed software. A REST ser-vice layer is implemented to provide information from a system used as a case study at the Technical University of the North, referred to as SIAD (In-tegrated System of Teaching Activities). This service is consumed by the Angular web application. Additionally, JSF screens are executed, which consume information provided by EJB components. Finally, both types of web clients (JSF and Angular) are executed, and performance is validated using the ISO/IEC 25010 standard. It can be globally concluded that Angu-lar's reactive components enhance the performance indicator of the comput-er system by 21%.

Keywords: EJB, API REST, ISO 25000, JSF, Angular.

Autor de correspondencia:
Mauricio Rea , mrea@utn.edu.ec

Introducción

Las aplicaciones empresariales manejan grandes cantidades de datos y requieren integración de sistemas distribuidos. Los desarrolladores actuales reconocen la importancia de tener aplicaciones portables, transaccionales y distribuidas, que aprovechen la velocidad, seguridad y confiabilidad del lado del servidor. Estas aplicaciones contienen la lógica empresarial, se gestionan centralmente y se integran con otros sistemas. En la industria de tecnología de la información, se busca diseñar, construir y producir aplicaciones empresariales de forma más eficiente, rápida y con menos recursos [1]. Es importante que reaccionen de manera inmediata a las solicitudes de los usuarios, si bien las aplicaciones de Java Enterprise Edition tienen una arquitectura monolítica consistente, modular y madura [2], no activan automáticamente los métodos de sus componentes ante las actualizaciones de información por parte de los usuarios.

Los métodos de los componentes de JavaEE tienen una baja reactividad ante las modificaciones de datos del usuario, debido a su enfoque clásico, lo que resulta en demoras significativas entre solicitudes. La programación reactiva ofrece ventajas al procesar secuencias, eventos o mensajes [3]. Además, el alto número de usuarios concurrentes y la alta actualización de datos consumen recursos y pueden dejar la vista o el modelo de datos desactualizados. Adicionalmente, los fallos no son manejados de manera apropiada, lo que puede afectar la visualización de la información buscada.

La evolución tecnológica ha generado múltiples herramientas y arquitecturas para el diseño y desarrollo de sistemas y aplicaciones web con mejores resultados y que los modelos monolíticos puedan mejorarse, superando sus limitaciones de escalabilidad y rendimiento [4]. Las arquitecturas de servicios web fomentan la colaboración entre sistemas.

La tecnología API REST requiere de los servicios de un backend [5], facilitando los cambios en cada uno sin afectar su funcionalidad principal. La API REST permite crear nuevas funcionalidades, tanto en la vista de la aplicación como en la capa de servicios, sin afectar su estructura. Además, mejora la experiencia del cliente al recibir información plana y reduce el tiempo de transmisión y el consumo de recursos físicos.

La alta concurrencia de usuarios y por consiguiente la actualización de información, conduce a un alto uso de recursos y la falta de un flujo constante de datos, lo que puede mantener la vista o el modelo de datos desactualizados en ciertos momentos y como consecuencia, los usuarios no podrán visualizar la información buscada.

Es así como, en este trabajo, se toma como caso de estudio un software de planificación académica, mismo que está implementado en la Universidad Técnica del Norte y que ha sido utilizado con fines académicos para el desarrollo de varios proyectos. El software mencionado se denomina SIAD (Sistema Integrado de Actividades Docentes) y está construido sobre una plataforma Java Enterprise, con arquitectura monolítica y con las tecnologías JPA, EJB y JSF. Se plantea realizar la integración entre el backend (JavaEE con componentes EJBs) y a través de un API REST pueda brindar información a una aplicación de tipo frontend desarrollada en la plataforma Angular, y poder determinar una posible optimización y mayor eficiencia. Angular, utilizando la librería RxJS que es una implementación destacada de la programación reactiva en JavaScript, ofrece varias funcionalidades que permiten que el software sea responsivo, elástico y orientado a mensajes [6].

Esto se podrá corroborar mediante la aplicación de la norma ISO/IEC 25010 mediante la subcaracterística de eficiencia de desempeño [7]. Esta norma es parte de un conjunto de normativas que permiten evaluar la calidad del software[8].

Materiales y métodos

Método Design Science Research

Se ha utilizado el método DSR (Design Science Research), el cual brinda los lineamientos para determinar y desarrollar las actividades necesarias para cumplir con el objetivo de investigación [9].

Tabla 1. Diseño de la investigación.

Actividad	Componentes	Sección del artículo
Diagnóstico del problema	Problema, Objetivo.	Introducción, Diseño de la investigación
Fundamento teórico	Arquitectura del software, metodología de desarrollo, ISO/IEC 25000.	Diseño de la investigación.
Diseño de la propuesta: Integración entre aplicación frontend y backend.	Definición de requerimientos, diseño de la arquitectura, implementación.	Diseño de la investigación.
Evaluación	Evaluación del desempeño de los componentes EJBs mediante un API REST.	Resultados.

Fundamentación teórica

Java Platform, Enterprise Edition (Java EE) es la plataforma para desarrollar software empresarial y que es utilizada por una gran comunidad [10]. Se define con aportaciones de expertos, grupos de usuarios de Java, la comunidad de código abierto y organizaciones comerciales. Cada versión presenta nuevas características que mejoran la portabilidad de las aplicaciones y la productividad del desarrollador [11].

JSF es un framework de desarrollo web Java que se centra en los componentes del lado del servidor. Ofrece una manera estandarizada y personalizada de crear interfaces de usuario en aplicaciones web empresariales, reduciendo el tiempo de desarrollo y mantenimiento. Este tipo de aplicaciones se denominan Page-Flow Web Application [12], puesto que son un conjunto de páginas que van interactuando, dependiendo del flujo de navegación proporcionado por las acciones de un controlador frente a las interacciones con los usuarios. Otorga soluciones estándar para problemas comunes como validación, navegación, plantillas y flujos de páginas, todo esto debido a que implementa el patrón de diseño MVC (Model View Controller) [13]. Si bien, este framework es el estándar de facto para desarrollo Java Web, el objetivo de este trabajo es lograr prescindir de la vista y controlador JSF y determinar el desempeño de la capa modelo cuando se integre mediante API REST hacia un frontend. El ciclo de vida de JSF consta de diez fases que procesan una solicitud, desde su recepción en el servidor hasta la generación de una página HTML [14]. Cada fase tiene un objetivo específico dentro del proceso. Es por lo que, se busca una alternativa a este

tipo de procesamiento monolítico para verificar el desempeño de los componentes de modelo.

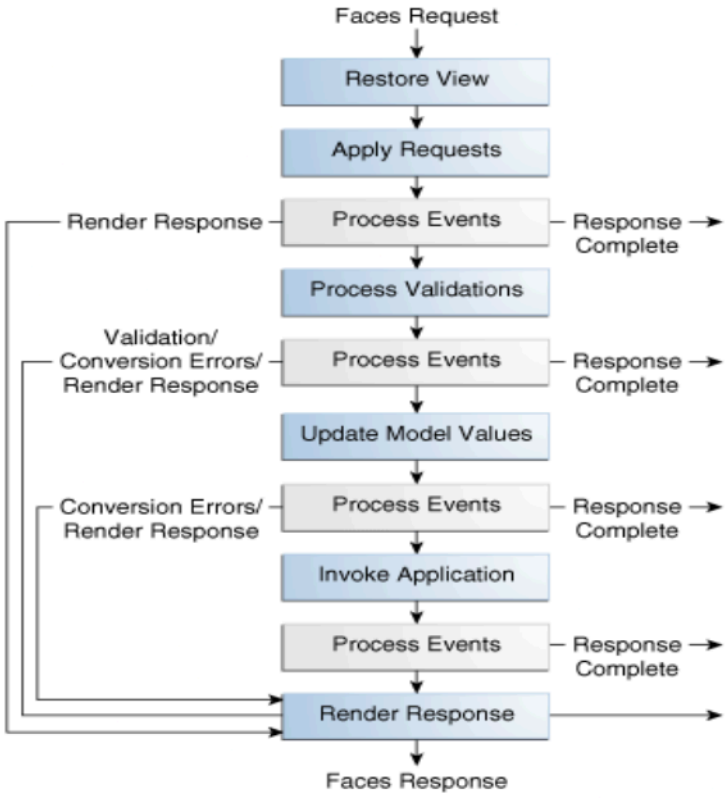


Fig. 1. Ciclo de vida estándar de componentes JSF [14]

La capa model (modelo) sería el conjunto de componentes que harán las funciones de backend, que se encargan de implementar las funciones internas del servidor como tomar datos, procesarlos y enviar la respuesta al usuario [15].

Angular es una plataforma para crear aplicaciones web combinando plantillas declarativas, inyección de dependencia y herramientas integradas. Permite a los desarrolladores crear aplicaciones para web, dispositivos móviles y escritorio. El código de Angular se puede escribir en JavaScript moderno, utilizando inyección de dependencia y decoradores para metadatos [16]. El ciclo de vida de sus componentes es más reducido que el de JSF [17].

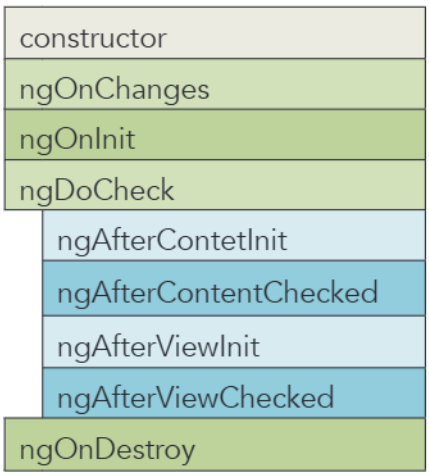


Fig. 2. Ciclo de vida de Angular [17]

La librearía de Angular que permite implementar funciones asíncronas y basadas en eventos es ReactiveX, utilizando secuencias observables [18]. Extiende el patrón observador y proporciona operadores para componer secuencias de manera declarativa. Además, se encarga de manejar consideraciones como subprocesos, sincronización y estructuras de datos concurrentes [19].

La eficiencia de Java EE como de Angular en la ejecución de las pantallas de consulta se evalúa mediante la característica de desempeño de la norma ISO 25010, que abarca el comportamiento temporal, la utilización de recursos y la capacidad. El comportamiento temporal se refiere a los tiempos de respuesta y procesamiento, el uso de recursos se relaciona con las cantidades y tipos de recursos utilizados, y la capacidad se refiere al cumplimiento de los límites máximos de un parámetro [7].

Las métricas de calidad para la característica de eficiencia en el desempeño son [20]:

Tabla 2. Métricas de calidad – Característica eficiencia en el desempeño [20]

Subcaracterística	Métrica	Propósito	Aplicación	Fórmula / Variables
Comportamiento del tiempo	Tiempo de respuesta	Determinar el tiempo para completar una tarea	Tiempo desde que se envía la petición hasta obtener la respuesta	X = B - A A= Tiempo de envío de petición B = Tiempo en captar la primera respuesta
	Tiempo de espera	Determinar el tiempo desde el envío de una petición para que inicie un trabajo, hasta que lo completa	Tiempo cuando se inicia un trabajo y el tiempo en completar el trabajo	X = B - A A= Tiempo de inicio de una actividad B = Tiempo en completar la actividad
	Rendimiento	Número de tareas procesadas por unidad de tiempo	Contar el nro de tareas completadas en un lapso	X = A/T A= Nro de tareas completadas T = Intervalo de tiempo Condición: T > 0
Uso de recursos	Uso de CPU	Determinar el tiempo de CPU usado para completar una tarea	Tomar el tiempo de operación y la cantidad de tiempo de CPU que se usa para realizar una tarea	X = B-A A= La cant. de tiempo de CPU que es usado para realizar una tarea B = Tiempo de operación Condición: B > 0
	Utilización de la memoria	Determinar la memoria usada para completar una tarea	Cant. total de memoria que es usado para realizar una tarea	X = B-A A = Cant. de memoria usada para completar una actividad B = Cant. total de memoria Condición: B > 0

Marco de trabajo SCRUM

Scrum, una metodología ágil, ha ganado popularidad por su enfoque en aumentar la velocidad de desarrollo, fomentar una cultura centrada en el rendimiento y crear valor. Facilita una buena comunicación [21] de los resultados en todos los niveles, mejorando el desarrollo individual y la calidad del tiempo de vida mediante la creación de ciclos breves, llamados "Sprints" [22].

Diseño e implementación de la propuesta

La arquitectura propuesta define una nueva capa de componentes que encapsulan la funcionalidad de la capa modelo, que está conformada por EJBs (Enterprise Java Beans) [23] mediante un API REST. Para que exista la correcta serialización / deserialización de la información, se implementó el patrón de diseño DTO (Data Transfer Object), lo que permite que la información obtenga el formato adecuado para ser transferido mediante HTTP y las operaciones fundamentales REST: POST, PUT, DELETE y GET.

Los webservices REST serán consumidos por la aplicación frontend desarrollada con el framework Angular y, para monitorear el comportamiento en el lado del servidor, se obtendrán datos estadísticos a través de la configuración de la librería Java Melody [24].

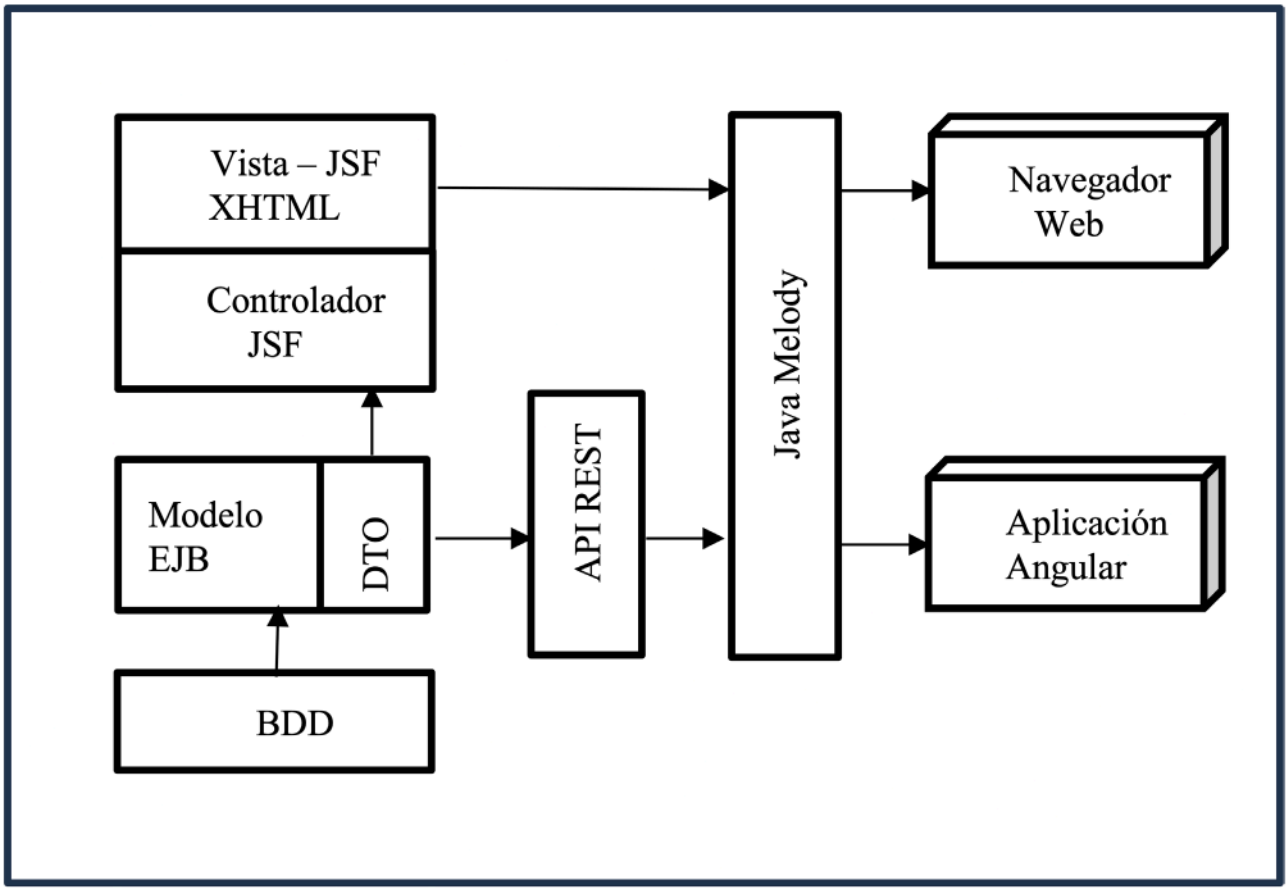


Fig. 3. Arquitectura de la solución propuesta

Resultados

La información obtenida hace referencia a un conjunto de consultas ejecutadas desde el frontend hacia el API REST (operación GET). En general, el consumo de memoria en la ejecución de ambos frontends fue de 230 Mb a 271 Mb, con un promedio de 248Mb y en el uso de procesador, un resultado de entre 595 ms a 2437 ms con un promedio de 942 ms.

Tiempos de respuesta

Para esta métrica, se determina el tiempo para completar una actividad, desde que se envía la petición hasta tener la respuesta:

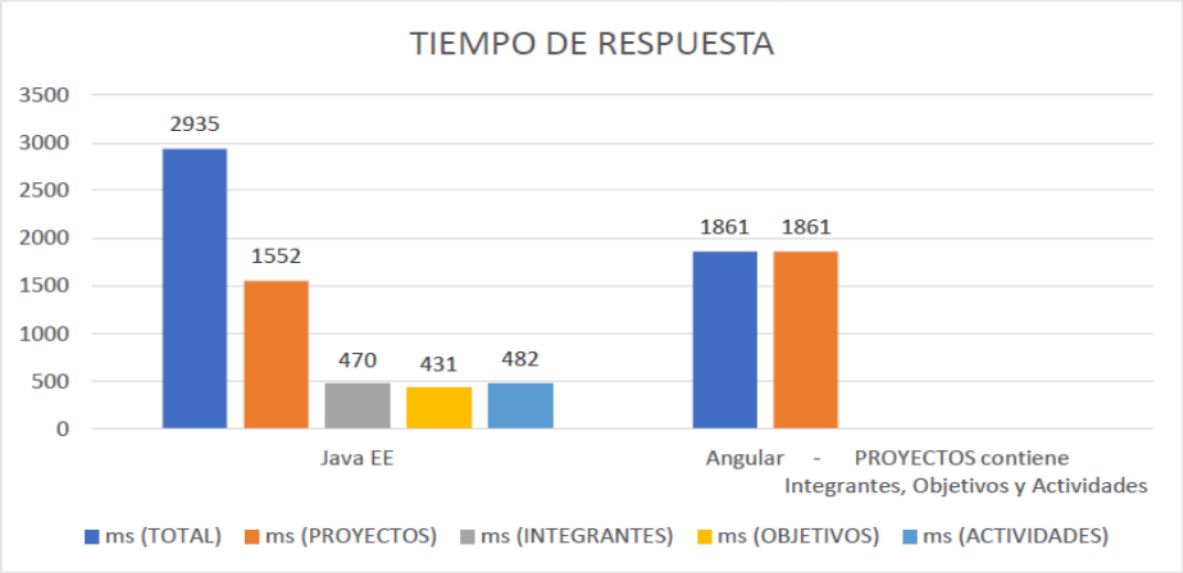


Fig. 4. Comparación tiempo de respuesta cliente JSF vs cliente Angular

Se puede apreciar que, la consulta con componentes clásicos de JSF hacia los métodos de los EJBs toma más tiempo en la sumatoria total. El proceso de transferencia de información es secuencial (no pueden generarse hilos concurrentes de consulta) y se transmiten datos de las entidades: proyectos, integrantes, objetivos y actividades. En cambio, al realizar las mismas consultas desde el frontal Angular, y aprovechando la definición de los componentes DTO, se hace una sola transferencia con toda la información requerida, lo que es óptimo y se ejecuta en un tiempo menor. Esto podría darnos una idea de nuevos paradigmas como GraphQL[25], que determinan un comportamiento parecido en el intercambio consolidado de información.

Rendimiento

En cuanto a la cantidad de unidades de información que procesa el sistema en un período de tiempo se tiene el siguiente resultado:

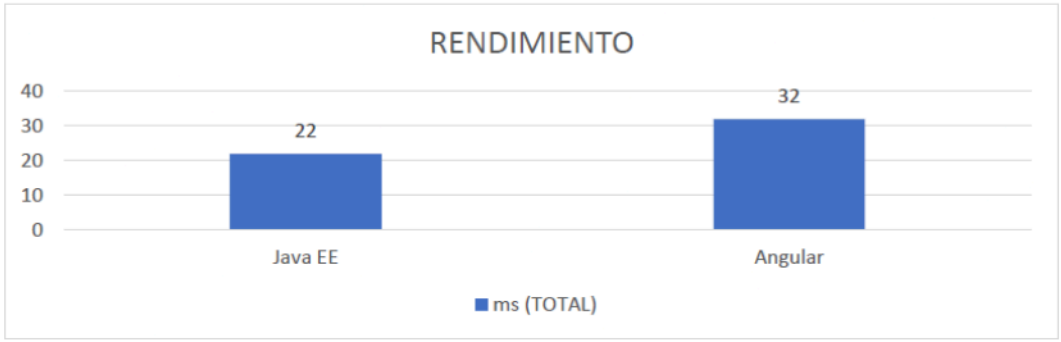


Fig. 5. Comparación de rendimiento

Considerando un mismo período de tiempo, el número de tareas ejecutadas con el frontend Angular es mayor que las completadas en el sistema web JSF.

Utilización de CPU

En esta métrica se determina la cantidad de milisegundos (ms) para completar una misma tarea. Se tiene el siguiente resultado:

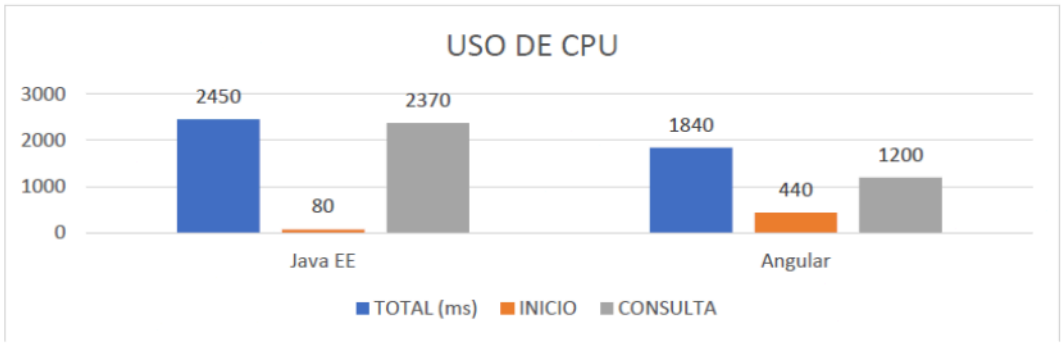


Fig. 6. Comparación en el uso de procesador

El tiempo requerido para completar una solicitud desde el frontal Angular resulta ser más rápido que una misma solicitud desde JSF.

Uso de memoria

Esto se cuantifica en megabytes (Mb) y es el espacio de almacenamiento RAM requerido para realizar una tarea:

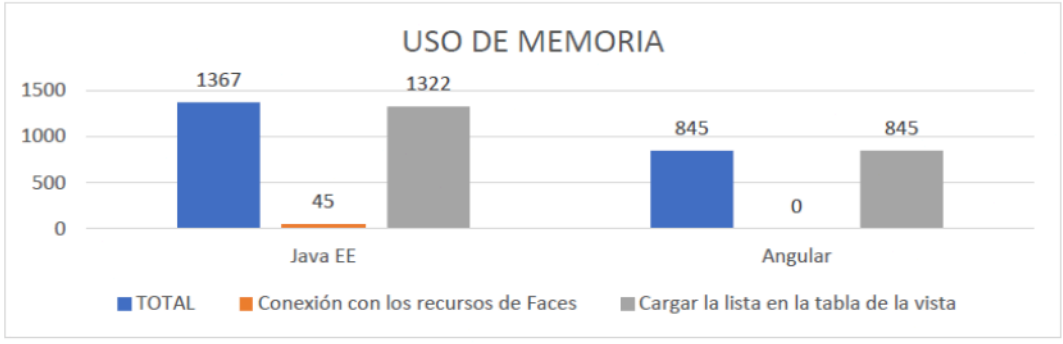


Fig. 7. Comparación del uso de memoria.

Angular utiliza menos memoria para la presentación de información en comparación con JavaEE, puesto que este último necesita conectarse a recursos adicionales para la renderización de contenidos con los componentes Java Server Faces.

Capacidad

Se determina la cantidad de peticiones en línea (online).

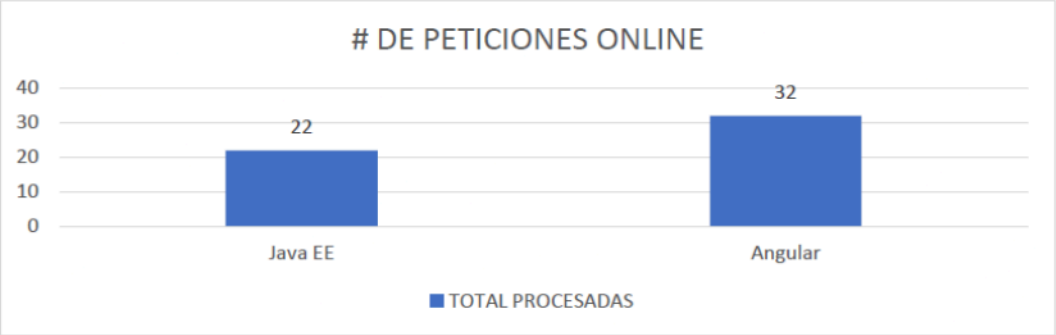


Fig. 8. Comparación de número de peticiones en línea

En la misma unidad de tiempo, el cliente Angular permite lanzar un mayor número de peticiones online. Esto se determina mediante el análisis del comportamiento en el lado del servidor al responder a dichas peticiones.

3.6 Validación de resultados

Se evaluaron las funciones de consulta y presentación de datos de las estructuras correspondientes a "proyectos", utilizando el estándar ISO/IEC 25023:2016, que proporciona medidas de calidad del software en una escala de 1 a 10. Para demostrar el grado de satisfacción, se consideraron los niveles de puntuación propuestos por la Norma ISO/IEC 25040.

Tabla 3. Escala de medición ISO 25040

Escala de medición	Niveles de puntuación	Grado de satisfacción
8,00 – 10,00	Cumple con los requisitos	Muy satisfactorio
5,00 – 7,95	Aceptable	Satisfactorio
1,00 – 4,95	Inaceptable	Insatisfactorio

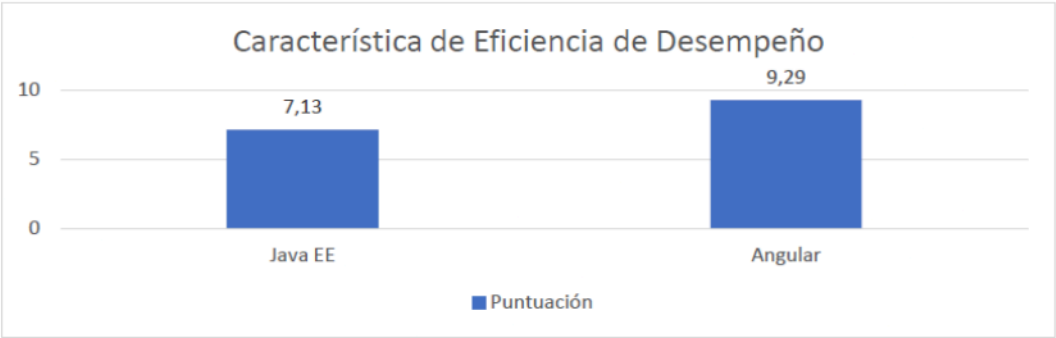


Fig. 9. Comparativa de puntuación JavaEE vs Angular

El detalle de la puntuación obtenida tanto por los componentes Java EE (JSF) como por los componentes Angular se presenta a continuación:

Tabla 4. Eficiencia en el desempeño: caso Java EE

Sub característica	Métrica	Variables		Valor Obtenido	Valor métrica / 10	Final subcaracterística	Total característica
		A	B	X			
Comportamiento del tiempo	Tiempo de respuesta	0	2.9350	2.94	7.07	7.16	7.13
	Tiempo de espera	0.0030	2.9250	2.92	7.08		
	Rendimiento	22		7.33	7.33		
Uso de recursos	Uso de CPU	0.0181	2.4500	2.43	7.57	6.90	
	Uso de memoria	45.00	1322.00	1277.00	6.23		
Capacidad	Número de peticiones online	22		7.33	7.33	7.33	

Tabla 5. Eficiencia en el desempeño: caso Angular

Sub característica Métrica Variables Valor Obtenido Valor métrica / 10 Final subcaracterística Total característica

Sub característica	Métrica	Variables		Valor Obtenido	Valor métrica / 10	Final subcaracterística	Total característica
		A	B	X			
Comportamiento del tiempo	Tiempo de respuesta	0	1.8610	1.86	8.14	8.77	9.29
	Tiempo de espera	0.0030	1.8270	1.82	8.18		
	Rendimiento	32		10.67	10		
Uso de recursos	Uso de CPU	0.0181	1.8500	1.83	8.17	9.08	
	Uso de memoria	0.00	845.00	845.00	10.00		
Capacidad	Número de peticiones online	32		10.67	10.00	10.00	

Discusión

Si bien el stack JPA-EJB-JSF presenta madurez, portabilidad, alta disponibilidad y una simplificación en el desarrollo [26], fue necesario investigar nuevas estrategias que mejoren el rendimiento de la combinación de tecnologías mencionadas, aunque eso implique algún cambio en la arquitectura de componentes. La alternativa JPA-Spring-JSF implica que no se usen componentes EJB [27], por ello, no se la ha considerado para esta investigación.

Ambos frameworks, JSF y Angular, responden a la estrategia de manejo de objetos mediante peticiones-respuestas y pueden integrarse a la capa de los servicios que prestan los componentes de backend denominados Enterprise Java Beans. Otros trabajos hacen el análisis frente a un segundo backend como puede ser Laravel, Spring [28], Python, Nodejs [29] o .NET [30], pero, existen restricciones empresariales donde no se puede cambiar el backend, sino que se debe reutilizar, en este caso se representa por los EJBs.

Un framework java que no se ha considerado en este estudio es JavaFX. Si bien este conjunto de componentes soporta la integración con API REST, sus aplicaciones se direccionan hacia una arquitectura de aplicaciones de escritorio [31]. El interés principal en este estudio son las plataformas web, tanto en la integración como en los frontends.

Conclusiones

Se pudo evidenciar que el framework Angular determina un mejor desempeño en el acceso a la capa de servicios que encapsula el funcionamiento de los EJBs. Esto básicamente queda definido por el tipo de aplicación SPA (Single Page Application) que genera Angular y que se procesa en un entorno de ejecución separado del backend. Para lograr un mejor rendimiento en las aplicaciones de tipo Page-Flow Web Application, se debe considerar cambiar alguno de los siguientes aspectos (específicamente en el uso de JSF): utilizar Beans de tipo @RequestScoped o @ApplicationScoped, lo cual mejorará el rendimiento en tiempo y uso de memoria, pero, implica un posible rediseño en la navegación de las páginas. No se recomienda @ViewScoped porque esta anotación quedará en desuso en la nueva especificación Jakarta EE.

Otra mejora que puede establecerse es un mayor uso del componente <f:ajax> de JSF, de manera que exista una comunicación más granular y exista una menor transferencia de bloques de datos entre el cliente web y el servidor [32].

Si bien podría pensarse en cambiar todo el framework JSF y migrar hacia JSP (Java Server Page), tendría que hacerse un análisis minucioso de las ventajas / desventajas que pueden suscitarse, puesto que JSP determina un mayor tiempo en el diseño e implementación de las páginas web.

Un punto adicional a considerar es que, las páginas web desarrolladas con JSF suelen ser más atractivas al usuario, debido a que usualmente se adiciona la capa de componentes ricos de Primefaces, que le da más usabilidad y mejora la experiencia del usuario, pero significa una carga adicional de procesamiento, lo que disminuye el rendimiento.

Referencias

1. Oracle, The Jakarta® EE Tutorial. Accedido: 1 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://eclipse-ee4j.github.io/jakartaee-tutorial/

2. A. C. Nieto Lemus, Arquitectura por componentes jee, un caso práctico, Gerencia Tecnológica Informática, vol. 14, n.o 38, p. 1, 2015.

3. F. Myter, C. Scholliers, y W. De Meuter, Distributed reactive programming for reactive distributed systems, arXiv preprint arXiv:1902.00524, 2019.

4. A. Quiña-Mera, D. Flores Landeta, X. M. Rea-Peñafiel, y C. Guevara-Vega, Quality Evaluation of a Spring Cloud Microservices Architecture Implementation, en Communication, Smart Technologies and Innovation for Society: Proceedings of CITIS 2021, Springer, 2022, pp. 745-754.

5. B. Văduva y H. Vălean, Designing a Low-Code CRUD framework, Carpathian Journal of Electronic and Computer Engineering, vol. 14, n.o 1, pp. 11-19, ago. 2021, doi: 10.2478/cjece-2021-0003.

6. J. Bonér, D. Farley, Kuhn, y M. Thompson, El Manifiesto de Sistemas Reactivos. Accedido: 2 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.reactivemanifesto.org/es

7. ISO 25010, ISO 25010. Accedido: 2 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010

8. E. A. Balseca Chisaguano, Evaluación de calidad de productos de software en empresas de desarrollo de software aplicando la norma ISO/IEC 25000, bachelorThesis, Quito, 2015., 2014. Accedido: 21 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9113

9. O. Díaz, J. P. Contell, y J. R. Venable, Strategic Reading in Design Science: Let Root-Cause Analysis Guide Your Readings, en Designing the Digital Transfor-mation, A. Maedche, J. vom Brocke, y A. Hevner, Eds., en Lecture Notes in Com-puter Science. Cham: Springer International Publishing, 2017, pp. 231-246. doi: 10.1007/978-3-319-59144-5_14.

10. N. E. Pilco Guachi, Desarrollo de una aplicación web para el control académico de la Escuela de Educación Básica "Capullitos" aplicando la norma ISO/IEC 9126-2 para determinar el nivel de usabilidad., bachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2018. Accedido: 21 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/9274

11. L. Saeed, What Is Java EE?, en Introducing Jakarta EE CDI: Contexts and Dependency Injection for Enterprise Java Development, L. Saeed, Ed., Berkeley, CA: Apress, 2020, pp. 1-2. doi: 10.1007/978-1-4842-5642-8_1.

12. P. Späth, Building Page-Flow Web Applications with JSF, en Beginning Jakarta EE: Enterprise Edition for Java: From Novice to Professional, P. Späth, Ed., Berkeley, CA: Apress, 2019, pp. 53-132. doi: 10.1007/978-1-4842-5079-2_4.

13. J. Juneau, The Basics of JavaServer Faces, en Java EE 8 Recipes: A Problem-Solution Approach, J. Juneau, Ed., Berkeley, CA: Apress, 2018, pp. 103-189. doi: 10.1007/978-1-4842-3594-2_3.

14. Oracle Inc., The Lifecycle of a JavaServer Faces Application. Accedido: 2 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://javaee.github.io/tutorial/jsf-intro007.html#BNAQQ

15. F. Tapia, M. Á. Mora, W. Fuertes, H. Aules, E. Flores, y T. Toulkeridis, From Monolithic Systems to Microservices: A Comparative Study of Performance, Applied Sciences, vol. 10, n.o 17, Art. n.o 17, ene. 2020, doi: 10.3390/app10175797.

16. Google Inc., Angular - What is Angular? Accedido: 2 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://angular.io/guide/what-is-angular

17. Google Inc., Angular lifecycle hook. Accedido: 2 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://v2.angular.io/docs/ts/latest/guide/lifecycle-hooks.html

18. ReactiveXb, ReactiveX - Observable. Accedido: 2 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://reactivex.io/documentation/observable.html

19. ReactiveX, ReactiveX - Intro. Accedido: 2 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://reactivex.io/intro.html

20. T. N. Vaca Sierra, Modelo de calidad de software aplicado al módulo de talento humano del sistema informático integrado universitario – UTN, masterThesis, 2017. Accedido: 20 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7457

21. B. Arias y O. Alvear, Análisis del resultado de la implementación de SCRUM, LEAN Y BSC en el proceso de desarrollo de software en la industria del Retail, Revista Perspectivas, vol. 4, n.o 1, Art. n.o 1, feb. 2022, doi: 10.47187/perspectivas.4.1.116.

22. K. S. & J. Sutherland, La Guía Definitiva de Scrum: Las Reglas del Juego, nov. 2020, Accedido: 19 de septiembre de 2023. [En línea]. Disponible en: https://repositorio.uvm.edu.ve/handle/123456789/59

23. Oracle Inc.b, Java EE APIs. Accedido: 2 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://javaee.github.io/tutorial/overview008.html#BNACL

24. E. Vernat, Home · javamelody/javamelody Wiki · GitHub. Accedido: 2 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://github.com/javamelody/javamelody/wiki

25. A. Quiña-Mera, C. Guevara-Vega, J. Caiza, J. Mise, y P. Landeta, REST, GraphQL, and GraphQL Wrapper APIs Evaluation. A Computational Laboratory Experiment, en Proceedings of International Conference on Information Technology and Applications, S. Anwar, A. Ullah, Á. Rocha, y M. J. Sousa, Eds., en Lecture Notes in Networks and Systems. Singapore: Springer Nature, 2023, pp. 397-407. doi: 10.1007/978-981-19-9331-2_34.

26. F. Pech-May, M. A. Gomez-Rodriguez, y S. U. Lara-Jeronimo, Desarrollo de Aplicaciones web con JPA, EJB, JSF y PrimeFaces, 2012.

27. C. Heredia, Integración de Spring, Hibernate y JSF en el desarrollo de aplicaciones web. Accedido: 3 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://oa.upm.es/38692/

28. S. M. Mafla Flores, Comparativa de los frameworks angular y primefaces para el desarrollo del aplicativo control de materia prima en la empresa Mastercubox S.A., utilizando la metodología Scrum, bachelorThesis, 2019. Accedido: 3 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9017

29. M. A. Khan, S. Gairola, B. Jha, y P. Praveen, Smart Computing: Proceedings of the 1st International Conference on Smart Machine Intelligence and Real-Time Com-puting (SmartCom 2020), 26-27 June 2020, Pauri, Garhwal, Uttarakhand, India. CRC Press, 2021.

30. J. Cincovic, S. Delcev, y D. Draskovic, Architecture of web applications based on Angular Framework: A Case Study, 2019.

31. J. Ortega, Extensión de una aplicación web destinada al for- talecimiento de clubes escolares matemáticos integrando JavaFX2 y JavaEE6 con servicios web basados en REST, 2013. Accedido: 3 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://core.ac.uk/download/pdf/71419433.pdf

32. P. Späth, Building Single-Page Web Applications with REST and JSON, en Beginning Jakarta EE: Enterprise Edition for Java: From Novice to Professional, P. Späth, Ed., Berkeley, CA: Apress, 2019, pp. 133-163. doi: 10.1007/978-1-4842-5079-2_5.

VOL. 5 Nº2- 2023

IBARRA - ECUADOR

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Innovation & Development in Engineering and Applied Science

IDEAS

Artificial Intelligence Challenges - Autonomous cars: A brief review

http://doi.org/10.53358/ideas.v5i2.912

[1]Bryan Narváez, [1]Michael Irua, [1]Zhara Monteros,[1]Ana Umaquinga, [1]Jaime Michilena, [2]Galo Hurtado

[1]Universidad Técnica del Norte

[2]Instituto Tecnológico Particular Sudamericano Cuenca

Fecha de envío, junio 12/2023 - Fecha de aceptación, septiembre 26/2023 - Fecha de publicación, septiembre 28/2023

Abstract: This documentary-descriptive research aims to explore the advancement of artificial intelligence (AI) in self-driving vehicles and its impact on the benefit of society. While it is undeniable that self-driving vehicles have practically become a technological reality in the field of computing, both at present and in the foreseeable future. However, several apparent problematic aspects need to be addressed in terms of legislation, as autonomous cars are set to become an integral part of everyday life. Therefore, this research examines through a literature review the significant advances and efforts devoted to software design in this area of study focused on the operation of autonomous vehicles in urban environments and their ability to circumvent city obstacles as well as challenges to unforeseen eventualities.

Key words: Self-driving cars, Challenges, Decision-making, Safety and reliability, Human-machine interaction

Resumen: Esta investigación documental-descriptiva pretende explorar el avance de la inteligencia artificial (IA) en los vehículos autoconducidos y su repercusión en beneficio de la sociedad. Si bien es innegable que los vehículos autoconducidos se han convertido prácticamente en una realidad tecnológica en el campo de la informática, tanto en la actualidad como en un futuro previsible. Sin embargo, es necesario abordar varios aspectos aparentemente problemáticos en términos de legislación, ya que los coches autónomos están llamados a convertirse en parte integrante de la vida cotidiana. Por ello, esta investigación examina mediante una revisión bibliográfica los importantes avances y esfuerzos dedicados al diseño de software en este ámbito de estudio centrado en el funcionamiento de los vehículos autónomos en entornos urbanos y su capacidad para sortear los obstáculos de la ciudad, así como los retos ante eventualidades imprevistas.

Palabras clave: Coches autoconducidos, Retos, Toma de decisiones, Seguridad y fiabilidad, Interacción persona-máquina.

Autor de correspondencia:

Ana Umaquinga, acumaquinga@utn.edu.ec

[1]Bryan Narváez, [1]Michael Irua, [1]Zhara Monteros, [1]Ana Umaquinga, [1]Jaime Michilena, [2]Galo Hurtado
[1]{bonarvaezt, mairuar, zjmonterosb, acumaquinga, jrmichilena}@utn.edu.ec, [2]gphurtado@sudamericano.edu.ec

Introduccion

Autonomous vehicles are being developed to find a solution to issues caused by human drivers. Seventy-five percent of road accidents are caused by human errors and casualties exceed a million per year. Because of traffic jams in highways there has been an increase in air pollution and greenhouse gases. On the other hand, putting self-driving vehicles on the roads would be a feasible solution. However, self-driving cars should prove that their driving operation-skills are far safer than the driving performed by human drivers [1].

As artificial intelligence (IA) continues to evolve, we seem to depend on it more each time affecting the functioning of society. For instance, in 2018 there was an automobile accident in Arizona caused by an autonomous car because of a system fault. Since there are no policy guidelines dealing with AI, legal and ethical issues raised leading experts to take action regarding the classification of artificial intelligence as a legal entity entitled to liability, in other words it is subject to rights and obligations under the Law [2].

Furthermore, the Society of Automotive Engineers (SAE) has established a classification system consisting of six levels of automation for self-driving cars, ranging from level 0, indicating no automation, to level 5, representing complete automation. Currently, the autonomous cars that have been introduced to society fall into the category of partial autonomy, as they still require driver supervision to take control in emergency situations.

The autonomous vehicle research area is aiming for full automation, which implies continuous advances in both software and hardware. Consequently, specific electronic devices, such as Camera Monitoring Systems (CMS), are being developed to replace traditional side-view mirrors. These CMSs, integrated in Advanced Driving Assistance Systems (ADAS), are based on video sensors and multipurpose cameras capable of detecting various elements, such as lanes, signs, other vehicles, cyclists, and pedestrians [3].

Initially conducting a comprehensive risk analysis is a difficult as well as challenging task due to the presence of software and/or hardware defects that can affect the driving of automobiles making them to a greater or lesser degree unacceptable or risky for society. However, nowadays, with the advancement of technology, several methods of software improvement are being developed in this area of interest. One such method involves the application of system detection algorithms aimed at identifying and rectifying software defects, ultimately leading to their improvement. In addition, the integration of fast decision-making algorithms capable of effectively managing dangerous driving situations is being studied [4]. These algorithms operate intelligently, without compromising performance, enabling autonomous vehicles to make real-time decisions in complex environments. The result is the creation of a "true consciousness," in which vehicles act in accordance with socially acceptable values and norms [5].

In the development of this research work, implemented materials and methods for bibliographical search will be explained, followed by results and discussion where ethical and legal issues are raised in the event of autonomous vehicles claims will be discussed. Lastly, the perfecting of hardware security systems and software systems advancements focused on robot-automation will be explained.

Research Methodology

The methodology employed in this article is based on a "Short Review" approach specifically designed to provide a first approach and a general introductory overview in the field of autonomous vehicles. The main objective is to offer an introductory and accessible approach for the academic, business, and scientific community entering this field. This methodology is optimally suited to effectively present key concepts, recent developments, and inherent challenges in autonomous vehicle technology. This approach is characterized by its simplicity and clarity, allowing readers to quickly and comprehensibly delve into a constantly evolving field of study.

The search equation was performed by Scopus database between January 3rd 2022 and January 16th 2022. First, articles selected with the greatest impact found in quartiles Q1 and Q2, then the search for magazine reviews and journal articles published in the last 10 years that included the following key words. In Fig 1, the process for selecting the articles that make up the study is described.

Search equation

(TITLE-ABS-KEY ("artificial intelligence") AND TITLE-ABS- KEY "autonomous cars")) AND (LIMIT- TO (PUBYEAR , 2022) OR LIMIT- TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT- TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT- TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT- TO (PUBYEAR , 2018) OR LIMIT- TO (PUBYEAR , 2017) OR LIMIT- TO (PUBYEAR , 2016) OR LIMIT- TO (PUBYEAR , 2015) OR LIMIT- TO (PUBYEAR , 2014)) AND (LIMIT- TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "re"))

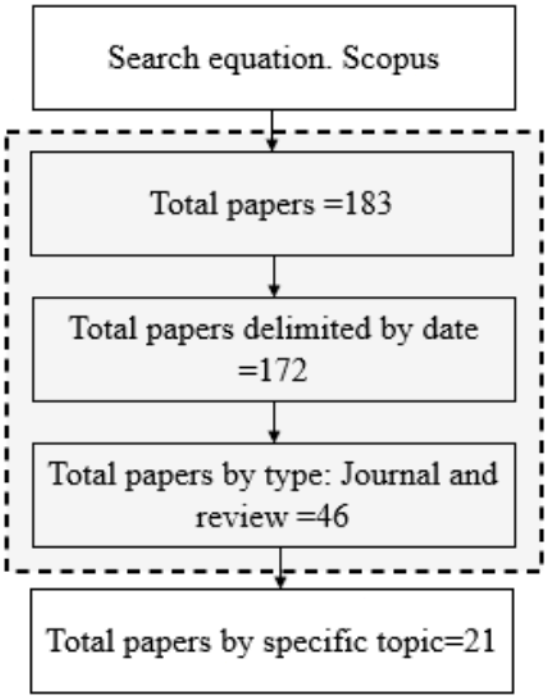


Fig. 1. Search Process

Results and Discussion

Ethical-legal conflicts in the event of autonomous car claims

Artificial intelligence advancements are progressing rapidly and are being applied in various aspects of our daily lives, but they are also having societal implications. One significant concern that needs to be addressed is the issue of road accidents caused by autonomous vehicles. These incidents have prompted experts in the field to evaluate the accountability of AI, leading to discussions on whether AI should be recognized as a legal entity [6].

In most cases, it would be ideal that, in any situation there was a direct and total link between autonomous vehicles and artificial intelligence so AI may be considered a legal entity thus it could face independent liability in any claim raised.

The research of [7], describes that the current circulation of autonomous vehicles is minimal, even in very advanced cities, despite the lack of awareness of citizens regarding their presence on the streets. The author insists on the importance of acting with caution in the face of any unforeseen event or eventuality. From the legislative point of view, the author raises a crucial question that requires a thorough analysis: "Who would be liable in the event of a car accident?

On the other hand, the author [8] mentions that if an artificial intelligence -driven vehicle encounters an inevitable eventuality, software must be responsible for making the most accurate decision so as to mitigate the damage as dimly as possible considering that human beings exercise ample discretion and evidently the possibility that they come to a total agreement is dim in other words, regardless of the decision made by the software program, the "machine" would always be at fault.

Manufacturer companies of such vehicles have made a proposal stating that future autonomous vehicle owners sign a waiver in which they explain that, as direct manufacturers and vehicle assemblers of both material and IT systems, they will not be liable for the vehicle's complex software decision-making process upon the occurrence of any adversity.

A further point is that autonomous cars may cause far more serious damage despite not being driven by a driver. Although it is believed that with the aid of artificial intelligence mishaps could be prevented, but the truth is they are not free of liability regarding any malfunction, the author commented [9].

"What would happen to the pleasure of driving a conventional vehicle?", the author raised the question [10]. Conventional vehicles that really need to have a driver will always be around, despite the latest competent advancements in technology nowadays, since autonomous vehicles are not liked or accepted by just everyone. As some would prefer a semi-autonomous vehicle in which they feel satisfied experiencing manual driving. It is important to mention the rapid modernization in automated processes, the emergence of assisted vehicles with remarkable features, which offer greater safety, lower environmental impact, and greater reliability in long-distance travel. However, it is important to recognize that the presence of human drivers is still necessary despite these previously listed advances.

According to the author [11] who states that self-driving cars will have become true reality between five and ten years so one of the crucial objectives of this technology is to avoid individual's interference in self-driving operations of such vehicles since, thanks to the

innovative software they possess, there is a certain decision-making freedom that the surrounding environment provides. Although some vehicles are already circulating in the streets running operation tests in everyday life, it is true that they have avoided accidents because of specific technical failures, are not exempt of fatal accidents.

The author [12] tells us that certain traffic regulations do not include in the slightest way the mention of technology, since it is a proven fact that in most countries, regulation states that vehicles must be exclusively driven by a person who has and keeps in control of the vehicle in case of any possible occurrence.

Evidently, there has not been an adaptation by laws and regulations around the world, however, it would be beneficial that in a few years the update of suitable traffic regulations is considered.

Consequently, with respect to artificial intelligence in situations where more than one vehicle is included or a simple "accident" happens, it won't always be avoidable, either by a person or by the car's automation system so the accident can simply just happen, although it is worth noting that the author emphasizes [13] that "even then, autonomous cars are and will be superior to those driven by the common individual".

After having said that, there are far more questions such as at what moment is a self-driving vehicle able to differentiate between which life is more important to save either the passenger's or outsiders? The author [14] explains that the automobile is able to sacrifice itself for anyone. However, taking into account the contrasting affectations that may occur, there is no way of knowing what may happen to the people it decided to save at first, therefore a safe conclusion to state is that regardless the decision the car makes, it must be based on prioritizing passengers lives.

Hardware Systems— Perfectioning Safety

In view of recent surveys which refer to a high percentage of road accidents and an increase in irresponsibility when driving vehicles by their owners, he mentions that [1]: "Highway accidents happen so frequently that are now considered part of our daily life. However, the fact that the number of fatal accidents around the world should not be overlooked".

For this purpose, a mechanism able to prevent such mishaps should be developed. Modern automobiles are equipped with Camera Monitoring Systems (CMS) such as a back-up camera or a side view mirror replacement. "It is expected that these systems work in the most optimum way to achieve greater safety levels" –Automotive Safety Integral Level (ASIL)"[3], At present, with a safety purpose in mind, automation mechanisms should be implemented as an effective solution for the issue in question, as mentioned in [1] "Safety systems are unsafe until features are thoroughly tested and proven to be in line with reference quality standards such as ISO 26262."

In [15] describe in the future, cars are expected to be driven by an autopilot and auxiliary sensors to control the car based on directional changes, signaling and emergency situations, resulting in more reliable autonomous vehicles. However, the effectiveness of these sensors in detecting nearby objects to avoid collisions is still unclear. Therefore, real-time object detection is crucial to improve the safety and efficiency of autonomous cars.

However, not everything is so straightforward, as [9] highlights the evolution of proximity

algorithms that increase driver comfort and improve safety, as well as SAE level 2 automation to enable lateral control, also poses challenges. Object detection in frame-by-frame video transmission can be particularly challenging, as even a millisecond delay could result in a collision.

The use of Open CV determining the form analysis to find the size of the object of interest and object-detection. At the same time, nothing has worked one hundred percent since, recently promising vehicles displayed a number of errors; [9] High-profile accidents such as the Tesla -S Model fatality, it is clear that more work is required to improve user safety and acceptance.

Autonomous vehicles have great capacity and adequation for improved operationality as well as location tools, being the latter the most crucial for real-time location as stated by [15]" Real-time video-object-detection plays a decisive role in autonomous vehicles and other applications that help improve the vehicle's efficiency" since without GPS assistance, there would be not concept of time-space in line with real-time location. Therefore, renown brand names like Tesla Motors showed an interest for and applied a PCM to the Tesla collision to demonstrate how reliable automatic-pilot scope became a contributing factor" [9] All it takes is the adaptation and GPS improvement along with auto-pilot automation so that auto-pilot does not identify the algorithm as a glitch when driving takes place

As years go by, the future moves forward due to the advent of new automotive industries and the joining of mechanics with automation. Autonomous cars have been created along with a variety of benefits and ultimate safety systems as driving takes place, implementing algorithms systems as in the case of [15];" As a consequence, uses object-detection algorithms to perform operations like highway lane, pedestrian, traffic sign-detection and decision-making processes. "Object-detection technology may also be used in surveillance video and image-processing" Therefore, we may have an enhanced driving experience with autonomous vehicles, road trips will become faster and safer not to mention that these models make reference to sensor adaptation in each vehicle model, focusing on every carefully programed detail so that all sensor types work harmoniously taking control of the vehicle according to steering, brake, management and emergency systems [15].

Software systems advances focused on robot automation.

The first method described deals with robotic systems able to analyze and make decisions with an immediate response system. For the development of such system a feature that must be considered is "reasonable behavior" found in intelligent robots. Therefore, in order to achieve such behavior, the use of an approach called "hybrid paradigm" was recommended [15].

Until now, there are 3 classic paradigms known—hierarchical, reactive and hybrid. Their pre-determined functions sense or receive information, then with the same acquired information do the planning process and finally determine how to act or perform these actions [16].

Hierarchical paradigm approach was one of the first ones developed performing commands from "higher to lower" or "up-down" information structure as decision-making processes take place. First, the robotic system senses information, then planning begins, finally the robot takes action. This approach develops high-level decisions, notwithstanding it had some issues since the decision-making process took long to get answers by the robotic system thus the reactive paradigm surfaced. This approach performs actions based

on sensory signals excluding the planning phase, that is to say a "perception-action" is performed apt for low-level decision-making. However, this paradigm is unsuitable for the making of global decisions.

Hence, to achieve an immediate response in decision-making, a combination of low-level reactive methods and algorithms was applied creating a new approach called hybrid-paradigm which combines performance of the first two approaches. To clarify, in the first step the planning phase is performed then, actions are carried out in line with the reactive paradigm.

That is the reason why hybrid system is the most appropriate to manage control systems, but there is an issue. The search for logic to not only find reliable responses, but also to realize certain solutions.

The author [17] defines the following steps to detect software malfunction:

1. Define the scope of the analysis by identifying interactions, unexpected actions, and software failures.

2. Decompose the software and create a functional model based on inputs, outputs, and associated conditions.

3. Identify and evaluate functional failure modes, categorizing them into different types.

4. Analyze the interaction of functional failure modes with external software interfaces.

5. Incorporate the detected failures into a comprehensive analysis to determine risk levels.

6. Provide suggestions for improving the software to optimize its performance.

Line-following robots can be used in some industrial logistics applications such as heavy material transport and the agricultural sector. Due to environmental instability, several techniques for the operation of line-following robots have been developed using intelligent control mechanisms. In such practice, the author [18] implement Convolutional neuronal networks (CNN) on autonomous vehicles, as well as a Proportional Integral Derivative algorithm (PID) used by most applications requiring movement.

In order to implement these techniques, the following parts are required: Raspberry Pi camera module is a compact and lightweight camera that organizes image processing in "jpg" format. HC-SR04 ultrasonic sensor that uses a sonar to determine the distance from itself to a high -precision non-contact range-detection object. Raspberry Pi is a low-cost single board computer the size of a credit card and a four-64 bit-Core processor a1,2 GHz, 1 GB RAM, Wi-fi and Bluetooth 4.1. Engine controller L298N used to drive the pair of CC engines.

Once assembled, tests run was performed. The author [18] designed a CNN controller based on PID, meaning a neuronal network controller that analyzes 2D data like PID based images and video, regulating speed according to motor measurements.

A line was drawn on the floor and according to robot movements captured images a ±4 error margin was delivered. Explanation: A zero error-value means the robot is accurately

positioned in the center of the image while a positive error value means the robot deviated to the left. Negative error-value means the robot deviated to the right. An advantage of this particular design is that once the error margin has been extracted, PID controller is modified so the right or left motor speed is regulated thus error margin equals zero.

There are many algorithm systems designed with the purpose of perfecting software so that robot-automation can be a reality in the future. A few processes for algorithm development have been explained aiming to select which process would be most adequate to implement on autonomous vehicles. According to the author's opinion, software failure-detection process seems like a feasible solution to make strides in self-driving vehicles since the author [17], mentions that the failure-detection emanates from both software and hardware in other words, algorithm failure is examined along with its spreading to the entire system, therefore by correcting those failures the first time, the spreading will not happen a second time.

We could even implement the Rapid Response Algorithm method developed by the author [19], to prevent road accidents helping the autonomous vehicle make decisions in a short time obtaining almost an immediate response. The Mobil Robot method is particularly focused on other types of machines, for this reason it is not feasible for autonomous cars driven on highways.

Below is the trend of interest in the main items addressed in this study, see Fig 2, which identifies the interest in this area of research.

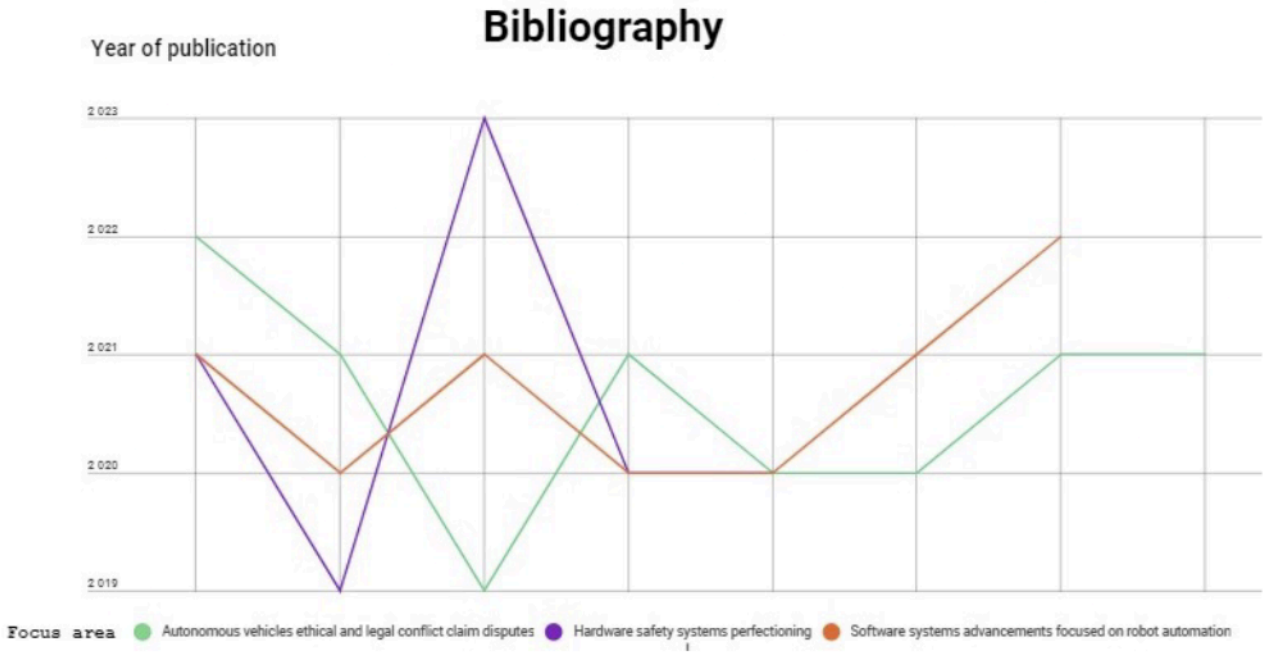


Fig 2. Trend analysis of interest in the study's themes

Finally, a summary is presented by author in the 3 topics addressed in the research in order to provide a summary of the previously presented detailed in Table 1.

Table 1. Journal articles by area of interest.

Focus areas	Bibliography
Autonomous vehicles ethical and legal conflict claim disputes	[10] [7] [11] [12] [9] [8] [6] [14] [13]
Hardware safety systems perfectioning	3] [15] [5] [9]
Software systems advancements focused on robot automation	18][16][15][20][17][19][21]

Conclusions

In conclusion, it is evident that society is not adequately prepared to deal with incidents related to vehicle automation. Consequently, each country should carefully consider establishing new laws and regulations governing autonomous vehicle traffic to ensure the safety of all humans and the environment. In addition, manufacturers and automotive companies involved in autonomous driving technology have taken precautions to distance themselves from potential drawbacks that may arise with the introduction of autonomous AI cars on the roads. However, determining the most appropriate regulations may require a significant amount of time and deliberation.

It is undeniable that Artificial Intelligence has begun to take control of activities in any area of life, transforming the world into a place with new realities and in certain areas more comfortable to live in. This influence of AI is especially noticeable in the field of vehicles, where innovation is constantly evolving.

Today, most vehicles seek to be environmentally friendly, versatile and, with the right advances, it is highly likely that autopilots will be installed by default, offering new challenges in the areas of technology and ethics, as well as a new driving experience and greater comfort for passengers. In this context, safety sensors emerge as the fundamental accessory to prevent accidents and ensure safety on the roads.

Advances in autonomous driving and electric vehicles represent significant steps towards a more sustainable and efficient future in terms of mobility. As progress continues in this direction, the safety of drivers and passengers will remain a crucial priority, and accident detection systems will play an essential role in preventing collisions and protecting human lives. The synergy between technological innovation and road safety represents an important milestone in the automotive industry's evolution toward a smarter and safer future.

The objective of this research work was to reveal software advancements with respect to different algorithms focused on robot-automation. With results delivered, the author focused on autonomous vehicles algorithms that would help improve software systems. In brief, algorithms supporting the improvement of software systems in autonomous vehicles totally programed to detect failures so that an immediate, accurate decision-making processes takes place.

References

1. Rajabli N, Flammini F, Nardone R, Vittorini V (2020) Software Verification and Validation of Safe Autonomous Cars: A Systematic Literature Review. IEEE Access. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3048047

2. Ziemianin K (2021) Civil legal personality of artificial intelligence. Future or utopia? Internet Policy Rev 10:1–22. doi: 10.14763/2021.2.1544

3. Blankenbach K, Vogelmann M, Schmitz N (2021) Advanced optical methods for safe image reproduction on automotive displays. J Soc Inf Disp. doi: 10.1002/JSID.1079

4. Ostheimer J, Chowdhury S, Iqbal S (2021) An alliance of humans and machines for machine learning: Hybrid intelligent systems and their design principles. Technol Soc 66. doi: 10.1016/J.TECHSOC.2021.101647

5. Balistreri M (2019) Macchine senza guidatore: Considerazioni morali. Mondo Digit 18

6. Vicari RM (2021) Influências das Tecnologias da Inteligência Artificial no ensino. Estud Avancados 35:73–84. doi: 10.1590/S0103-4014.2021.35101.006

7. Cugurullo F, Acheampong RA, Gueriau M, Dusparic I (2021) The transition to autonomous cars, the redesign of cities and the future of urban sustainability. Urban Geogr 42:833–859. doi: 10.1080/02723638.2020.1746096

8. Utesch F, Brandies A, Pekezou Fouopi P, Schießl C (2020) Towards behaviour based testing to understand the black box of autonomous cars. Eur Transp Res Rev 12. doi: 10.1186/S12544-020-00438-2

9. Revell KMA, Richardson J, Langdon P, Bradley M, Politis I, Thompson S, Skrypchuck L, O'Donoghue J, Mouzakitis A, Stanton NA (2020) Breaking the cycle of frustration: Applying Neisser's Perceptual Cycle Model to drivers of semi-autonomous vehicles. Appl Ergon 85. doi: 10.1016/J.APERGO.2019.103037

10. Cascetta E, Cartenì A, Di Francesco L (2022) Do autonomous vehicles drive like humans? A Turing approach and an application to SAE automation Level 2 cars. Transp Res Part C Emerg Technol 134:103499. doi: 10.1016/J.TRC.2021.103499

11. Khan DA, Naaz S, Siddiqui F (2019) Design and realization of autonomous cars using deep Q learning. J Adv Res Dyn Control Syst 11:1808–1813. doi: 10.5013/ijssst.a.20.01.26

12. Ouarnoughi H, Grislin-Le Strugeon E, Niar S (2021) Simulating multi-agent- based computation offloading for autonomous cars. Cluster Comput. doi: 10.1007/s10586-021-03440-y

13. Ziemianin K (2021) Civil legal personality of artificial intelligence. Future or utopia? Internet Policy Rev 10:1–22. doi: 10.14763/2021.2.1544

14. Yun JHJ, Won DK, Jeong ES, Park KB, Yang JH, Park JY (2016) The relationship between technology, business model, and market in autonomous car and intelligent robot industries. Technol Forecast Soc Change 103:142– 155. doi: 10.1016/j.techfore.2015.11.016

15. Chelliah BJ, Chauhan V, Mishra S, Sharma V (2019) Advancement of driverless cars and heavy vehicles using artificial intelligence (Object detection). Int J Eng Adv Technol 9:6183–6186. doi: 10.35940/ijeat.A1676.109119

16. Gervasi R, Mastrogiacomo L, Franceschini F (2020) A conceptual framework to evaluate human-robot collaboration. Int J Adv Manuf Technol 108:841–865. doi: 10.1007/S00170-020-05363-1/FIGURES/11

17. Thieme CA, Mosleh A, Utne IB, Hegde J (2020) Incorporating software failure in risk analysis—Part 2: Risk modeling process and case study. Reliab Eng Syst Saf 198. doi: 10.1016/J.RESS.2020.106804

18. Farkh R, Quasim MT, Jaloud K Al, Alhuwaimel S, Siddiqui ST (2021) Computer Vision-Control-Based CNN-PID for Mobile Robot. Comput Mater Contin 68:1065–1079. doi: 10.32604/CMC.2021.016600

19. Varlamov O (2021) "Brains" for Robots: Application of the Mivar Expert Systems for Implementation of Autonomous Intelligent Robots. Big Data Res 25. doi: 10.1016/J.BDR.2021.100241

20. Schonhut-Stasik J, Huber D, Baranec C, Law NM, Morton T, - al, Riddle RL, Tokovinin A, Varlamov OO, Aladin D V, Adamova LE, Chuvikov DA, Saraev D V (2020) Creation of autonomous groups of combine harvesters and tractors for agriculture based on the Mivar decision-making systems "ROBO!RAZUM." IOP Conf Ser Mater Sci Eng 819:012002. doi: 10.1088/1757-899X/819/1/012002

21. The Future Of The Transport Industry - IoT, Big Data, AI And Autonomous Vehicles



UTN
IBARRA - ECUADOR

FICA

VOL. 5 Nº2 - 2023

IBARRA - ECUADOR | Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Innovation & Development in Enginnering in Applied Science
IDEAS

Ergonomic Risk Analysis of Noise and its Effects on the Health of Operators in the Metal-Mechanical Sector

http://doi.org/10.53358/ideas.v5i2.947

Ramiro Vicente Saraguro Piarpuezan, Guillermo Neusa Arenas, Francisco Saraguro Olalla

Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador.

Fecha de envío, agosto 7/2023 - Fecha de aceptación, septiembre 15/2023 - Fecha de publicación, septiembre 28/2023

Abstract: The risk of developing an occupational pathology due to exposure to noise can cause occupational clinical symptoms with short, medium or long-term health effects. The objective of the study is to identify the dysergonomic magnitude of oscillating acoustic comfort, approximately between 80 and 85 decibels, in MSMEs of the metal-mechanic sector and its effects on workers' exposure. The study population consisted of 1300 workers with a sample of 769 workers. The measurement was performed in different workstations with a sound level meter type 1, ISO 28803:2012 standard. Qualitative and quantitative data were obtained to analyze results related to occupational exposure. The sound pressure level was determined in each area of the plant during the different working days. This was done per worker according to their activity and tasks performed. In this way, it was possible to raise discussions about the improvement of the quality of life. The results of the study are satisfactory. Epidemiological surveillance programs (PVE) with an emphasis on audiometry are suggested.

Keywords: occupational pathology, noise exposure, decibels, MSMEs, acoustic comfort.

Resumen: . El riesgo de desarrollar una patología laboral debido a la exposición al ruido puede causar síntomas clínicos laborales con efectos sobre la salud a corto, medio o largo plazo. El objetivo del estudio es identificar la magnitud disergonómica del confort acústico oscilante, aproximadamente entre 80 y 85 decibelios, en las MIPYMES del sector metalmecánico y sus efectos sobre la exposición de los trabajadores. La población de estudio estaba formada por 1.300 trabajadores, con una muestra de 769 trabajadores. La medición se realizó en diferentes puestos de trabajo con un sonómetro tipo 1, norma ISO 28803:2012. Se obtuvieron datos cualitativos y cuantitativos para analizar los resultados relacionados con la exposición laboral. Se determinó el nivel de presión sonora en cada área de la planta durante las diferentes jornadas de trabajo. Esto se realizó por trabajador en función de su actividad y tareas realizadas. De este modo, fue posible plantear debates sobre la mejora de la calidad de vida. Los resultados del estudio son satisfactorios. Se sugieren programas de vigilancia epidemiológica (PVE) con énfasis en la audiometría.

Palabras clave: patología ocupacional, exposición al ruido, decibeles, MIPYMES, confort acústico.

Autor de correspondencia:
Ramiro Saraguro, rvsaraguro@utn.edu.ec

Introduction

Environmental ergonomics analyzes and investigates the external conditions to human beings that influence their work performance. Among these conditions are the physical environmental factors such as thermal level (cooling and heating), noise and vibration, ventilation (air and relative humidity), and lighting level; studying them will help to design and evaluate better working conditions and increase comfort, productivity, and safety [1].

Sounds are produced by the vibration of bodies or molecules. The intensity, frequency, and timbre that they produce in the ear are measured to determine the noise level in the work environment. To assess the condition of the ear, an audiometric examination is conducted (which measures the ability to distinguish sounds). Although there are controls on tools and in the work area, it is advisable to consider the best protective element and its use to safeguard your health in relation to noise exposition [2].

Noise is one of the most frequent exposures, it is any sound disturbance composed of a set of sounds that causes an unpleasant sensation, the human ear has no protection mechanism [3].

Furthermore, it represents one of the most common threats in both the workplace and the general environment and can have serious consequences for auditory health when reaching excessive levels. Specifically, in metalworking workshops, this threshold is exceeded, and without knowledge of the exposure level, it is not possible to design and implement strategies and equipment to mitigate the issue [4].

Similarly, [5] indicates that there are two types of sounds, the pure ones have a single frequency and are not present in nature and are organized artificially by man, the compounds contain several pure inflections of different frequencies. The different pure tones arrange a composite noise as frequency analysis instruments that analyze this function are the spectra or filters.

The risk factors affecting the safety and health of employees in the metal-mechanical sector are closely linked to the various forms of labor and production management [6]. Industrial metal-mechanical workshops have several machines such as lathes, drills, and polishing machines; therefore, constant exposure of workers to noise produced by them.

The high noise levels in this industrial sector hinder communication between workers to perform their tasks causing them to misinterpret the orders given by their superiors, which in many cases leads to risky situations such as accidents with injuries or death.

Noise is the main source of accidents due to distractions that originate in the work environment. The incidence of accidents of operators in the exaggeratedly noisy environment increases between three and four cycles, on the other hand, in quiet areas a minimum trend of accidents is distinguished because as the noise level is reduced, the less sound effects in the workplace, the better the communication [7].

According to [8], metalworking industries are the main source of excessive noise classifying it as constant noise, intermittent noise, and impact noise. The limit of continuous noise level is a maximum permissible 85 dB for working hours of 8 hours of exposure per day and 40 dB per week, are methods that help to control the level of environmental noise provided by the Ministry of Health.

The Comprehensive Occupational Health Care Guide (GATISO) specifically mentions noise levels and exposure, classified as follows [9]:

Table 1.- Noise exposure levels

Grade	Description	Comment	Frequency of Revaluation
1	No Exposure	Doses Lower than 75 dBA	3 to 5 years
2	Low Exposure	Doses Below the Action Level, 82 dBA	From 1 to 3 years
3	Moderate Exposure	Frequent Exposure to Doses Below the Action Level (28 dBA) or infrequent exposures to doses between 82 dBA and 85 dBA	From 3 months to 1 year
4	High Exposure	Frequent exposure to doses near 85 dBA and Infrequent exposures to doses above 85 dBA	From 1 to 3 months
5	Very High Exposure	Frequent exposures to doses above 85 dBA	Continuous Assessment

Authors: Laboratory of Ergonomics and Occupational Hygiene-CINDU-UTN-2023

Table 1 exceeds the permissible limit values for humans, the decibels emitted by these tools could range between 86 and 100 dB [10]. According to projections provided by the World Health Organization (WHO), it is estimated that more than 5% of the global population, equivalent to approximately 430 million people, have disabling hearing loss (greater than 35 dB) and need hearing rehabilitation (432 million adults and 34 million children) [11].

Noise in the workplace presents multiple risks, such as a change in the hearing threshold and impaired speech perception [12]. In addition, several elements affect hearing ability, including genetic, biological, psychosocial, and environmental factors. These elements directly affect the ears and may result in hearing loss or, conversely, provide protection [13]. Several studies report correlations between occupational noise exposure and the risk of hypertension [14], abnormal hormone secretion [15], increased cortisol and aldosterone (stress) [16, 17], ischemic heart disease, sleep disturbance, and general discomfort [18].

Operators should be provided with adequate hearing protection in the short term until organizations adopt technical-organizational measures to control noise [19]. Companies in this sector must acquire work equipment while considering noise-related factors. This way, it is possible to choose machines that do not generate excessive noise, with the aim of safeguarding the well-being of the workers. According to [20], the elimination of excess noise in the work area is not a legal responsibility of the companies, but rather a commercial interest of the organizations. The safer and more adequate the work environment is, the lower the chances of absenteeism, accidents, and poor performance of the workers.

The objective of this study is to identify the disergonomic magnitude to which the workers of the sector are exposed and the occupational clinical picture that each of them presents due to being too exposed when performing each of their activities.

Materials and methods

In the research, carried out within the metal-mechanical sector, the noise measurement results were obtained for each task performed by the operators in the different sectors during the working day. These results depend on the exposure. For the measurement of noise relative to each task in the company, several (six) data measurements must be taken. This allows an average result to be obtained.

According to [21], equations (1) to (8), which are explained below, are used to calculate noise levels in exposures during the working day:

$$u^2 = \sum {c_i}^2 {u_i}^2 \quad (1)$$

Where:

u: typical uncertainty.
u_i: standard deviation.
c_i: sensitivity coefficient

Combined standard uncertainty calculation: the standard combined uncertainty, u, for the daily exposure level u(LAeq,d) is calculated from the different contributions c_i u_i of the different uncertainty components [22]

$$u^2 = (\sum_{m=1}^{M} [{c_{1\,a,m}}^2 ({u_{1\,a,m}}^2 + {u_{2\,,m}}^2 + {u_3}^2) + (c_{1\,b,m} u_{1\,b,m})^2]) \quad (2)$$

Calculation uncertainty U: as a measure of dispersion by measurement, it is expressed in a range of measured values, with the probability of 90%, by the uncertainty in level measurement (n) multiplied by the coverage factor [23].

$$U = 1{,}65 \times u \quad (3)$$

Calculation of sensitivity coefficients: it is simply the multiplier to be used to convert units into uncertainties of standard in sources of uncertainty between units by the output quantity, in calculating its uncertainty [24].

$$C_{1\,b,m} = 4{,}34 \times \frac{C_{1\,a,m}}{T_m} \quad (4)$$

Calculation of $u_{1\,a,m}$:

$$u_{1\,a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)} \left[\sum_{i=1}^{I} (L_{p,A,eqT,mi} - L_{p,A,eqT,m})^2\right]} \quad (5)$$

Calculation of $u_{1\,b,m}$:

$$u_{1\,b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)} \left[\sum_{j=1}^{J} (T_{m,j} - T_m)^2\right]} \quad (6)$$

Routine workday measurement

Calculation of the combined standard uncertainty:

$$u^2(L_{EX,8h}) = c_1{}^2 u_1{}^2 + c_2{}^2(u_2{}^2 + u_3{}^2) \quad (7)$$

Calculation of the standard uncertainty:

$$u_{1^2} = \sqrt{\frac{1}{(N-1)}\left[\sum_{n=1}^{N}\left(L_{p,A,eqT,n} - L_{p,A,eqT,}\right)^2\right]} \quad (8)$$

The instrument used to take the necessary measurements during the working day was a Type 1 sound level meter. In this way, we obtained the information regarding the dB that allowed us to evaluate the noise exposure of the workers in this metal-mechanic sector. The dB calculator provided us with the average result of the samples obtained.

In this study, carried out in several industries of the metal-mechanic sector, the calculation of the finite sample was performed with a population of 1300 workers, obtaining a sample size of 769 workers to be surveyed. This sample size corresponds to a margin of error of 2,5% and a confidence level of 90%.

Table 2 shows the procedure for obtaining the sample of exposed workers in the metal-mechanic sector [25]:

Table 2.- Statistical method to determine the finite sample of metal-mechanic sector workers

		Sample table according to Population (N)					
		1%	**2,00%**	**2,50%**	**3,00%**	**3,50%**	**4,00%**
	100	99	97	95	93	91	88
	200	197	187	181	174	166	157
	300	293	272	259	244	229	213
	400	387	352	330	307	283	259
	500	480	428	395	362	329	298
	600	571	499	455	412	370	331
N.C.	**700**	661	566	511	456	405	359
	800	749	629	562	497	437	384
	900	836	689	609	533	465	405
	1000	922	747	653	567	490	424
	1100	1,006	801	695	598	513	441
	1200	1,089	853	733	626	534	456
	1300	1,171	902	769	652	553	470

Note. The sample size is defined as 769 workers

Authors: Laboratory of Ergonomics and Occupational Hygiene-CINDU-UTN-2023

Results

The symptomatology reported by each of the workers was compiled. The results obtained are shown in Table 3. Based on this information, the health conditions of the workers in the metal-mechanic sector were determined. Higher stress exposure was observed with 27%, i.e., it is present in 210 workers out of the 769 interviewed.

Table 3.- Clinical occupational pathological picture

Pathologies	Evaluated	Frequency
Tachypnea	87	11%
Tinnitus	105	14%
Sensory hearing loss	70	9%
stress	210	27%
Otalgia	65	8%
Meniere syndrome	95	12%
Presbycusis	79	10%
Otitis	58	8%
Total	769	100%

Authors: Laboratory of Ergonomics and Occupational Hygiene-CINDU-UTN-2023

Measurements performed in different areas of the metalworking industry:

Table 4.- Measurements

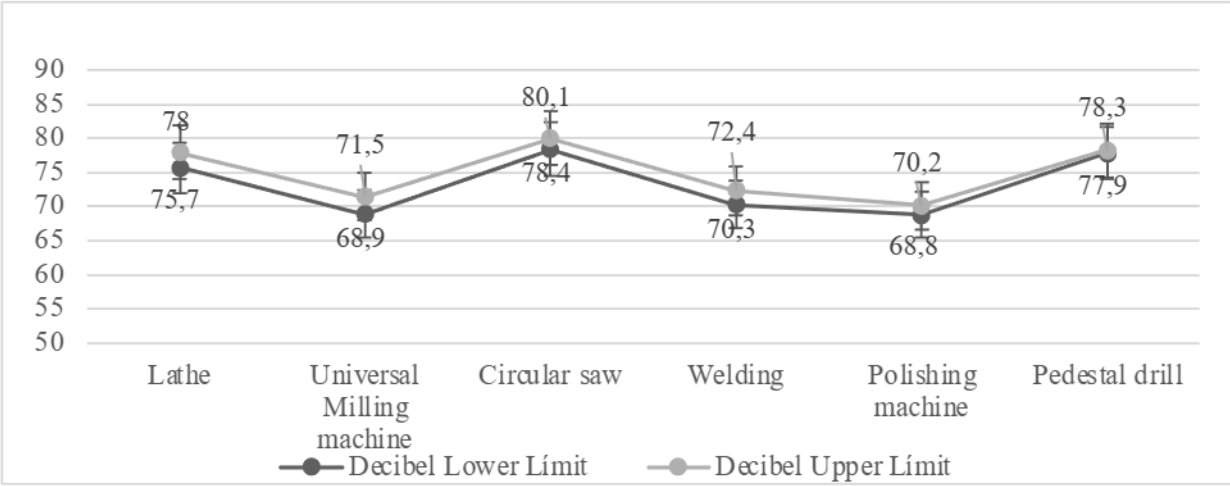
Measurement Zone	Decibel		Interval
	Lower Límit	Upper Límit	
Lathe	75,7	78	2,3
Universal Milling machine	68,9	71,5	2,6
Circular saw	78,4	80,1	1,7
Welding	70,3	72,4	2,1
Polishing machine	68,8	70,2	1,4
Pedestal drill	77,9	78,3	0,4

Authors: Laboratory of Ergonomics and Occupational Hygiene-CINDU-UTN-2023

Exposure Intervals

Illustration 1 shows the universal milling machine zone with the widest interval in decibels (2,6 dB). The shortest range is in the pedestal drill area (0,4 dB).

Illustration 1.- Exposure Intervals



Authors: Laboratory of Ergonomics and Occupational Hygiene-CINDU-UTN-2023

LAeq, T dB(A) Values and Exposure Times Used:

The equivalent daily exposure level (LAeq,d) 1: There are significant gaps between the exposure times, being the highest in the welding zone at 120 minutes and the lowest in circular saw and pedestal drill at 30 minutes; the highest LAeq, T dB (A) value corresponds to the circular saw zone with 79,25 dB and the lowest in the polishing machine zone with 69,5 dB.

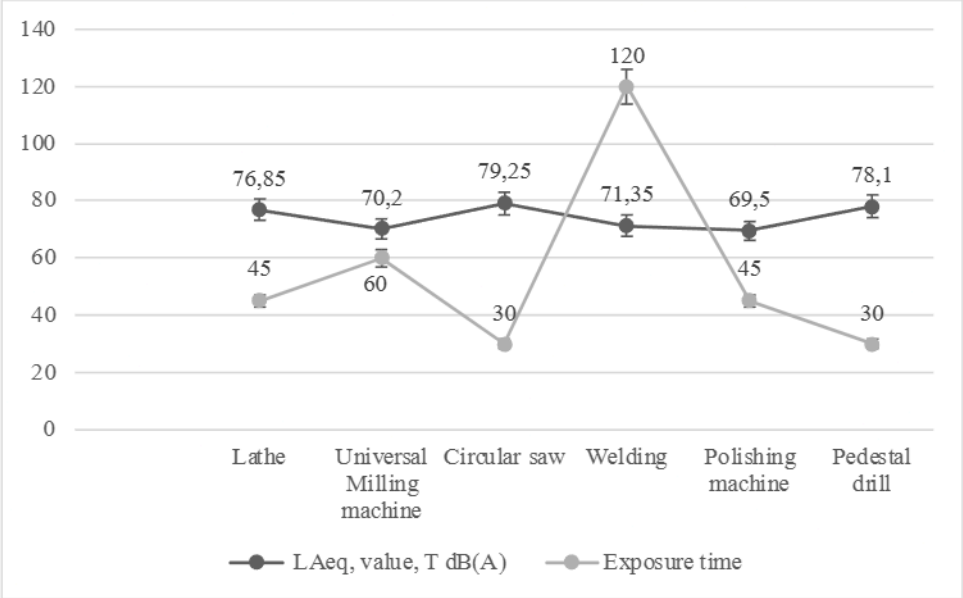
[1]LAeq,d: The level-decibels A, by expression: where T is the time of noise exposure, in hours per day.

Table 5.- Values and exposure times

Measurement zone	LAeq, value, T dB(A)	Exposure time
Lathe	76,85	45
Universal Milling machine	70,2	60
Circular saw	79,25	30
Welding	71,35	120
Polishing machine	69,5	45
Pedestal drill	78,1	30

Authors: Laboratory of Ergonomics and Occupational Hygiene-CINDU-UTN-2023

Illustration 2.- LAeq, TdB (A) values and exposure time



Authors: Laboratory of Ergonomics and Occupational Hygiene-CINDU-UTN-2023

Measurement of daily noise dose

During the study period, in the work cycles, it was found that workers were exposed to a dose of less than 0,5 (indicating a low risk) in all areas evaluated. Noise levels in the work areas did not exceed 85 dB(A). In addition, maximum noise levels remained reasonably low.

Table 6.- Daily dose

Measuring zone	LAeq, value, T dB(A)	Exposure time (h)	Time allowed (h)	Dose	Risk
Lathe	76,85	0,75	52,59	0,01	Low
Universal Milling machine	70,20	1,00	244,44	0,00	Low
Circular saw	79,25	0,50	30,20	0,02	Low
Welding	71,35	2,00	187,40	0,01	Low
Polishing machine	69,50	0,75	287,35	0,00	Low
Pedestal drill	78,10	0,50	39,40	0,01	Low

Determination of Sound Pressure Levels

The sum of the noise level in the plant is equal to 83,62 dB, therefore, it complies with ISO 28803:20112 by not exceeding 85 dB. However, it is in the critical zone of 80 dB to 85 dB, corrective actions and appropriate safety equipment should always be applied and evaluated frequently.

$$NPS = 10 \times \log\left(10^{7.685} + 10^{7.02} + 10^{7.925} + 10^{7.135} + 10^{6.95} + 10^{7.81}\right)$$

$$NPS = 83.62\ dB$$

Discussion

Noise is not only limited to causing hearing impairment but also influences the cardiovascular system, mental well-being, and other physiological alterations. Noise exposure can lead to several symptoms and diseases, including hearing loss, tinnitus, tachypnea, and Ménière's syndrome. Tinnitus is characterized by the conscious perception of an auditory sensation, such as a ringing or buzzing in the ears, in the absence of a corresponding external stimulus [26].

At moderate levels, noise does not represent a significant risk to hearing function, although it can generate negative effects in other areas unrelated to hearing such as stress, anxiety, arterial hypertension, tachycardia, increased respiratory rate (tachypnea), and depression [27, 28]. Among other disorders, Ménière's disease is prevalent, characterized by intermittent episodes of vertigo, fluctuating sensorineural hearing loss, tinnitus, and hearing pressure [29].

The pathologies with the highest risk of exposure were determined with a sample of 769 workers in the metal-mechanical sector; they are stressed 27%, tinnitus 14%, tachypnea 11%, and Ménière's syndrome 12%. On the other hand, [30] has identified a higher prevalence of headaches, stress, hearing loss, and cardiovascular problems among workers in a metal-mechanical company.

Noise tests recorded in different areas do not exceed 80 dB and the sound pressure level is equal to 83,62 dB(A) [31], observed that the average noise exposure level in a metallurgical industry was 96.2±4 dB(A), with a maximum noise level of 108 dB(A) in the area of cutters and welders. Similarly, they reported the prevalence of hearing impairment, in 20,5% of the workers.

The results indicated that all the sectors evaluated presented a low exposure risk. However, [30] determined that the welding, lathe, sawing, and polishing processes maintained high-risk levels (dose greater than 2) with sound pressure levels greater than 85 dB(A). While the pedestal drill process maintained a high risk (dose of 1 to 2).

Conclusions

Workers in the metal-mechanical sector operate machines that produce a significant level of noise. As they are positioned in the same physical area, they expose the workers to high health risks.

Through the ISO 28803:2012 standard, it was possible to determine the sound pressure level to which the workers in this study are exposed. The evaluated noise level is 83,62 dB and does not exceed the maximum decibels established by the standard; thus, the workers are in a work environment characterized by acoustic discomfort.

When workers are exposed to acoustic discomfort for several hours, they experience various discomforts such as fatigue, headaches, difficulty communicating, and sleep disturbance, which leads to poor performance in their daily tasks and thus to losses for the organization.

MSMEs do not have adequate planning to reduce noise exposure. The implementation of this type of planning is important because it would help to protect the health of workers and avoid unnecessary costs and compensation.

Acknowledgment

Thanks to the Industrial Engineering Career, Faculty of Engineering of Applied Sciences, Universidad Técnica del Norte, for facilitating the Ergonomics and Occupational Hygiene Research Lab, to the students of the ergonomics course of the industrial engineering career, for their support in the research and dedication during the whole project from the beginning to the end of this work.

References

1. La Ergonomía, «La Ergonomía,» La Ergonomía, 23 julio 2021. [En línea]. Available: https://laergonomia.com.co/confort-ambiental-fisico/. [Último acceso: 04 08 2023].

2. Ergonomía, La. "Ergonomía ambiental: Confort ambiental físico". La Ergonomía. [En línea]. Disponible en: https://laergonomia.com.co/confort-ambiental-fisico/. Accedido en: 2 de octubre de 2023.

3. Comisiones Obreras (CC. OO.), Departamento de Salud Laboral de CC. OO. de Asturias. "El Ruido", Gráficas Careaga, 2018, p. 58.

4. J. J. D. Maldonado, «Propuestas de Prevención y Control de la Exposición al Ruido en Taller Metalmecánica Sede P de la Universidad ECCI Sede Bogotá,» Universidad ECCI, Bogotá, 2018.

5. S. A. V. Salazar, 13 Diciembre 2019. [En línea]. Available: http://eprints.uanl.mx/7804/1/1020120838.PDF. [Último acceso: 12 Junio 2021].

6. S. Goncalves, T. Sakae y F. Magajewsky, «Prevalência e fatores associados aos acidentes de trabalho em uma indústria metalmecânica,» Revista Brasileira de Medicina do Trabalho, vol. 16, n° 1, pp. 26-35, 2018.

7. J. V. Abásolo, «Área de Higiene Industrial de FREMAP,» 9 Julio 2020. [En línea]. Available: https://www.cofis.es/pdf/fys/fys11/fys11_40-44.pdf. [Último acceso: 12 Junio 2021].

8. INNOVASOFT, «isismaweb,» 8 Abril 2019. [En línea]. Available: https://www.isismaweb.com/factores-de-riesgos-fisicos/. [Último acceso: 11 Junio 2021].

9. Ministerio de Trabajo MDT, «Guía de Atención Integral en Seguridad y Salud en el Trabajo,» Ministerio de Trabajo, Bogotá, 2015.

10. Z. O. Nieto, «Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Hipocausia Neurosensorial Inducida por Ruido en el Lugar de Trabja,» Ministerio de la Protección Social, Bogotá, 2019.

11. Organización Mundial de la Salud, «Sordera y pérdida de la audición,» 27 febrero 2023. [En línea]. Available: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss. [Último acceso: 19 julio 2023].

12. P. Nassiri, S. Zare, M. Monazzam y A. Pourbakht, «Modeling Signal-to-Noise Ratio of Otoacoustic Emissions in Workers Exposed to Different Industrial Noise Levels,» Noise Health, pp. 391-398, 2016.

13. World Health Organization, «The World Report on Hearing (WRH),» CC BY-NC-SA 3.0 IGO, Geneva, 2021.

14. U. Bolm-Audorff, J. Hegewald, A. Pretzsch, A. Freibreg, A. Nienhaus y A. Seidler, «Occupational Noise and Hypertension Risk: A Systematic Review and Meta-Analysis,» International Journal of Environmental Research and Public Health, vol. 17, n° 17, pp. 1-25, 28 agosto 2020.

15. P. Nassiri, S. Zare, M. Monazzam, A. Pourbakht, K. Azam y T. Golmohammadi, «Evaluation of the effects of various sound pressure levels on the level of serum aldosterone concentration in rats,» Noise Health, vol. 19, n° 89, pp. 200-206, 2017.

16. D. Fouladi, E. Nassiri, S. Monazzam y G. Farahani, «Industrial noise exposure and salivary cortisol in blue collar industrial workers,» Noise Health, vol. 14, n° 59, pp. 184-189, 2012.

17. S. Zaré, P. Nassiri, M. Nibazzan y A. Pourbakht, «Evaluation of the effects of occupational noise exposure on serum aldosterone and potassium among industrial workers,» Noise Health, vol. 18, n° 80, pp. 1-6, enero 2016.

18. D. Lowry, L. Fritschi y B. Mullins, «Occupational noise exposure of utility workers using task based and full shift measurement comparisons,» Heliyon, vol. 8, n° 3, pp. 1-6, 22 junio 2022.

19. E. Beres, «OIT,» 18 Enero 2021. [En línea]. Available: https://www.ilo.org/global/topics/labour-administration-inspection/resources-library/publications/guide-for-labour-inspectors/noise/lang--es/index.htm. [Último acceso: 11 Junio 2021].

20. Minera, Seguridad, «Salud Ocupacional,» 25 Enero 2020. [En línea]. Available: https://www.revistaseguridadminera.com/salud-ocupacional/reduccion-y-control-del-ruido/. [Último acceso: 11 Junio 2021].

21. T. A. Bayona y INSHT, Ruido en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamiento de los puestos, Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2018.

22. J. G. Ruiz-Bazán, «Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido,» INSHT, vol. 01, n° 272, pp. 1-3, 15 may. 2012.

23. testo, «testo,» testo, 23 feb. 2019. [En línea]. Available: https://acortar.link/1dSalb. [Último acceso: 23 jul. 2023].

24. E. Rodriguez, «Coeficientes de Sensibilidad: su importancia en la Incertidumbre de Medición,» MC Consultores, sep. 14 2019. [En línea]. Available: https://acortar.link/sxLFep. [Último acceso: 30 julio 2023].

25. G. Neusa Arenas, «ORCID,» 2019. [En línea]. Available: https://orcid.org/0000-0003-0699-1821. [Último acceso: 12 Junio 2021].

26. A. Mohan, S. L. Leong, D. De Ridder y S. Vanneste, «Symptom dimensions to address heterogeneity in tinnitus,» Neuroscience & Biobehavioral Reviews, vol. 134, pp. 1-12, 17 enero 2022.

27. A. J. Lai y C. Y. Huang, «Effect of Occupational Exposure to Noise on the Health of Factory Workers,» Procedia Manufacturing, vol. 39, pp. 942-946, 2019.

28. H. Hernández y G. Mabelys, «Hipoacusia inducida por ruido: estado actual,» Revista Cubana de medicina militar, vol. 35, n° 4, 2006.

29. A. Greco, A. Gallo, M. Fusconi, C. Marinelli, G. F. Macri y M. De Vincentiis, «Meniere's disease might be an autoimmune condition?,» Autoimmunity Reviews, vol. 11, n° 10, pp. 731-738, 28 enero 2012.

30. J. Cedeño y A. Vidal, Diseño de control operacional sobre la incidencia de los niveles de ruido en la morbilidad laboral de una industria metalmecánica en Quevedo, Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2022.

31. E. Worede, W. Yalew y S. Wami, «Self Reported Hearing Impairments and Associated Risk Factors Among Metal and Woodwork Workers in Gondar Town, North West Ethiopia,» Environmental Health Insights, vol. 16, pp. 1-7, 2 febrero 2022.

VOL. 5 Nº2 - 2023

IBARRA - ECUADOR | Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas
Innovation & Development in Engineering and Applied Science
IDEAS

Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo como herramienta de prevención de riesgos laborales en las Pymes

http://doi.org/10.53358/ideas.v5i2.915

Francisco V. Guzmán Toasa

Instituto Tecnológico Superior Cordillera, Quito, Ecuador

Fecha de envío, junio 21/2023 - Fecha de aceptación, septiembre 14/2023 - Fecha de publicación, septiembre 28/2023

Resumen: En la actualidad la gestión de la seguridad y la salud en las Pequeñas y medianas empresas (Pymes) es muy deficiente, debido a que poseen menos recursos que las grandes empresas, lo cual incide en la baja prevención de los riesgos laborales. El objetivo de la investigación fue conocer la importancia y uso de los estándares de gestión de seguridad y salud en las Pymes como herramienta de prevención de los riesgos laborales, para esto se realizó una revisión sistemática de 24 artículos científicos en idioma inglés y español con un alcance descriptivo y exploratorio. En síntesis, es necesario destacar que existen pocos estudios en pymes sobre sistemas de gestión de seguridad y salud, así como, los estándares ISO son pocos utilizados y la evaluación de estos sistemas de gestión son específicos para cada tipo de actividad. Razones por las cuales, es indispensable el desarrollo de estándares de gestión adaptados a la realidad de estas organizaciones.

Palabras Clave: Seguridad en el trabajo, Gestión de riesgos, prevención de accidentes, evaluación de riesgos, Cultura de seguridad y salud, Seguridad laboral

Abstract: Health and safety management in small and medium-sized companies (SMEs) is very deficient because they have fewer resources than large companies, which affects the low prevention of occupational risks. The research objective was to know the importance and use of health and safety management standards in SMEs to prevent occupational hazards. For this, a systematic review of 24 scientific articles in English and Spanish was carried out with a descriptive and exploratory scope. In summary, few studies in SMEs on health and safety management systems, as well as ISO standards, are used, and the evaluation of these management systems is specific for each type of activity. Reasons why developing management standards adapted to the reality of these organizations is essential.

Keywords: Safety at work, Risk management, accident prevention, risk assessment, Health and safety culture, Occupational safety

Autor de correspondencia:
Francisco Guzmán Toasa, fv.guzmant@gmail.com

Francisco V. Guzmán Toasa
fv.guzmant@gmail.com

Introducción

La seguridad y la salud en el trabajo son elementos clave para el bienestar de los trabajadores y para el éxito de las empresas. La implementación de un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SGSST) puede ayudar a las pequeñas y medianas empresas (Pymes) a reducir los riesgos laborales, mejorar la salud de sus trabajadores y aumentar la productividad. En esta investigación se analizó la importancia de los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo en las Pymes, los principales elementos que deben considerar estas empresas al implementar un SGSST y los beneficios que pueden obtener de ello.

La evolución de los SGSST en las empresas se remonta a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, cuando los gobiernos comenzaron a adoptar leyes y regulaciones para proteger a los trabajadores de los peligros en el lugar de trabajo. Un sistema de gestión es un conjunto de elementos interrelacionados que tienen por objeto establecer una política y objetivos de la seguridad y salud en el trabajo (SST) y alcanzar dichos objetivos para prevenir los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales [1].

Las Pymes son la columna vertebral de la economía de muchos países y emplean a una gran cantidad de trabajadores. Sin embargo, a menudo enfrentan desafíos significativos en cuanto a la implementación de un SGSST debido a la falta de recursos y conocimientos especializados. A pesar de ello, la implementación de un SGSST es fundamental en las Pymes, puesto que garantiza la protección de los trabajadores, mejora la eficiencia y productividad de la empresa, así como, cumple con la legislación, normativas relacionadas con la seguridad y salud en el trabajo. [2], [3], [4].

Por lo tanto, la implementación de un SGSST en las PYMES tiene numerosos beneficios para los trabajadores y empleadores como: la reducción de accidentes laborales y enfermedades ocupacionales, la mejora de la productividad, el cumplimiento legal, la mejora de la imagen de la empresa, el ahorro de costos, la mejora de la eficiencia y el fomento de la participación y compromiso de los trabajadores [5].

Metodología

Se realizó una revisión sistemática descriptiva-exploratoria. Se recopilaron artículos científicos en español e inglés entre los años 2017 a enero de 2023; estos estudios son de países como Indonesia, Estados Unidos, Omán, Macedonia, Colombia, Australia, China, Sudáfrica. Se incluyeron artículos de revisión sistemática, estudios descriptivos y experimentales. El enfoque de la revisión sistemática se apoya en el aporte de los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo en las Pymes.

Se analizó la información a través de la búsqueda de palabras claves y operadores boleanos de acuerdo con la ecuación de búsqueda que se detalla en la Tabla 1 y 2:

Tabla 1. Combinación de términos en español

Base de datos y buscadores	Ecuación de búsqueda
Scielo	(((sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo)) OR (sistema de gestión)) AND (pymes)
Google académico (idioma español)	"sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo" OR " sistema de gestión y pymes"

Tabla 2. Combinación de términos en inglés

Base de datos y buscadores	Ecuación de búsqueda
Scielo	((occupational health and safety management system) OR (management system)) AND (smes)
Google académico (idioma inglés)	"occupational health and safety management system" OR "management system and SMEs"

Se excluyeron los artículos científicos fuera del tiempo detallado y que no contenían las palabras utilizadas en la ecuación de búsqueda. Se utilizó el buscador especializado Google Académico que mostró un total de 278 registros de artículos científicos sobre el tema; además, se encontraron 25 artículos en la base de datos Scielo.

La metodología utilizada para la selección de artículos fue Prisma. Del total, se eliminaron ocho por duplicación. De los 295 se excluyeron 248, debido a que su resumen y título no refería al tema principal de análisis. Posteriormente, se realizó la revisión del texto completo de 47 artículos y se seleccionaron 24. La figura 1 describe el diagrama de flujo realizado de acuerdo con la metodología utilizada.

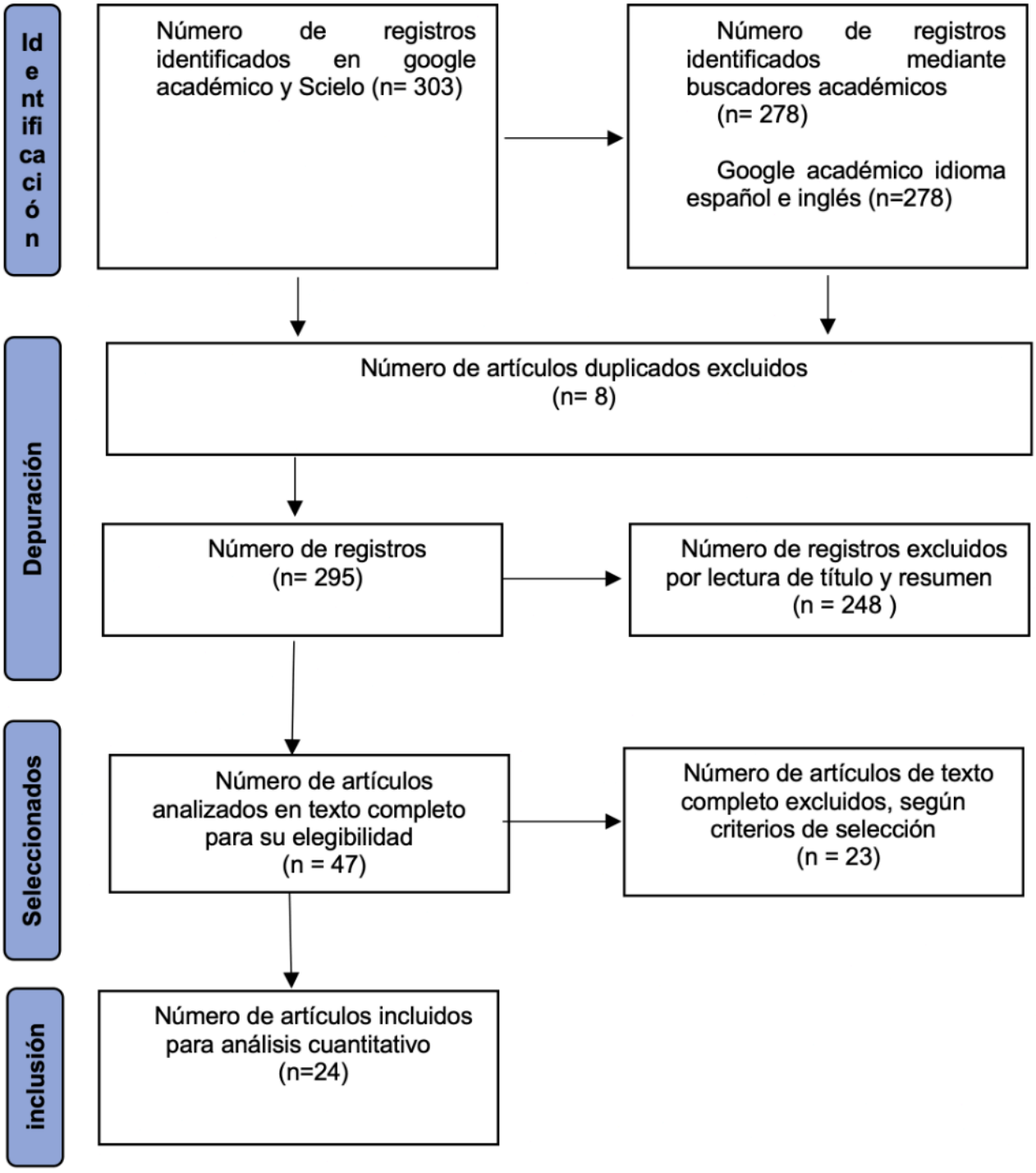


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA

Resultados

El resultado del proceso de selección concluyó con el análisis de los 24 estudios detallados en la figura 1. Los artículos se detallan en la Tabla 3, de los cuales 7 están escritos en español y 17 en inglés.

Tabla 3 Caracterización de estudios incluidos en la revisión

Autores y años	Tipo de artículo	Información relevante
Vera, C. Rodríguez, &. Hernández, H. (2022)	Descriptivo	Ventajas y desventajas de las medidas de desempeño de los sistemas de gestión de seguridad en el trabajo
Albújar, C. Celis, D. Rojas, E. & Medina, I. (2022)	Revisión sistemática	Plataformas digitales e indicadores de los sistemas de gestión de seguridad en el trabajo
Gándara, D. Rodríguez, Y. Pertuz, J. Vega, L. & Marrugo Y. (2017)	Revisión sistemática	Integración de los sistemas de gestión de seguridad HSEQ
García Carreño, D, Navarro Ardila, K y Parra Osorio, L. (2020)	Experimental	Implementación del sistema de gestión de seguridad en el trabajo
Luna, M. Álvarez, D. & Soledispa, S. (2017)	Descriptivo	Aspectos legales y técnicos para un sistema de gestión de seguridad en el trabajo
Másmela, R., Jiménez, E., & Rozo, P. (2021)	Descriptivo	Aplicaciones audiovisuales y tecnológicas para los sistemas de gestión de seguridad en el trabajo
Aldana, L y Rincón, O. (2021)	Revisión sistemática	Relación entre cultura organizacional y los sistemas de gestión
Oviedo, R., Defranc, P., & Otero, T. (2018)	Descriptivo	Análisis de la seguridad y salud laboral y la ISO 45001
Lema, F., Quevedo, M., Ocho, J., & Ormaza, J. (2021)	Descriptivo	Estructura organizacional de seguridad y salud ocupacional y legislación
Kornelius, H.(2018)	Descriptivo	Beneficios de implementar un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional
Tejamaya, M., Puspoprodjo, W., Susetyo, H., & Modjo, R. (2021).	Revisión sistemática	modelos y factores de modelos de gestión de seguridad y salud
Wang, Y., Chen, H., Liu, B., Yang, M., & Long, Q. (2020).	Revisión sistemática	Evolución de los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo
Claxton, G., Hosie, P., & Sharma, P. (2022).	Descriptivo	Cultura de la seguridad y salud del trabajo desde diferentes perspectivas
Marhavilas, P., Koulouriotis, D., Nikolaou, I., & Tsotoulidou, S. (2018).	Revisión sistemática	Principales sistemas de gestión con enfoque en sostenibilidad y aplicación en las organizaciones

Jazayeri, E., & Dadi, G. B. (2017).	Descriptivo	Métodos de gestión de la seguridad en las empresas de construcción e indicadores de desempeño
Khan, S. B., Proverbs, D. G., & Xiao, H. (2022).	Descriptivo	Factores motivacionales de los trabajadores que afectan a la seguridad y salud en pequeñas empresas de construcción
Mena, S., Muyulema, J., Bermeo, J., & Reyes, F. (2022)	Revisión sistemática	Aportes de los modelos de seguridad y salud en el trabajo en la reducción de accidentes laborales
Swuste, P., Gulijk, C., Groeneweg, J., Guldenmund, F., Zwaard, W., & Lemkowitz, S. (2020)	Descriptivo	Avances científicos de la gestión de la seguridad hasta los modelos de gestión y EFQM de publicaciones en inglés y holandés
Li, Y., & Guldenmund, F. (2018)	Revisión sistemática	Análisis de los sistemas de gestión de seguridad desde los modelos organizacionales y relacionados a los accidentes
Guo, Ch., Jiang, F., Chen, T., & Li, Y. (2021)	Descriptivo	Análisis crítico de los resultados del desempeño de los sistemas de gestión de seguridad en las empresas Chinas
Nzomkunda, A., Magd, H., & Al Busaidi, M. (2020)	Descriptivo	Desafíos que presentan las pymes en Omán sobre seguridad y salud ocupacional
Neto, J., Lu, H., Da Silva, D., Pereira, A., Rolim, S. (2023)	Revisión sistemática	Los sistemas de gestión de seguridad y la incorporación de indicadores ergonómicos
Jemai, H., Badri, A., & Ben Fredj, N. (2021)	Revisión sistemática	Instrumentos de evaluación de desempeño de seguridad y salud ocupacional en las empresas
Marhavilas, P., Pliaki, F.; & Koulouriotis, D. (2021)	Revisión sistemática	Principales estándares de gestión de la seguridad y salud en el trabajo aplicados en las organizaciones

De acuerdo con el estudio [6], muestra que, de los diferentes modelos de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SST), el estándar Ocupational Health and Safety Management Systems (OHSAS) 18001, que a nivel mundial es más utilizado y certificado. Este modelo de gestión se apoya de otros como la International Organization for Standardization (ISO) 9001, 14001. De la misma manera [7], establece que los principales modelos de SGSST, según su frecuencia de aplicación son OHSAS 18001, ILO OSH 2001, BS 800 y ANZI 10.

El estándar OHSAS y ahora el estándar ISO 45001 que lo reemplazó es el que más ha crecido a partir del año 2018, y que su mayor parte es aplicada en la industria y el sector de la construcción [8]. Según [9] para el año 2021, el total de certificaciones de ISO, el 11,95% corresponde al estándar ISO 45001 a nivel mundial.

Asimismo, [10] describen tres modelos de gestión de la seguridad, los modelos basados en accidente que proporcionan la información para el desarrollo de escenarios, los modelos de barreras de seguridad representan una conexión entre el modelo de accidentes y el modelo de gestión, con el fin de controlar los incidentes; el modelo de gestión para administrar las barreras de seguridad son los que tradicionalmente se utilizan, como la ISO 45001.

A nivel mundial los temas más estudiados son la integración de sistemas de gestión, seguido por la integración de la ergonomía, por el contrario, los SGSST en las pymes es un tema poco estudiado y peor aún, la integración con ergonomía en este tipo de empresas [11]. Las ventajas de integrar con otros sistemas, es su simplificación de documentos, mejora del cumplimiento legal, así como el aumento de la competitividad y confianza de clientes [12]. Otro de los factores que aporta la integración de sistemas de gestión es la resiliencia empresarial en contextos de incertidumbre como en el Covid 19 [9]. De la misma manera, las empresas que adoptan un SGSST tienen un impacto en el aumento del desempeño organizacional, y esto contribuye directa o indirectamente a crear lugares seguros y saludables, pero presenta una limitación, puesto que estos estudios se realizan desde la perspectiva de los empleados y profesionales de seguridad, en lugar de la gerencia [5].

La implementación de los sistemas de gestión de la SST se ha realizado en diferentes empresas a nivel mundial como regional; como menciona [13] en su estudio, que 28 empresas colombianas de acuerdo con los estándares definidos en el país sobre SGSST, se alcanza un promedio del 42% de cumplimiento de acuerdo con la normativa vigente, lo cual falta mucho por mejorar con la implementación de acciones de seguridad en los diferentes tipos de empresas. Por otra parte, [14] señala que el cumplimiento de la legislación, los reglamentos y normas influye en la gestión de la seguridad y salud; esto no pasa con las empresas pymes por sus limitados recursos económicos, humanos y materiales.

En el Ecuador al ser parte de la Comunidad Andina de Naciones (CAN) de acuerdo con el Instrumento Andino de Seguridad y Salud [15] señala que, desarrollarán sistemas de gestión en materia de seguridad y salud en el trabajo; en el Reglamento de este Instrumento se menciona que este SGSST, podrá tener en cuenta cuatro aspectos: gestión administrativa; gestión técnica, gestión de Talento Humano y procesos operativos básicos. Lo cual, al no mencionar el vocablo "deberá", no se vuelve obligatorio a nivel del país la implementación de un SGSST siguiendo estos aspectos mencionados. Por ello, muchas empresas en el país implementan un SGSST basado en el estándar voluntario ISO 45001 y que debe considerar el cumplimiento de la normativa vigente del país donde se desarrolla sus actividades.

En el año 2016 las principales normas legales que determinó [16] en Ecuador; son la Constitución de la República del Ecuador, el Reglamento para el Sistema de Auditorías de Riesgos del Trabajo (SART). Además, en el país se considera otros elementos como: la actividad económica y el número de trabajadores, clasificándose en microempresas, pequeñas, medianas y grandes empresas; la estructura organizacional de acuerdo con el tamaño deberá contar con la Unidad de Seguridad e Higiene, Servicio Médico, Comité de Seguridad e higiene en el trabajo; y documentación como el Reglamento de higiene, seguridad y procedimientos de seguridad [17].

Al implementar un sistema de gestión de la SST, se desarrollan medidas preventivas para evitar accidentes, entre las principales son: el uso adecuado del EPP, el compromiso de la alta gerencia, la comunicación efectiva y la capacitación de los trabajadores. En la actualidad, gracias al avance tecnológico y la adopción de las Tecnologías de la Información (TIC),

disponemos de diversas herramientas tecnológicas que posibilitan una gestión más eficiente de un SGSST, y que en su totalidad son específicas, por sector o necesidades propias que requieren. Los objetivos de dichas herramientas son: registro de datos, identificación de peligros, medición de indicadores, capacitación del personal o manejo integral de proyectos [18]. Estas herramientas tecnológicas también buscan evaluar el desempeño de los SGSST, que se basan principalmente en encuestas, cuestionarios, métodos combinados, que ellos se miden mediante indicadores de desempeño, proactivos y reactivos [18]. En Colombia [19] se planteó la necesidad de diseñar una plataforma web de SGSST bajo la normativa actual de ese país, y su principal objetivo es reportar los riesgos que están presentes en la empresa y llevar un reporte donde se controle actividades, accidentes e incidentes.

El proceso de implementación de un SGSST en las empresas grandes y en las Pymes, difieren por sus características propias individuales, para lo cual [2], sugiere las siguientes etapas para las Pymes:

1. Pre-implementación: La primera etapa en buscar el compromiso con la alta dirección, la asignación de recursos y nombramiento de un líder del proyecto.

2. Evaluación de preparación (situacional): En esta etapa se evalúan diferentes elementos como son, la comunicación de la organización y toma de decisiones efectiva; personas con las competencias para implementar un sistema de gestión, disposición de procesos apropiados para la implementación, capacidades y habilidades gerenciales en SST; cultura organizacional en SST integrada en los procesos, herramientas para gestionar los peligros.

3. Implementación del SGSST: La implementación del SGSST implica la puesta en marcha alineado a la dirección estratégica en términos de prioridades, KPI, cronogramas, responsables, recursos financieros, no financieros. Además de capacitar al personal en SST y establecer los procesos, procedimientos y prácticas para la implementación de la SST de manera efectiva.

4. Evaluación y mejora continua: Una vez que se ha implementado el SGSST, es importante evaluar su efectividad y realizar mejoras continuas para garantizar su eficacia y eficiencia, mediante evaluaciones comparativas y del desempeño de la SST.

Para evaluar un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo existen diferentes enfoques para comprobar su eficacia. Por ello [20] determina que existe diferentes instrumentos para evaluar el desempeño de la SST, pero cada uno es específico para un sector o tipo o de empresa y no se puede aplicar de manera general, siendo estos de índole reactivo y proactivo o combinación de ellos. Por otro lado [21] determina que existe tres principales métodos para la medición del desempeño del SGSST como son: indicadores, cuestionarios, herramientas de diagnóstico de gestión de la SST, y otros. En el Ecuador, al ser voluntario, la implementación de un SGSST se aplica de manera específica una lista de chequeo de verificación del cumplimiento legal para empresas de uno a diez trabajadores y otra para más de diez trabajadores.

Los factores fundamentales en la implementación de SGSST en las Pymes son: la formación, el compromiso de la gerencia, la gestión del riesgo y comunicación; así como el apoyo de terceras partes y el gobierno [22]; la organización, políticas, la cultura de seguridad y las inversiones [23].

Los factores que impactan en la seguridad y salud en el trabajo son: la informalidad, las regulaciones sobre el embarazo de mujeres, nuevas tecnologías, nuevos tipos de trabajo, incluido el teletrabajo, envejecimiento de la población [24]. Otros factores que considera [25] son extrínsecos como: la formación, las condiciones de trabajo, el compromiso de la dirección, el sistema de gestión de SST con sus políticas y procedimientos de seguridad y salud; o intrínsecos de las personas como son: factores psicológicos, comportamiento, actitudes y satisfacción. Estos son parte integral cuando se abordan los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo

La cultura organizacional en los sistemas de gestión tiene una estrecha relación con los principios de calidad como son el liderazgo, compromiso de las personas y mejora continua; por lo cual, el componente humano es un factor clave en la aplicación de las normas ISO u otros estándares de gestión de la SST. Además, la cultura en el ámbito de la seguridad y salud en trabajadores nuevos, temporales, subcontratados o de agencias tienen más probabilidades de sufrir accidentes en el trabajo, debido a la poca capacitación y mala inducción en SST [26].

Discusión

Los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SGSST) han demostrado ser una herramienta útil para mejorar la gestión de la seguridad y salud en las pequeñas y medianas empresas (Pymes). A pesar de la evidencia existente, todavía los sistemas de gestión de seguridad diseñados no funcionan adecuadamente; si bien han evolucionado los sistemas de gestión hasta llegar a la calidad total, estos siguen defectuosos por temas estructurales, mas no por factores organizativos, como son la cultura de la seguridad en las organizaciones [27]. Debido a que su implementación se lo realiza mayormente de manera documental que desde un enfoque organizacional y humano.

En los últimos años muchas empresas han adoptado estos sistemas de gestión de seguridad, sin embargo, estas deben incluir una evaluación más precisa de los incumplimientos de la normativa legal y como estos pueden ayudar a anticiparse, prevenir y controlar los riesgos. Se debe considerar que los entes reguladores deben ser menos punitivos y brindar las mejores herramientas y metodologías que ayuden a ser más proactivos que reactivos en la gestión de la seguridad y salud de los trabajadores [14].

Es así como, uno de los desafíos que las Pymes se enfrentan para implementar los SGSST son los costos, el compromiso de la gerencia y la cultura de la seguridad, dificultad de los trabajadores, complejidad de los estándares [8]. Que luego se ve reflejado en el fracaso de las implementaciones de la SST [2]. Por ello, muchas empresas pequeñas y medianas no aplican un sistema de gestión de la SST, y tratan de cumplir lo mínimo que exige la normativa legal en el ámbito de la seguridad y salud en el trabajo.

La evaluación de un sistema de gestión es uno de los aspectos claves para comprobar su eficacia y si ello está agregando valor al objetivo propuesto, esto se confirma si estas muestran una mejoría frente a las que no lo hacen, lo cual requieren que su evaluación se lo realice desde la perspectiva de seguridad mediante indicadores reactivos y proactivos, puesto que, en varias organizaciones existe ambigüedad al momento de la evaluación [28]. Por eso, se requiere herramientas de evaluación acorde al tamaño de las empresas Pymes y que tengan relación con el modelo de gestión de la SST implementado, el cual debe ser más flexible y menos documental.

Los factores de éxito de un sistema de gestión de la SST van más allá de solo las inversiones que implica mantener un sistema de gestión y que no se pueda medir su desempeño de la SST [23], sino la actualización de la norma ISO 45001, que todos los involucrados en los sistemas de gestión deben capacitarse y entender a esta normativa [24]. Además, la formación es un aspecto importante, puesto que mejora el desempeño de la seguridad y la competencia laboral de los trabajadores [25], así como el uso de equipos de protección personal, que la mayoría de las Pymes no dispone para mitigar los riesgos laborales [29].

Por ello, la importancia de los factores mediadores, como la cultura de seguridad, la motivación de los empleados, la reputación de seguridad incide en el desempeño de las organizaciones [5]. Y que para mejorar el desempeño de la SST debe existir un trabajo coordinado, el compromiso de la gerencia, la participación activa de los trabajadores, sobre todo cuando ocurre un accidente, no se debe tener prejuicios, puesto que afecta a la cultura de la seguridad [30].

Finalmente, se recomienda que se amplíe la revisión de literatura en otros idiomas y bases de datos que sirvan para el desarrollo de futuros proyectos en el tema abordado.

Referencias

1. OIT (2011). Sistema de gestión de la SST: una herramienta para la mejora continua. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms_154127.pdf. Accedido el 20 de Junio de 2023

2. Magd, H, Nzomkunda, A., & Al Busaidi, M. (2020). Exploring Health, Safety and Environment Management Practices across Small-Medium Enterprises in Oman: Review & Recommendations. International Journal of Social Science and Economics Invention, 6(09), 342-350. https://doi.org/10.23958/ijssei/vol06-i09/236. Accedido el 10 de Mayo de 2023

3. Barbosa, C., Azevedo, R. y Rodrigues, A. (2019). Occupational safety and health performance indicators in SMEs: A literature review. Work, 64(2), 217-227. https://content.iospress.com/articles/work/wor192988. Accedido el 16 de Febrero de 2023

4. Tremblay A. y Badri A. (2018), Assessment of occupational health and safety performance evaluation tools: State of the art and challenges for small and medium-sized enterprises. Safety Science 101, 260-267. http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2017.09.016. Accedido el 8 de Febrero de 2023

5. Kornelius, H. (2018). Linking occupational health and safety management to sustainable competitive advantage of the firm. Journal of Economics and Business, 1(4), 577-583. https://doi.org/10.31014/aior.1992.01.04.51. Accedido el 7 de Junio de 2023

6. Wang, Y., Chen, H., Liu, B., Yang, M., & Long, Q. (2020). A systematic review on the research progress and evolving trends of occupational health and safety management: A bibliometric analysis of mapping knowledge domains. Frontiers in public health, 8. https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00081. Accedido el 2 de Mayo de 2023

7. Marhavilas, P., Koulouriotis, D., Nikolaou, I., & Tsotoulidou, S. (2018). International occupational health and safety management-systems standards as a frame for the sustainability: Mapping the territory. Sustainability, 10(10), 3663. https://doi.org/10.3390/su10103663. Accedido el 11 de Junio de 2023

8. Marhavilas, P. K., & Koulouriotis, D. E. (2021). Risk-acceptance criteria in occupational health and safety risk-assessment—the state-of-the-art through a systematic literature review. Safety, 7(4), 77. https://doi.org/10.3390/safety7040077. Accedido el 10 de Junio de 2023

9. Mena, S., Muyulema, J., Bermeo, J., & Reyes, F. (2022). La norma ISO 45001:2018 y la reducción de accidentabilidad en empresas resilientes. Una revisión sistemática. AlfaPublicaciones, 4(3.1), 187–213. https://doi.org/10.33262/ap.v4i3.1.247. Accedido el 8 de Junio de 2023

10. Li, Y., & Guldenmund, F. (2018). Safety management systems: A broad overview of the literature. Safety Science. 103. 94-123. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2017.11.016. Accedido el 20 de Marzo de 2023

11. Neto, J., Lu, H., Silva, D., Moro, A., & Ensslin, S.(2023). Occupational health and safety management systems: opportunities and challenges: Sistemas de gestão de saúde e segurança no trabalho: oportunidades e desafios. Studies in engineering and exact sciences, 4(1), 13-34. https://doi.org/10.54021/sesv4n1-002. Accedido el 2 de Abril de 2023

12. Gándara, D., Rodríguez, Y. Pertuz, J. Vega, L. & Marrugo, Y. (2017). Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo en Latinoamérica: una revisión desde la integración HSEQ . Revista Científica Multidisciplinaria. 2 (1). 38-45. https://core.ac.uk/download/pdf/336861454.pdf. Accedido el 20 de Abril de 2023

13. García, D., Navarro, K., & Parra, L. (2020). Desarrollo de los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo en Colombia a partir del Decreto 1072: una revisión sistemática. VIeI, 15 (2). https://doi.org/10.15332/19090528/6242. Accedido el 17 de Abril de 2023

14. Salguero, F., Pardo, M., Martínez, M., & Rubio, J. (2020). Management of legal compliance in occupational health and safety. A literature review. Safety Science, 121. 111-118. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.08.033. Accedido el 06 de Junio de 2023.

15. CAN (2004). Decisión 584 Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el trabajo. Comunidad Andina de Naciones http://www.sice.oas.org/trade/junac/decisiones/dec584s.asp. Accedido el 20 de Junio de 2023

16. Luna, M. Álvarez, D. & Soledispa, S. (2017). Aspectos legales y técnicos para diseñar un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo para universidades ecuatorianas. Compendium. 20 (38) https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=88051773004. Accedido el 20 de Abril de 2023

17. Lema, F., Quevedo, M., Ocho, J., & Ormaza, J. (2021). Análisis de la estructura organizacional de seguridad y salud ocupacional, una revisión desde la legislación Ecuatoriana. Dominio de las ciencias. 7(5). https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2279. Accedido el 22 de Abril de 2023

18. Albújar, C., Celis, D., Rojas, E., & Medina, I. (2022). Plataformas digitales y los indicadores en el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo: una revisión sistemática. Dyna. 7. https://doi.org/10.15446/dyna.v89n224.103170. Accedido el 16 de Enero de 2023

19. Másmela, R., Jiménez, E., & Rozo, P. (2021). Herramientas digitales para la seguridad y salud en el trabajo: revisión sistemática. Publicaciones E Investigación, 15(4). https://doi.org/10.22490/25394088.5601. Accedido el 22 de Mayo de 2023

20. Jemai, H., Badri, A., & Ben Fredj, N. (2021). State of the Art and Challenges for Occupational Health and Safety Performance Evaluation Tools. Safety. 7(3) 64. 1-20. https://doi.org/10.3390/safety7030064. Accedido el 25 de Mayo de 2023

21. Vera, C., Rodríguez, Y., & Hernández, H. (2022). Medición del desempeño del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo: revisión sistemática de literatura. Revista CEA, 8 (18). E2052. https://doi.org/10.22430/24223182.2052. Accedido el 27 de Mayo de 2023

22. Tejamaya, M., Puspoprodjo, W., Susetyo, H., & Modjo, R. (2021). An analysis of pivotal factors in the implementation of occupational health and safety management systems in micro, small and medium enterprises (MSMEs): Literature review. Gaceta Sanitaria, 35 (2). S348-S359. https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2021.10.050. Accedido el 20 de Mayo de 2023

23. Guo, Ch., Jiang, F., Chen, T., & Li, Y. (2021). A Review of Research Topics of Safety Management Systems. Journal of Physics: Conference Series. 1827. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1827/1/012052/pdf. Accedido el 25 de Mayo de 2023

24. Oviedo, R., Defranc, P., & Otero, T. (2018). Seguridad y salud laboral: una revisión en el contexto actual, a propósito de la nueva ISO 45.001. Dominio de las ciencias. 4(2). https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/823. Accedido el 9 de Junio de 2023

25. Khan, S. B., Proverbs, D. G., & Xiao, H. (2022). The motivation of operatives in small construction firms towards health and safety–A conceptual framework. Engineering, Construction and Architectural Management, 29(1), 245-261. https://doi.org/10.1108/ecam-06-2020-0399. Accedido el 10 de Junio de 2023

26. Aldana, L. y Rincón, O. (2020). Cultura organizacional y su relación con los Sistemas de gestión. Una Revisión bibliográfica. Signos, Investigación en Sistemas de Gestión, 13(2). https://revistas.usantotomas.edu.co/index.php/signos/article/view/6675/6452. Accedido el 16 de Junio de 2023

27. Swuste, P., Gulijk, C., Groeneweg, J., Guldenmund, F., Zwaard, W., & Lemkowitz, S. (2020). Occupational safety and safety management between 1988 and 2010: Review of safety literature in English and Dutch language scientific literature. Safety Science. 121. 303-318. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.08.032. Accedido el 16 de Junio de 2023

28. Jazayeri, E., & Dadi, G. B. (2017). Construction safety management systems and methods of safety performance measurement: A review. Journal of Safety Engineering, 6(2), 15-28. https://www.researchgate.net/profile/Elyas-Jazayeri/publication/319086278_Construction_Safety_Management_Systems_and_Methods_of_Safety_Performance_Measurement_A_Review/links/598f1185a6fdcc10d80464d3/Construction-Safety-Management-Systems-and-Methods-of-Safety-Performance-Measurement-A-Review.pdf. Accedido el 18 de Junio de 2023

29. Mladenovska, D., & Dubravac, I. (2021). Weaknesses regarding occupational health and safety in Macedonian companies. Safety Engineering, 11(1), 31-36. https://doi.org/10.5937/se2101031m. Accedido el 18 de Junio de 2023

30. Claxton, G., Hosie, P., & Sharma, P. (2022). Toward an effective occupational health and safety culture: A multiple stakeholder perspective. Journal of safety research. 82. 57-67. https://doi.org/10.1016/j.jsr.2022.04.006. Accedido el 19 de Junio de 2023

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

IBARRA - ECUADOR

EDITORIAL UTN

IBARRA - ECUADOR

37 AÑOS UTN

RERCIE

Red de Editores y Revistas Científicas Ecuatorianas