



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**EVALUACIÓN DE LA CONFIABILIDAD HUMANA MEDIANTE TÉCNICAS
ESTADÍSTICAS MULTIVARIANTES**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero Automotriz

AUTORES: RAMIRO ANDRÉS CAGUANA CAGUANA

JOSÉ MIHAEL PALACIOS INTRIAGO

TUTOR: ING. CRISTIAN LEONARDO GARCÍA GARCÍA, PhD.

Cuenca - Ecuador

2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Ramiro Andrés Caguana Caguana con documento de identificación N° 0106508948 y José Mihael Palacios Intriago con documento de identificación N° 0706691250; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 4 de julio del 2023

Atentamente,



Ramiro Andrés Caguana Caguana

0106508948



José Mihael Palacios Intriago

0706691250

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Ramiro Andrés Caguana Caguana con documento de identificación N° 0106508948 y José Mihael Palacios Intriago con documento de identificación N° 0706691250, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto técnico: “Evaluación de la confiabilidad humana mediante técnicas estadísticas multivariantes”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 4 de julio del 2023

Atentamente,

Ramiro Andrés Caguana Caguana

0106508948

José Mihael Palacios Intriago

0706691250

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Cristian Leonardo García García con documento de identificación N° 0103898318, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: EVALUACIÓN DE LA CONFIABILIDAD HUMANA MEDIANTE TÉCNICAS ESTADÍSTICAS MULTIVARIANTES, realizado por Ramiro Andrés Caguana Caguana con documento de identificación N° 0106508948 y por José Mihael Palacios Intriago con documento de identificación N° 0706691250, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 4 de julio del 2023

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a horizontal line across the middle, positioned above a horizontal line.

Ing. Cristian Leonardo García García, PhD.

0103898318

DEDICATORIA

Con cariño y gratitud quiero dedicar este trabajo a mis padres Ramiro y Nelly por todo el amor, las enseñanzas y el apoyo incondicional que siempre me brindan para seguir avanzando con paso firme, por brindarme valores que me hicieron crecer como persona a lo largo de estos años, y hacerme entender que un profesional no solo significa tener un título universitario.

Dedico a mis hermanos por estar ahí junto a mí en todo momento, entregándome alegría con sus travesuras y locuras.

Ramiro Andrés Caguana Caguana

DEDICATORIA

Este proceso está dedicado con gratitud a todas las personas que han sido fundamentales en mi camino hacia la pasión por la industria automotriz. En especial, quiero reconocer y agradecer a mi padre, Patricio, y a mi madre, Esther, por inculcarme desde temprana edad el amor por esta profesión.

Agradezco también a mis familiares, quienes han estado presentes y me han apoyado en algo diferente a lo que hemos estado acostumbrados. A mis amigos más cercanos, les agradezco profundamente su creencia en mí y su inquebrantable apoyo a pesar de las circunstancias. Su amistad ha sido invaluable en este viaje.

Por último, quiero expresar mi cariño y reconocer a todas las personas que he conocido a lo largo de mi trayectoria universitaria en busca de este título. Su contribución y compañía han dejado una huella significativa en mi vida.

Con cariño.

Jose Mihael Palacios Intriago

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, por permitirme culminar mi carrera universitaria, me ha brindado la inteligencia y sabiduría para poder seguir creciendo en mi vida personal y profesional.

A mis padres Ramiro y Nelly que siempre han estado presentes entregándome su apoyo incondicional y me supieron guiar por el camino del bien, gracias a ellos por enseñarme que, por más dificultades que se presenten nunca debemos bajar los brazos, son un claro ejemplo de esfuerzo y dedicación.

A mis hermanos Kevin, Jostin y Joel que son un pilar importante en mi vida, siempre han estado conmigo y me han apoyado para ser una persona de bien.

Al ingeniero Cristián García, que me ha brindado su ayuda y conocimientos durante mi carrera universitaria.

A toda mi familia y amigos que siempre estuvieron apoyándome a lo largo de estos años.

Ramiro Andrés Caguana

AGRADECIMIENTO

Quisiera aprovechar este espacio para expresar mi profundo agradecimiento a dios, agradecer a mi familia, quienes han sido mi mayor apoyo en todo momento. A mi padre, Patricio, y a mi madre, Esther, les agradezco infinitamente por su amor incondicional, por su constante motivación y por creer en mí cuando las dificultades surgían.

Agradezco también a mis amigos y seres queridos por su comprensión y por brindarme momentos de distracción y alivio durante los desafiantes períodos de trabajo. Su presencia en mi vida es invaluable.

De igual manera agradecer a mi tutor, el ingeniero Cristián García, por su guía experta y valiosa durante todo el proceso de investigación. Sus conocimientos, dedicación y paciencia fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

Jose Mihael Palacios Intriago

RESUMEN

En el presente documento se evaluará los distintos aspectos que inciden en la confiabilidad humana dentro del área de mantenimiento automotriz a través de técnicas estadísticas multivariantes. Para esto se ha realizado un estudio teórico para adquirir conocimientos sobre la ciencia de las técnicas estadísticas multivariantes y sobre la importancia de el error humano en el mantenimiento.

Después se desarrolló un cuestionario con las distintas variables establecidas previamente sobre la confiabilidad humana. El cuestionario se aplicó a profesionales encargados del mantenimiento automotriz y esto otorgó una base de datos con la que se realizó todo el estudio.

A continuación se analizó la base de datos estudiando el índice Alfa de Cronbach, y de igual forma se verificó su normalidad, para realizar un análisis factorial exploratorio donde se confirman las estructuras del modelo de ecuaciones estructurales. Finalmente se analizó y se realizó algunas modificaciones para mejorar los distintos parámetros de ajuste.

Palabras Claves: Confiabilidad, Técnicas Estadísticas Multivariantes.

ABSTRAC

In this document, the different aspects that affect human reliability within the automotive maintenance area will be evaluated through multivariate statistical techniques. For this, a theoretical study has been carried out to acquire knowledge about the science of multivariate statistical techniques and about the importance of human error in maintenance.

Afterwards, a questionnaire was developed with the different variables previously established on human reliability. The questionnaire was applied to professionals in charge of automotive maintenance and this provided a database with which the entire study was carried out.

Next, the database was analyzed by studying the Cronbach's Alpha index, and in the same way its normality was verified, to carry out an exploratory factor analysis where the structures of the structural equation model are confirmed. Finally, it was analyzed and some modifications were made to improve the different adjustment parameters.

Keywords: *Reliability, Multivariate Statistical Techniques.*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	I
ABSTRAC	II
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE ANEXOS	IX
INTRODUCCIÓN	X
PROBLEMA.....	XI
ANTECEDENTES	XI
IMPORTANCIA Y ALCANCES.....	XI
DELIMITACIÓN	XII
OBJETIVOS	XIV
Objetivo General.....	XIV
Objetivos Específicos.....	XIV
1 CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN A LA CONFIABILIDAD HUMANA Y A LA ESTADÍSTICA MULTIVARIANTE.....	1
1.1 Importancia del mantenimiento	1
1.1.1 Parámetros Rams	2
1.1.2 Modelos de coste.....	2
1.1.3 Factor humano	3
1.2 Confiabilidad Humana	3
1.2.1 Como Evaluar la Confiabilidad Humana.....	5
1.3 Validación de los Cuestionarios.....	7
1.4 Modelo de Ecuaciones Estructurales	7
1.5 Tipos de Variables en SEM	8
1.5.1 Variable Observada o Indicador	8
1.5.2 Variables Latentes.....	8

1.5.3	Variables Errores	9
1.5.4	Variables Exógenas.....	9
1.5.5	Variables Endógenas.....	9
1.5.6	Variables de Agrupación.....	9
1.6	Tipos de relaciones entre variables	9
1.6.1	Covariación.....	9
1.6.2	Causalidad.....	10
1.6.3	Espuria	11
1.6.4	Recíproca	11
1.7	Lenguaje utilizado en un sistema de ecuaciones estructurales (SEM)	12
1.8	Elementos de un modelo de ecuaciones estructurales SEM	13
1.8.1	Modelo de Medida	13
1.8.2	Modelo Estructural.....	14
1.9	Fases de un modelo de ecuaciones estructurales SEM	14
1.10	Software y métodos estadísticos utilizados en el modelado de ecuaciones estructurales	17
1.10.1	AMOS	17
1.10.2	SPSS24.....	18
1.10.3	Método estadístico Alpha de Cronbach	19
1.11	Análisis Factorial en el modelo de ecuaciones estructurales	20
1.11.1	Análisis Factorial Confirmatorio	20
1.12	Análisis Factorial Exploratorio	21
2	CAPITULO 2: ELABORACIÓN Y APLICACIÓN DE CUESTIONARIOS A RESPONSABLES EN EL ÁREA DEL MANTENIMIENTO	22
2.1	Elaboración del Formulario	22
2.2	Aplicación del formulario	23
2.3	Tamaño de la muestra	23
2.4	Ítems que conforman el cuestionario	23
3	CAPITULO 3: DESARROLLO Y ANÁLISIS DEL MODELO DE ECUACIONES ESTRUCTURALES	45
3.1	Presentación y estudio de la base de datos.....	45
3.2	Fiabilidad de los constructos. Alfa de Cronbach	58
3.3	Análisis factorial exploratorio.....	59
3.4	Análisis Factorial Confirmatorio	63
3.4.1	Especificación del modelo	63
3.4.2	Identificación del modelo	67
3.4.3	Estimación de Parámetros.....	69
3.4.4	Análisis y adecuación del modelo.....	72
3.4.5	Modificación del modelo	73
3.4.6	Análisis del modelo modificado	75
3.5	Análisis de resultados	78

4	CONCLUSIONES	85
5	RECOMENDACIONES.....	87
6	BIBLIOGRAFÍA	88
7	ANEXOS	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación de la ciudad de Cuenca</i>	XII
Figura 2 <i>Ubicación de la ciudad de Huaquillas</i>	XIII
Figura 1 <i>Confiabilidad en sistema hombre máquina</i>	4
Figura 2 <i>Representación gráfica de la Covariación</i>	10
Figura 3 <i>Representación gráfica de la Causalidad</i>	10
Figura 4 <i>Representación gráfica de la Relación Espuria</i>	11
Figura 5 <i>Representación gráfica de la Relación Recíproca</i>	12
Figura 6 <i>Representación gráfica del lenguaje utilizado en (SEM)</i>	12
Figura 7 <i>Gráfica de porcentajes de F1.1</i>	25
Figura 8 <i>Gráfica de porcentajes de F1.2</i>	26
Figura 9 <i>Gráfica de porcentajes de F1.3</i>	27
Figura 10 <i>Gráfica de porcentajes de C2.1</i>	28
Figura 11 <i>Gráfica de porcentajes de C2.2</i>	29
Figura 12 <i>Gráfica de porcentajes de C2.3</i>	30
Figura 13 <i>Gráfica de porcentajes de P3.1</i>	31
Figura 14 <i>Gráfica de porcentajes de P3.2</i>	32
Figura 15 <i>Gráfica de porcentajes de P3.3</i>	33
Figura 16 <i>Gráfica de porcentajes de C4.1</i>	34
Figura 17 <i>Gráfica de porcentajes de C4.2</i>	35
Figura 18 <i>Gráfica de porcentajes de C4.3</i>	36
Figura 19 <i>Gráfica de porcentajes de D5.1</i>	37
Figura 20 <i>Gráfica de porcentajes de D5.2</i>	38

Figura 21 <i>Gráfica de porcentajes de E6.1</i>	39
Figura 22 <i>Gráfica de porcentajes de E6.2</i>	40
Figura 23 <i>Gráfica de porcentajes de P7.1</i>	41
Figura 24 <i>Gráfica de porcentajes de P7.2</i>	42
Figura 25 <i>Gráfica de porcentajes de U8.1</i>	43
Figura 26 <i>Gráfica de porcentajes de U8.2</i>	44
Figura 27 <i>Gráfica de Sedimentación</i>	61
Figura 28 <i>Primer modelo de ecuaciones estructurales</i>	65
Figura 29 <i>Modelo de ecuaciones estructurales con seis factores</i>	66
Figura 30 <i>Valores fijos en el modelo de ecuaciones estructurales</i>	68
Figura 31 <i>Modelo estimado por el método de Máxima Verosimilitud</i>	70
Figura 32 <i>Valores de regresión en las variables no observables</i>	71
Figura 33 <i>Modelo de ecuaciones estructurales final</i>	75
Figura 34 <i>Modelo de ecuaciones estructurales final</i>	78
Figura 35 <i>Gráfica de barras de D6.1 y D6.2</i>	79
Figura 36 <i>Gráfica de barras de F1.1, F1.2 y F1.3</i>	80
Figura 37 <i>Gráfica de barras de C2.1, C2.2 y C2.3</i>	81
Figura 38 <i>Gráfica de barras de P3.1, P3.2 y P3.3</i>	82
Figura 39 <i>Gráfica de barras de C4.1, C4.2 y C4.3</i>	83
Figura 40 <i>Gráfica de barras de E5.1 y E5.2</i>	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Número de muestras y sus localidades</i>	45
Tabla 2 <i>Variables y sus observaciones</i>	46
Tabla 3 <i>Estadísticos descriptivos. Variables observadas.</i>	47
Tabla 4 <i>Matriz de Correlaciones de las variables observables.</i>	57
Tabla 5 <i>Alpha de Cronbach del cuestionario</i>	58
Tabla 6 <i>Alpha de Cronbach si se elimina algun elemento</i>	59
Tabla 7 <i>Prueba de KMO y Bartlett</i>	60
Tabla 8 <i>Varianza Total explicada.</i>	62
Tabla 9 <i>Factores y variables que lo componen</i>	63
Tabla 10 <i>Identificación de las variables latentes.</i>	64
Tabla 11 <i>Componentes de las variables endógenas</i>	64
Tabla 12 <i>Variables con sus coeficientes de regresión</i>	66
Tabla 13 <i>Ecuaciones del modelo estructural</i>	67
Tabla 14 <i>Resumen de parámetros (AMOS).</i>	69
Tabla 15 <i>Ecuaciones de las variables endógenas, modelo de medida</i>	72
Tabla 16 <i>Estadísticos de bondad de ajuste</i>	73
Tabla 17 <i>Relación planteada por el software AMOS</i>	74
Tabla 18 <i>Valores de bondad de ajuste, modelo original y posteriormente modificado</i> ..	74
Tabla 19 <i>Grados de libertad modelo de ecuaciones estructurales modificado</i>	76
Tabla 20 <i>Estimadores de significancia de las variables latentes</i>	76
Tabla 21 <i>Estimados estandarizados de las variables observadas</i>	77

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 <i>Cuestionario del Proyecto</i>	92
---	----

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento en sentido general puede entenderse como una actividad encaminada a mantener una máquina o producto en óptimas condiciones de funcionamiento. Sin embargo, con el tiempo, el concepto ha evolucionado para incluir aspectos más complejos y convertirlo en un proceso altamente eficiente para las empresas.

Una gestión eficaz del mantenimiento en una empresa puede traer importantes beneficios económicos, por lo que es importante enfatizar el elemento humano y su relación directa con el mantenimiento. Gran parte del éxito de las actividades de mantenimiento está relacionado con el personal que realiza estas actividades, por lo que es necesario conocer los parámetros clave que influyen en esta relación.

Por lo general, un plan de mantenimiento considera solo que los equipos de la empresa se mantengan en buen estado de funcionamiento y que se administren el tiempo, el costo, los materiales y los elementos esenciales para completar la tarea de mantenimiento, pero también es importante considerar los beneficios que una gestión adecuada del factor humano puede traer.

Este trabajo se desarrolla con un enfoque en la gestión del mantenimiento del factor humano, enfatizando los aspectos más importantes e influyentes en la confiabilidad humana, con el fin de optimizar las diferentes variables que se deben considerar al realizar la gestión del mantenimiento automotriz.

PROBLEMA

En el área de mantenimiento automotriz existen varios factores que se necesitan para tomar decisiones y ejecutar acciones ya sean estas planificadas o diarias, impulsando el desarrollo de la confiabilidad del personal. Gestionar erróneamente un plan de mantenimiento puede conllevar consecuencias al grupo laboral en sí, como tiempos muertos, velocidad de proceso menor y pérdidas económicas significativas afectando notablemente la productividad de la empresa. Por lo cual nace la necesidad de cuantificar los factores que afectan a la confiabilidad humana a través de técnicas estadísticas.

ANTECEDENTES

El área del mantenimiento automotriz abarca muchos factores necesarios para evaluar el error humano, ya sean estas diarias o planificadas, impulsando el desarrollo de una variante eficaz para mantenimiento. La gestión de las tareas de mantenimiento requiere la evaluación constante de diversos fenómenos para tomar la decisión final (parámetros técnicos, humanos y económicos), lo que en algunos casos puede convertirse en una tarea difícil si no se realiza correctamente. La planificación del mantenimiento generalmente se enfoca en la gestión de factores financieros y administrativos, la programación de actividades de mantenimiento, el inventario de repuestos, los costos operativos y otras actividades necesarias para garantizar operaciones comerciales sin problemas. Sin embargo, la gestión del mantenimiento a menudo ignora el factor humano, lo que hace que se desperdicien valiosos recursos de la empresa y existan inconvenientes durante los procesos.

IMPORTANCIA Y ALCANCES

Considerando que una mala gestión del plan de mantenimiento puede traer consigo aspectos negativos como tiempos de inactividad, reducción de la velocidad de procesamiento y

Figura 2

Ubicación de la ciudad de Huaquillas



Nota. Mapa de la ciudad de Huaquillas, Tomado de *Google Maps* 2023.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar la confiabilidad humana dentro del área de mantenimiento, mediante técnicas estadísticas multivariantes.

Objetivos Específicos

- Estudiar el estado del arte que rigen a la estadística multivariante para determinar la técnica aplicable al caso de estudio sobre la confiabilidad humana.
- Construir un cuestionario que permita la identificación de las variables que afectan a la confiabilidad humana, recopilar la información necesaria aplicando cuestionarios a expertos en el área de mantenimiento automotriz, para la obtención de una base de datos.
- Analizar el modelo propuesto para establecer sus índices de ajuste, para determinar la relación entre la confiabilidad humana y mantenimiento.

1 **CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN A LA CONFIABILIDAD HUMANA Y A LA ESTADÍSTICA MULTIVARIANTE**

1.1 Importancia del mantenimiento

Una operativa de mantenimiento industrial puede ser un conjunto de técnicas destinadas a lograr un uso óptimo de los activos de producción y mantenerlos en las condiciones necesarias para una producción eficiente. De esta definición se pueden extraer los siguientes elementos, en los que el elemento humano tiene una influencia decisiva: • Estado requerido.

- Requisitos de disponibilidad o protección.
- Un conjunto de técnicas y procedimientos de protección.
- Acciones relacionadas con el reemplazo, reparación o modificación de una unidad, componente, dispositivo o sistema de un objeto.

Se puede observar que el elemento relacionado con el conocimiento ha aparecido bajo la forma de mantenimiento, ya que la tecnología puede definirse como la forma o manera en que se realiza una actividad, indicando así la presencia o ausencia de capital intelectual combinado con un activo. Ciertas actividades o actividades industriales o de mantenimiento personal requieren habilidades o conocimientos muy específicos y aleatorios y tienen un alto valor estratégico, lo que implica complejidad y un gran esfuerzo para su registro, transferencia y aplicación. El cumplimiento de los requisitos de disponibilidad de equipos e instalaciones incluye la realización de actividades de mantenimiento en situaciones de alta disponibilidad e incertidumbre, donde el contenido de información altamente dinámico, perecedero y específico y su uso son esenciales

para mejorar la eficiencia de la instalación. De lo contrario, el mantenimiento de la planta tendría que enfrentar altos costos de intervención basados en búsquedas de información repetidas e inconsistentes durante la detección, diagnóstico, prevención y eliminación de defectos. La gestión del mantenimiento es una actividad muy responsable en la industria automotriz, por lo que es importante utilizar las herramientas disponibles en la actualidad que ayudan a aumentar la eficiencia y cumplir con todos los estándares de calidad, costos de producción, etc. Esta herramienta es TPM o más comúnmente conocido como Mantenimiento Productivo Total y es muy efectivo en las industrias donde se utiliza porque combina varias actividades y métodos para aprovechar mejor la capacidad de producción. Este proyecto surge de la necesidad de gestionar de forma eficaz el mantenimiento, que muchas veces es una tarea compleja por la necesidad de gestionar diversas actividades, tanto administrativas como de personal. Para una correcta administración se debe tener en cuenta tres pilares primordiales los cuales son:

- Parámetros Rams
- Modelos de coste
- Factor humano

1.1.1 Parámetros Rams

Este pilar tiene que ver con la confiabilidad, ya sea confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad o factores de seguridad. Por tanto, este pilar puede desear como uno de los más fuertes ya que ayuda a mejorar la eficiencia de la gestión del mantenimiento.(Galar et al., 2014)

1.1.2 Modelos de coste

El modelo de costos es muy importante, porque permite obtener y analizar todos estos indicadores de carácter financiero, que de alguna manera hacen que la alta dirección de la empresa

preste atención más a la efectividad del mantenimiento basado en costos. Considere también los que están fácilmente disponibles y los que no lo están.

1.1.3 Factor humano

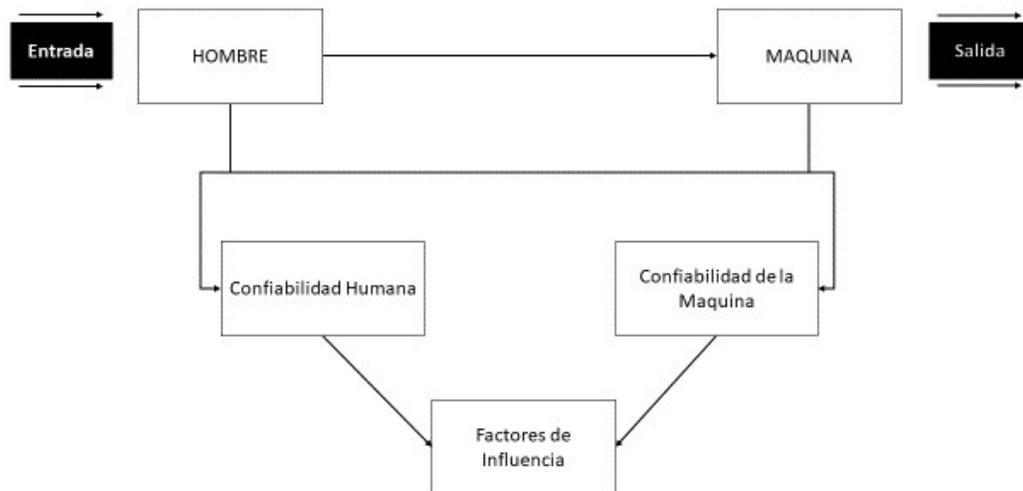
En general, el desempeño en la gestión del mantenimiento es una variable afectada por errores humanos, problemas técnicos e incluso problemas financieros. Los errores humanos, así como su ocurrencia diaria en todos los procesos, afectan en gran medida la confiabilidad de los sistemas complejos, la confiabilidad general de los equipos, los procesos de mantenimiento y la seguridad general de las personas y el medio ambiente. El factor humano, va directamente relacionado con el éxito de una tarea de la empresa o una operación de la misma, la atención es parte importante en cuanto a una buena ejecución y funcionamiento de los procesos.

1.2 Confiabilidad Humana

Si se considera la confiabilidad al evaluar el desempeño del sistema, se puede dividir en dos subcategorías: La confiabilidad del sistema es la probabilidad de que un sistema diseñado para operar en un momento dado funcione correctamente en el momento inicial. Por otro lado, la confiabilidad de misión evalúa la probabilidad de que el sistema realice una tarea esperada, bajo la condición de que los sistemas auxiliares funcionan en un estado inicial. No obstante, en vista de que la presente se propone estudiar al ser humano como sistema, es preciso categorizar toda una serie de factores que lo encasillan como tal.(Nelson, 1997)

Figura 3

Confiabilidad en sistema hombre máquina



Nota. El gráfico representa la relación que existe entre el hombre y la máquina los cuales son factores de influencia para un buen desempeño en su área de trabajo o procesos.

Métodos estructurados de comportamiento humano y la disección de errores se puede expresar para estimar sistemáticamente características de plan del sistema y estimar su talento cuando en imagen con los objetivos funcionales ora de confiabilidad para explotación inmaterial del sistema. En particular, la falta humana. El análisis se puede utilizar para ayudar a identificar posibles errores humanos, cómo interactúan con otros errores y componentes fallas que conducen a consecuencias graves y posibles estrategias para prevenir o mitigar las consecuencias de errores específicos.

1.2.1 Como Evaluar la Confiabilidad Humana

Existen muchas variables relacionadas con los factores humanos en la gestión del mantenimiento, tales como: rendimiento, eficiencia, fatiga, factores económicos, etc. Recientemente, se ha vuelto muy importante estudiar los errores humanos que pueden ocurrir en cualquier actividad de mantenimiento, por lo que es importante definir las variables que suceden a los factores humanos y en qué medida suceden al mantenimiento.(Morag et al., 2018)

Las variables o factores que se consideran en los trabajos en los procesos de mantenimiento son los siguientes:

- Fatiga de los trabajadores
- Creencias personales
- Presiones de tiempo
- Comunicación y coordinación
- Documentación
- Experiencia Laboral
- Procedimientos Erróneos
- Uso de procedimientos

- **Fatiga de los trabajadores**

Este factor se basa en la escala del Síndrome de Burnout, que se enfoca en cómo la fatiga o el agotamiento de un investigador afecta el desempeño de las actividades de mantenimiento.

- **Creencias personales**

Este factor se basa en la disciplina de una persona o el respeto y la confianza que muestra a sus compañeros y la empresa.

- **Presiones de tiempo.**

Este factor se basa en el estrés mental causado por la falta de tiempo que enfrentan los trabajadores al realizar actividades de mantenimiento.

- **Comunicación y coordinación**

Este factor se basa en los problemas que existen en la organización, por falta de coordinación y comunicación, puede ocasionar problemas como malentendidos, mal trabajo en equipo, etc.

- **Documentación**

Hace referencia a todo aquello que se ha documentado para el direccionamiento ante tareas que sean nuevas o desconocidas, sin embargo a medida que las personas se familiarizan con una tarea, es menos probable que realicen el debido papeleo, y por consecuente surge los riesgos, por si existiese un cambio dentro de los procedimientos

- **Experiencia Laboral**

A medida que las personas adquieran experiencia en un campo específico, su conocimiento y habilidades tienden a aumentar. Esto puede ayudar a identificar y evitar errores comunes, anticipar problemas potenciales y tomar decisiones más informadas.

- **Procedimientos Erróneos**

Este factor es una fuente importante de información incorrecta y pueden ser inapropiados o impracticables en una situación específica.

- **Uso de Procedimientos**

Los operadores pueden optar por utilizar procedimientos informales porque los procedimientos escritos son largos, o optan por confiar en su propia experiencia y habilidades porque quieren hacer el trabajo. En algunos casos, es posible que los empleados ni siquiera sepan que existen los procedimientos.

1.3 Validación de los Cuestionarios

La validación estadística permite evaluar la consistencia interna y la fiabilidad de los cuestionarios. Esto implica determinar si las preguntas miden de manera confiable el constructo o fenómeno que se pretende medir. Al realizar análisis de fiabilidad, como el coeficiente Alfa de Cronbach, se puede evaluar la consistencia de las respuestas y determinar si las preguntas están midiendo de manera coherente el concepto de interés.(Lloret et al., 2014)

1.4 Modelo de Ecuaciones Estructurales

El modelo de ecuaciones estructurales, ampliamente conocido en inglés por las siglas SEM (Structural Equation Modeling), es una herramienta utilizada en estadística que pertenece a la familia de modelos estadísticos multivariados, que permite estudiar las relaciones que existen entre variables.

La necesidad de las ecuaciones estructurales es ofrecer mayor flexibilidad a los modelos de regresión. Con este modelo se pueden crear modelos teóricos que de alguna manera conducen a una mejor comprensión de los fenómenos del mundo real.

Para variables observadas y latentes, se facilita incluir el error de medida con menores restricciones.

Esto hace que este tipo de modelo sea novedoso porque hay muchas dependencias entre variables. Estos modelos de regresión, combinados con modelos de análisis factorial, producen efectos directos e indirectos entre variables, por lo que los modelos son adecuados.

Desde una vista matemática, estos modelos son más difíciles de evaluar, especialmente cuando hay muchas relaciones y variables, pero con el paso del tiempo con la ayuda de la tecnología brindada por equipos computacionales, estos modelos han tenido un mayor impacto en los últimos años.

1.5 Tipos de Variables en SEM

En el modelado estructural se distinguen diferentes tipos de variables según su rol y medida.

1.5.1 Variable Observada o Indicador

Son aquellas que mide a los sujetos es decir, son las preguntas e ítems que se presentan en el instrumento de medición, varias de estas herramientas optan por la escalas o cuestionarios, como lo es la escala de Likert, ya que de alguna forma tratan de tener cierta relación con variables no observadas.

1.5.2 Variables Latentes

Cuya característica que se desearía medir pero que no es visible, y sobre todo libre de error de medición, también se las conocen como constructos de la teoría que solo pueden ser medidos de manera indirecta mediante de variables observadas con sus diferentes manifestaciones. Por ello es importante que se identifique las variables observadas o indicadoras que van a tener impacto en las variables latentes, y se lo hace mediante el análisis factorial. (Lepera, 2022)

1.5.3 Variables Errores

Estas variables representa tanto los errores asociados a la medición de cierta variables o como un conjunto de las mismas, que no han sido tomadas en cuenta en el modelado, y que puedan tener un efecto en la medición de una variable observada. Por lo tanto se considera que son una especie de variables latentes.(Lepera, 2022)

1.5.4 Variables Exógenas

Estas variables alteran a otras variable, pero no reciben nigung efecto de ninguna otra variable. Es decir todas las variables indepedientes de un modelo de regresión son variables exógenas.

1.5.5 Variables Endógenas

Aquellas variables que reciben efecto de otras variables, es decir son variables de respuesta. La variable dependiente de un modelo de regresión es de tipo endógena, y por eso debe ir junto de un error, sin embargo si las variables endógenas causan consecuencia sobre otra variable del mismo tipo, estas se denominarán con el nombre de variables mediadoras.(Lepera, 2022)

1.5.6 Variables de Agrupación

Estas son variables categóricas que indican grupos o subconjuntos que pueden ser de interés para el modelo. Es importante tener en cuenta estos grupos, ya que se utilizan para el análisis comparativo de grupos. Estas variables también se conocen como variables moderadoras.

1.6 Tipos de relaciones entre variables

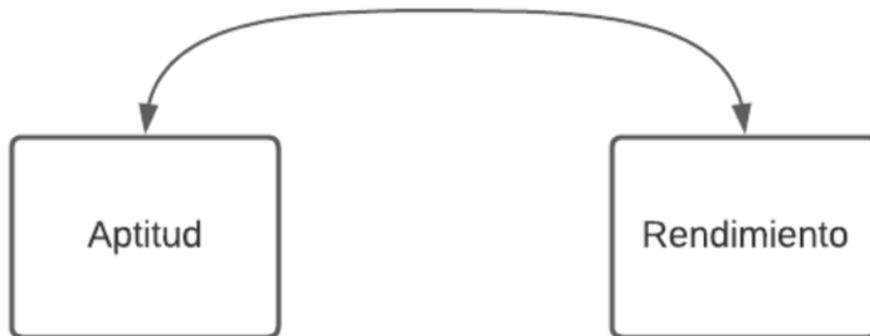
1.6.1 Covariación

Los fenomenos covarían o están correlacionados entre si, cuando se observa un aumento del primer fenónemo, y de forma equivalente se observa más del otro (menos si la correlación es

negativa). Así mismo, niveles bajos del primer fenómeno se correlacionan con niveles bajos del segundo fenómeno.(Alvarez & Dicovski, 2022)

Figura 4

Representación gráfica de la Covariación

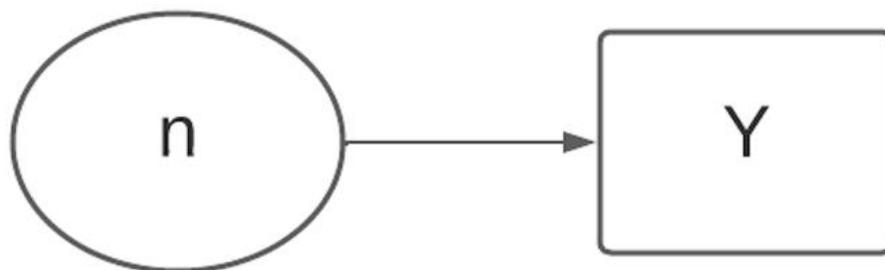


1.6.2 Causalidad

Las variables que presentan relaciones de causalidad, se presentan con una flecha en una sola dirección.

Figura 5

Representación gráfica de la Causalidad



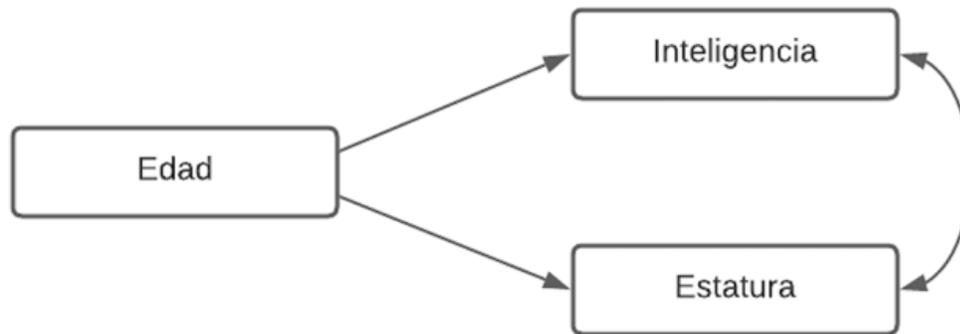
Este tipo de relación se puede identificar cuando una variable afecta a la otra, o que una de ellas recibe un efecto de otra.

1.6.3 Espuria

En una relación espuria, la relación implica al menos tres variables. Una relación espuria es cuando hay una covarianza entre dos variables que se debe total o parcialmente a una relación compartida entre las dos variables y una tercera variable. Por tanto, la covarianza entre dos variables puede ser muy alta, pero la relación causal entre ellas es nula.

Figura 6

Representación gráfica de la Relación Espuria

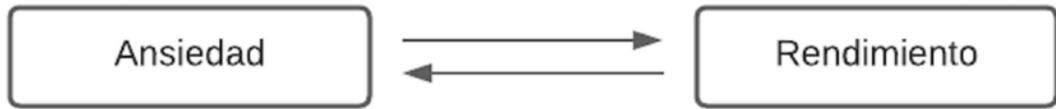


1.6.4 Recíproca

La relación causal entre dos variables puede ser bidireccional o unidireccional. Si la relación es recíproca (bidireccional), la variable causal es el efecto de la otra. Este tipo de relación se representa como dos flechas separadas que apuntan en direcciones opuestas. Una relación recíproca es, en última instancia, un ciclo de retroalimentación entre dos variables. La causalidad recíproca puede ser directa o indirecta, y otras variables están involucradas antes de cerrar el ciclo.

Figura 7

Representación gráfica de la Relación Recíproca

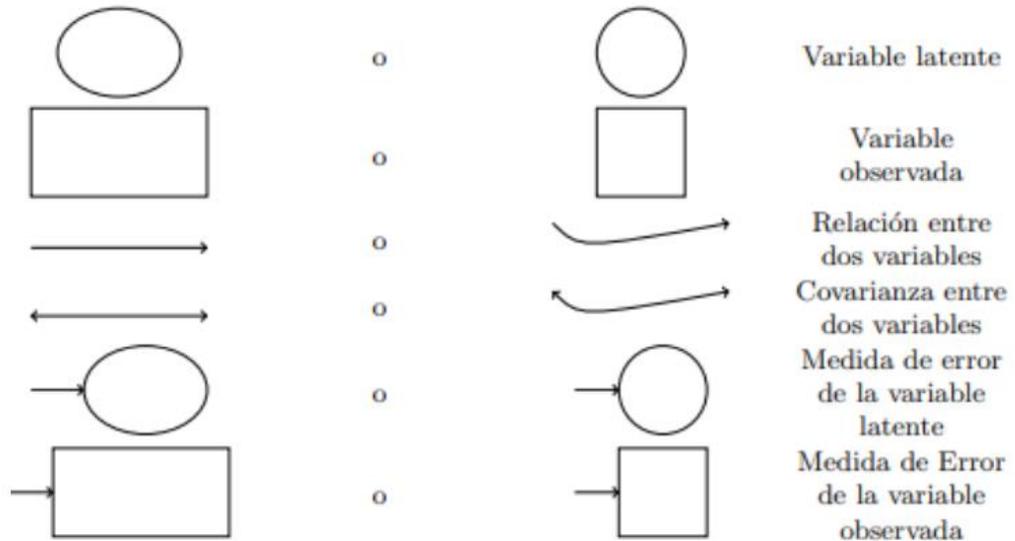


1.7 Lenguaje utilizado en un sistema de ecuaciones estructurales (SEM)

El lenguaje principal (SEM) se representa de la siguiente manera:

Figura 8

Representación gráfica del lenguaje utilizado en (SEM)



Nota. El gráfico representa el lenguaje utilizado en los modelos de ecuaciones estructurales

Tomado de: *Introducción a los modelos de ecuaciones estructurales y su implementación en r mediante un ejemplo* por Lepera, 2022.

- Variables observadas o indicadores se representan gráficamente dentro de rectángulos como se observa en la Ilustración 5.
- Las variables latentes o factores son representadas gráficamente por círculos o elipses como se observa en la Ilustración 5.
- Los errores ya sean de medición o predicción se representan gráficamente sin rectángulos, o con círculos (como las variables latentes) como se observa en la Ilustración 5.
- Las relaciones de covarianza se representan como líneas curvas con una flecha en cada extremo de la misma como se observa en la Ilustración 5.
- Cuando exista una sola flecha en un sentido entre dos variables hay un efecto directo de una variable sobre otra

1.8 Elementos de un modelo de ecuaciones estructurales SEM

Los modelos de ecuaciones estructurales presentan dos componentes los cuales son:

1.8.1 Modelo de Medida

Consiste en relaciones entre las variables indicadoras del modelo y los constructos subyacentes, así como entre constructos pero con covarianza, es decir, cada variable L_s debe tener un modelo indicador, constructo o latente que exhiba alguna variable de carga factorial; el coeficiente de covarianza se puede usar más tarde para ver las relaciones que existen entre las variables latentes.

Un modelo de medición no es más que un análisis factorial confirmatorio, que es el primer modelo para ver qué variables indicadoras se reflejan en las variables latentes.(Medrano & Muñoz, 2017)

1.8.2 Modelo Estructural

Consiste en las relaciones que existen entre las variables latentes. Es la parte del modelo que utiliza el análisis de ruta, similar al análisis de regresión.

Uno de los puntos de los componentes del modelo es que cuando se combinan un modelo de medición y un modelo estructural, la relación de covarianza que existe entre las variables latentes en el modelo de medición se reemplaza por la relación estructural que existe entre ellos. En los modelos estructurales, esto conduce al llamado modelo estructural completo. (Medrano & Muñoz, 2017)

1.9 Fases de un modelo de ecuaciones estructurales SEM

El modelado de ecuaciones estructurales cuenta con las siguientes fases para su desarrollo:

- Fase de especificación: El primer paso se refiere a la especificación del modelo, donde el investigador desarrolla un modelo basado en la teoría o investigaciones previas en el dominio material. Para ello se debe realizar un análisis factorial confirmatorio (AFC), cuando ya se tiene identificadas las variables que puedan tener efecto en otra variable en particular, pero si caso contrario si no se conoce el efecto o aquella relacion entre ellas, se deberá empezar con análisis factorial exploratorio (AFE) para observar el conjunto de indicadores para alguna de las variables.
- Fase de identificación: Se refiere a la correspondencia entre la información utilizada para estimar los parámetros libres y la información para la cual se estiman la varianza y la covarianza observadas. El porcentaje de reconocimiento del modelo depende de especificar los parámetros como libres, fijos o restringidos. Después de especificar el modelo y especificar los parámetros, los parámetros se combinan para formar una y solo una matriz de covarianza oculta en el modelo.

- Fase de estimación: En este punto, se minimiza la diferencia entre la covarianza observada de la muestra y la covarianza predice del modelo estructural, es decir, el residuo calculado de la diferencia en la covarianza falsa, no de la diferencia en los valores de la variables dependientes. o variables endógenas del modelo. Por esta razón, estos modelos se denominan modelos estructurales de covarianza. Si el modelo se ajusta, la matriz de varianza y covarianza se puede reconstruir a partir de una combinación de parámetros del modelo.

Las estimaciones pueden ser:

- **Estimación por Máxima Verosimilitud (ML):** es el más utilizado y recomendado, y el que se utilizará en este proyecto, ya que proporciona estimaciones consistentes y eficientes en normalidad multivariada, mostrando así que la distribución del parámetro tiene la menor varianza, y ahora la consistencia asegura que a medida que aumenta el tamaño de la muestra, el estimador converge al verdadero valor del parámetro.

La fórmula de verosimilitud es:

$$\log L = - 1/2 (N - 1) \{ \log|\theta| + \text{tr}[S\Sigma(\theta)^{-1}] \} + c$$

Eq. [1.1]. (Lara, 2014)

Donde:

- L: es la función de verosimilitud
- N: el tamaño de la muestra
- S la matriz de covarianza de la muestra
- $\Sigma(\theta)$ es la matriz de covarianzas del modelo
- θ es el vector de los parámetros.

- **Estimación por Mínimos Cuadrados Ponderados (WLS):** Aunque es la más simple de todas las funciones de varianza, proporciona estimaciones consistentes y no requiere la suposición de que las variables observadas siguen una distribución particular. Por otro lado, no tiene un estimador asintóticamente más eficiente, ni invariante de escala, ni prueba de evaluación.

- **Estimación por Mínimos Cuadrados Generalizados (GLS):** Bajo el supuesto de normalidad multivariante, tanto el estimador de máxima verosimilitud como el estimador de mínimos cuadrados generalizados son óptimos en un sentido más preciso en muestras grandes. Las estimaciones obtenidas por el método GLS tienen las mismas propiedades que las obtenidas por el método ML. Suponiendo normalidad multivariada, tanto los estimadores ML como GLS funcionan muy bien para tamaños de muestra grandes.

- Fase de evaluación: Se analiza el ajuste del modelo a los datos para determinar si el modelo teórico propuesto se sustenta empíricamente o no. Hay tres tipos de estadísticas de ajuste: ajuste absoluto (estimación de residuos), ajuste relativo (comparación del ajuste con otro modelo que se ajusta peor) y ajuste parsimonioso (estimación del ajuste por número de parámetros). Ninguno de ellos proporciona toda la información necesaria para la estimación del modelo y, a menudo, se usa y reporta una combinación de ellos simultáneamente.

En este punto, las medidas se utilizan para evaluar el ajuste del modelo. El más común es $1,00 \geq Pvalue > 0,05$; esto indica que el valor de P para un buen ajuste debe ser mayor a 0.05. Y también se usa RMSEA (Root Mean Square Error of Aproximation), que

está más validado que otros, $0 \leq RMSEA < 0,05$; procede a ser un ajuste bueno, si es apropiado o no depende enteramente de si están relacionados con la hipótesis.

- Fase de re-especificación: Una vez que se especifica y prueba un modelo, puede tener o no un índice de bondad de ajuste que indique la idoneidad del modelo. Dichos modelos se consideran mal especificados y tendrán un sesgo de estimación de parámetros conocido como mala especificación. La detección de dicha especificación incorrecta puede proporcionar información que se puede usar para volver a normalizar el modelo. El primer conjunto de estimaciones a examinar son las estimaciones de los parámetros, particularmente su dirección pronosticada y su significado estadístico. Si encuentra que un parámetro no es importante, puede establecer este parámetro en 0 volviendo a especificar el modelo, pero solo si es importante y está bien respaldado. Otro conjunto de estimaciones para verificar es la matriz residual de valores. Si una variable en particular tiene valores residuales grandes, esto indica que la variable está mal especificada, pero si muchas variables tienen valores grandes, esto indica que el modelo en su conjunto está mal especificado.
- La interpretación de datos ayuda a los investigadores a construir modelos correctos y aceptar o rechazar hipótesis que conducen a conclusiones de su investigación.

1.10 Software y métodos estadísticos utilizados en el modelado de ecuaciones estructurales

1.10.1 AMOS

El software AMOS por sus siglas en inglés (Analysis of Moment Structures) por Arbuckle (1996-2009) de SPSS Inc. muy utilizado por personas relacionadas con la psicología y la sociología. Es una pieza de software que se desarrolló originalmente como un

módulo, pero se desarrolló de forma independiente con el tiempo. Ambas versiones están actualmente disponibles como complementos de SPSS o como programas independientes. Afortunadamente, tiene una versión gratuita para estudiantes donde se podrá desarrollar el modelo de proyecto propuesto.(Lopez & Gutiérrez, 2019)

IBM® SPSS® Amos se basa en un potente modelo de ecuaciones estructurales (SEM) que respalda su investigación y su teoría al ampliar las técnicas de análisis multivariante estándar, que incluyen regresión, análisis factorial, correlación y análisis univariante y desviación.

El software permite a los usuarios crear modelos estadísticos que representan relaciones complejas con mayor precisión de lo que se puede lograr a través de interfaces de usuario gráficas o programáticas intuitivas. La característica principal de este software es que los datos se pueden ingresar fácilmente utilizando un formulario similar a una hoja de cálculo sin ninguna programación, y mucho menos ningún tipo de tabulación. Otra característica muy importante que ofrece este software es que es muy útil en el modelado de ecuaciones estructurales ya que se pueden crear y visualizar interfaces y relaciones. (Soriano & Mejía, 2022)

1.10.2 SPSS24

Es un programa de modelado de ecuaciones estructurales (SEM) fácil de usar para probar las relaciones entre variables observadas (indicadoras) y latentes (no observadas) para probar hipótesis más rápidamente y confirmar todas las relaciones. El software SPSS 24 es básicamente una herramienta proporcionada por la empresa IBM para un análisis estadístico más completo que le permite analizar datos para preparar tablas y gráficos de datos complejos.(Kariri et al., 2023)

1.10.3 Método estadístico Alpha de Cronbach

El coeficiente alfa alcanzará su valor mínimo de 0, lo que indica una falta total de consistencia interna entre los elementos. Por el contrario, si todos los elementos fueran completamente redundantes, su correlación serial sería igual a 1 y, por lo tanto, su covarianza tendría el mayor valor posible. En este caso, el valor del coeficiente será igual a 1, lo que indica la mayor concordancia posible entre los ítems de la escala.

Los valores de alfa de Cronbach entre 0,75 y 0,90 pueden considerarse orientativos pero en ningún caso concluyentes.

Este coeficiente propuesto por Lee J. Cronbach, es el indicador más utilizado para estudiar la consistencia interna y existen dos métodos para calcularlo:

- **Mediante la varianza de los ítems**

Esta fórmula supone un modelo de consistencia interna de los datos, que estima el límite inferior del coeficiente de fiabilidad basándose en el promedio de las correlaciones entre los ítems.

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[1 - \frac{\sum Vi}{Vt} \right]$$

Donde:

- α = alfa de Cronbach
- K = número de ítems
- V_i = Varianza de cada ítem
- V_t = varianza del total
-

- **Mediante la matriz de correlación**

A la diferencia de anterior fórmula, esta utiliza el promedio todas las correlaciones lineales de todos los ítems estudiados.

$$\alpha = \frac{np}{1 + p(n - 1)}$$

1.11 Análisis Factorial en el modelo de ecuaciones estructurales

1.11.1 Análisis Factorial Confirmatorio

AFC es una técnica estadística que valida la estructura obtenida por análisis factorial exploratorio, valida supuestos y relaciones entre variables latentes y sus factores. En este punto, es posible evaluar si las relaciones propuestas son significativas entre sí y así contrastar los modelos de ecuaciones estructurales. Estos modelos también son muy útiles para identificar temas en el cuestionario, ya que cada tema se puede analizar por separado, identificando así los temas más influyentes e importantes a la hora de recopilar información para el desarrollo de un estudio específico.

- En AFC, es importante observar las cargas factoriales o los pesos de regresión porque este valor representa la cantidad de información que una variable aporta a un factor y viceversa. Si el valor tiende a 1, significa que existe una fuerte correlación entre ellos, pero puede oscilar entre 0,07 y 1. El investigador decidirá cómo decodificar la información y las variables latentes proporcionadas por el análisis factorial con base en las preexistentes relaciones entre factores.(Lloret et al., 2014)

1.12 Análisis Factorial Exploratorio

AFE es una técnica utilizada para determinar relaciones empíricas entre diferentes variables con el objetivo de agruparlas y formar variables latentes que puedan explicar la información recogida en un ítem del cuestionario.

El análisis factorial exploratorio implica separar y agrupar elementos de acuerdo con criterios estadísticos en busca de los factores resultantes que explican la mayor parte de la varianza en la estructura general. El número de variables latentes está determinado por factores con valores propios mayores a 1. También se analiza la comunalidad, es decir, la proporción de varianza capaz de reproducir patrones de factores unitarios, y las ciencias sociales deben tener valores porcentuales acumulativos superior al 50%. Para completar el análisis, se examinó la matriz de componentes rotados, indicando la agrupación de elementos y sus correspondientes factores.(Lloret et al., 2014)

2 CAPITULO 2: ELABORACIÓN Y APLICACIÓN DE CUESTIONARIOS A RESPONSABLES EN EL ÁREA DEL MANTENIMIENTO

2.1 Elaboración del Formulario

En base a las variables que inciden en los factores humanos de la gestión del mantenimiento, se realizaron una serie de preguntas para integrarlo a los cuestionarios, para obtener una base de datos para detallar el modelo estructural a analizar.

El cuestionario se creó en base a una escala de Likert porque es adecuado para el manejo de datos y su uso en métodos de estimación de máxima verosimilitud ya que proporciona estimaciones consistentes y válidas que permiten un mejor ajuste de los datos del modelo de ecuaciones estructurales.(Asún et al., 2016)

La definición de cada punto de evaluación de la escala Likert de esta encuesta se compone de la siguiente manera:

- **1= Totalmente desacuerdo**
- **2= En Desacuerdo**
- **3= Ni en acuerdo ni en desacuerdo**
- **4= De acuerdo**
- **5= Totalmente de acuerdo**

Las preguntas fueron extraídas de un formulario validado estadísticamente, que evalúan los factores que actúan dentro de la confiabilidad humana en las actividades de mantenimiento.

En el Anexo 1 se aprecia el cuestionario utilizado en el proyecto.

2.2 Aplicación del formulario

Este formulario fue aplicado de manera online, para la facilitar la obtención de la base de datos porque es un sistema más automatizado y, por lo tanto, más fácil para recopilar los resultados.

2.3 Tamaño de la muestra

La muestra está formada por un total de 89 encuestas, ya que una condición óptima se evidencia con un número menor o igual a 100 muestras, ya que se cuenta con un mínimo de 2 ítems por cada factor. (Lloret et al., 2014)

Donde el enfoque de los cuestionarios fue a personas dedicadas directamente al mantenimiento automotriz, éstas fueron realizadas en las ciudades de Cuenca y Huaquillas.

2.4 Ítems que conforman el cuestionario

Los diferentes ítems se plantearon acorde con los diferentes factores que inciden dentro de la confiabilidad humana dentro del área del mantenimiento. El cuestionario presenta originalmente un total de 85 preguntas, con el proceso de investigación, se estableció que varias preguntas eran repetitivas y tuvieron un impacto negativo en el modelo. Esto se debe a que la matriz de datos no era rectangular por el número elevado de preguntas. Además, el coeficiente alfa de Cronbach inferior a 0,6 indica una baja fiabilidad del cuestionario. En este sentido, el número de preguntas se redujo a 20 preguntas, de las cuales se mejoró la base de datos para cumplir con los requisitos hipotéticos para poder seguir trabajando con el modelo de ecuaciones estructurales. Esto se debe a que entre mayor número de ítems existan por cada factor que se ha propuesto, podría existir una falla en los resultados debido a que el nivel de fiabilidad disminuya, y los datos no sean estables.(Lloret et al., 2014)

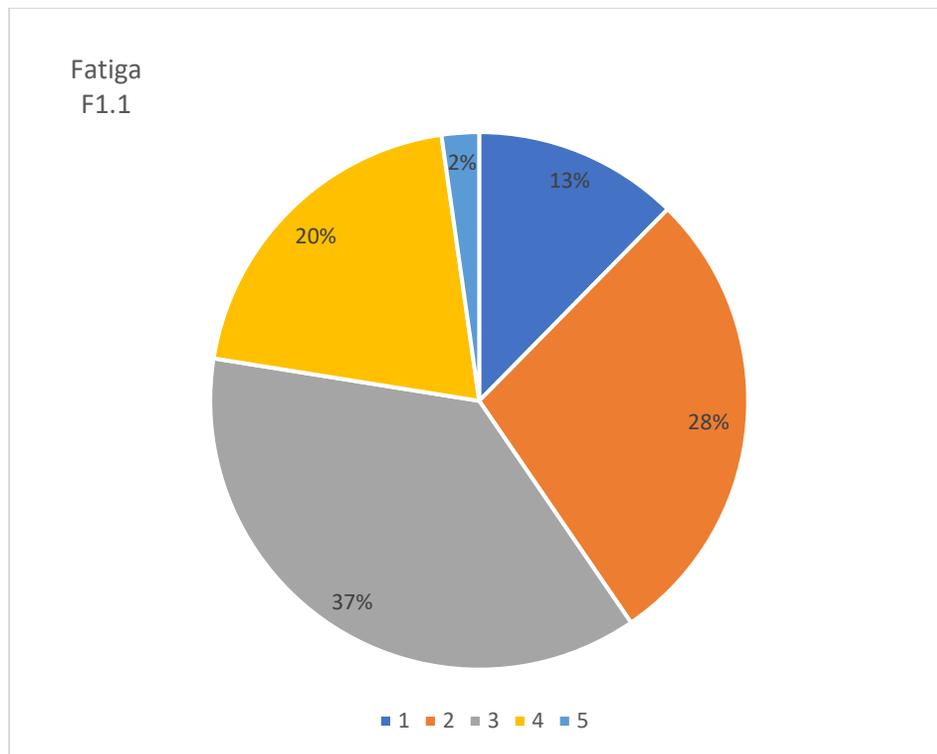
Los ítems se presentan a continuación:

- ¿Siente dolor o fatiga durante el trabajo diario?
- ¿Siente dolor o fatiga al terminar su trabajo?
- ¿Otras actividades o personas perturban su concentración en el lugar de trabajo?
- ¿Tiene problemas con compañeros dentro de la organización?
- ¿Su desempeño en el trabajo depende del turno?
- ¿Se siente satisfecho con su trabajo en general?
- ¿En situaciones normales usted siente presión en el trabajo?
- ¿La presión es un factor de importancia en situaciones de emergencia?
- ¿Está satisfecho con el tiempo de trabajo?
- ¿Existen canales de comunicación con sus supervisores?
- ¿El intercambio de información y la comunicación con colegas fuera de la organización le ayudan en su trabajo?
- ¿Está satisfecho con su salario?
- ¿Recibe toda la información que necesita para poder realizar eficientemente su trabajo?
- ¿Existe una facilidad de enlace con gerentes o supervisores para obtener información necesaria o requerida?
- ¿Dentro de su horario laboral usted analiza alguna situación inusual, lo cual lo lleva a replantear su enfoque laboral?
- ¿En situaciones de emergencia para usted las normas y reglamentos de su organización están claras?
- ¿En situaciones normales usted tiene que violar las normas de seguridad debido a las presiones del trabajo?

- ¿En situaciones de emergencia usted tiene que violar las normas de seguridad debido a las presiones del trabajo?
- ¿Conoce claramente los procedimientos disponibles para sus actividades?
- ¿Su gerente controla y monitorea sus trabajos?
- **¿Siente dolor o fatiga durante el trabajo diario?**

Figura 9

Gráfica de porcentajes de F1.1



Nota. El gráfico presenta los resultados de la pregunta 1 en la encuesta realizada, para obtener una base de datos, que se analizará en el presente proyecto.

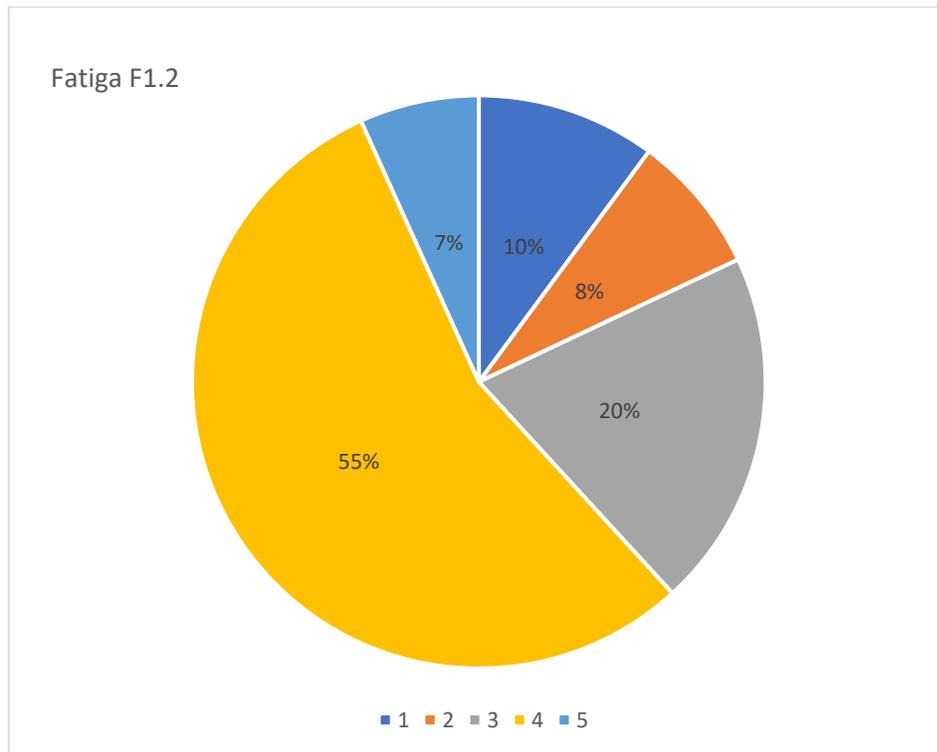
Como se observa en la Figura 7, correspondiente a la pregunta F1.1, de los 89 encuestados, solo el 13% está totalmente en desacuerdo, un 28% en desacuerdo, un 37% en ni acuerdo ni

desacuerdo, un 20% de acuerdo y un 28% totalmente de acuerdo, en que sienten dolor o fatiga durante el trabajo diario.

- **¿Siente dolor o fatiga al terminar su trabajo?**

Figura 10

Gráfica de porcentajes de F1.2



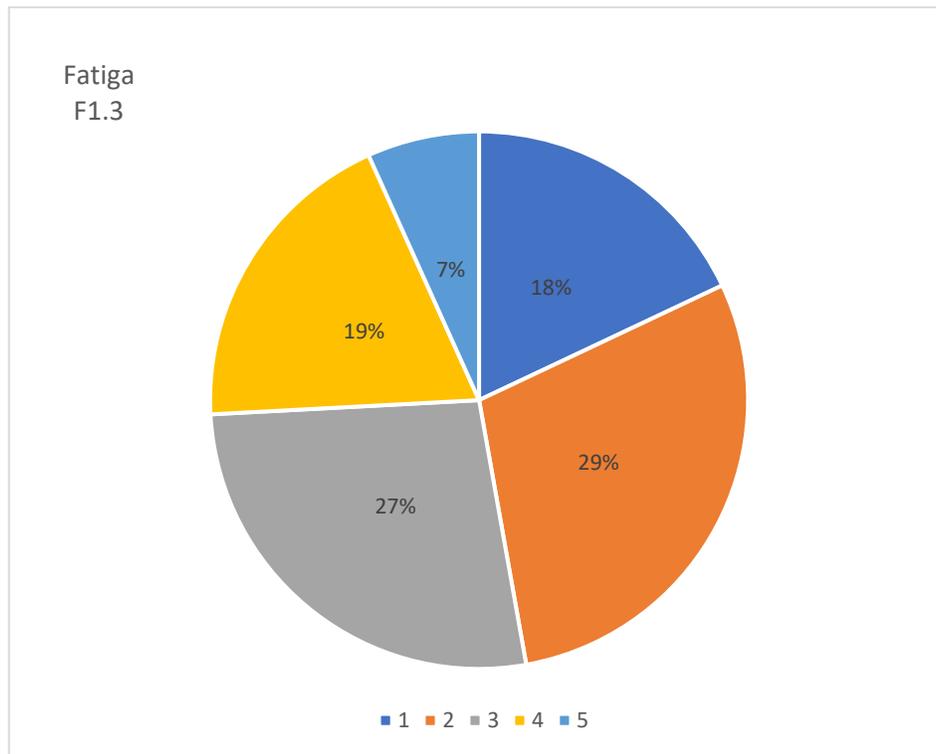
Nota. El gráfico presenta los resultados de la pregunta 2 en la encuesta realizada, para obtener una base de datos, que se analizará en el presente proyecto.

Como se observa en la Figura 8, correspondiente a la pregunta F1.2, de los 89 encuestados, solo el 10% está totalmente en desacuerdo, un 8% en desacuerdo, un 20% en ni acuerdo ni desacuerdo, un 55% de acuerdo y un 7% totalmente de acuerdo, en que sienten dolor o fatiga al terminar su trabajo diario.

- ¿Otras actividades o personas perturban su concentración en el lugar de trabajo?

Figura 11

Gráfica de porcentajes de F1.3



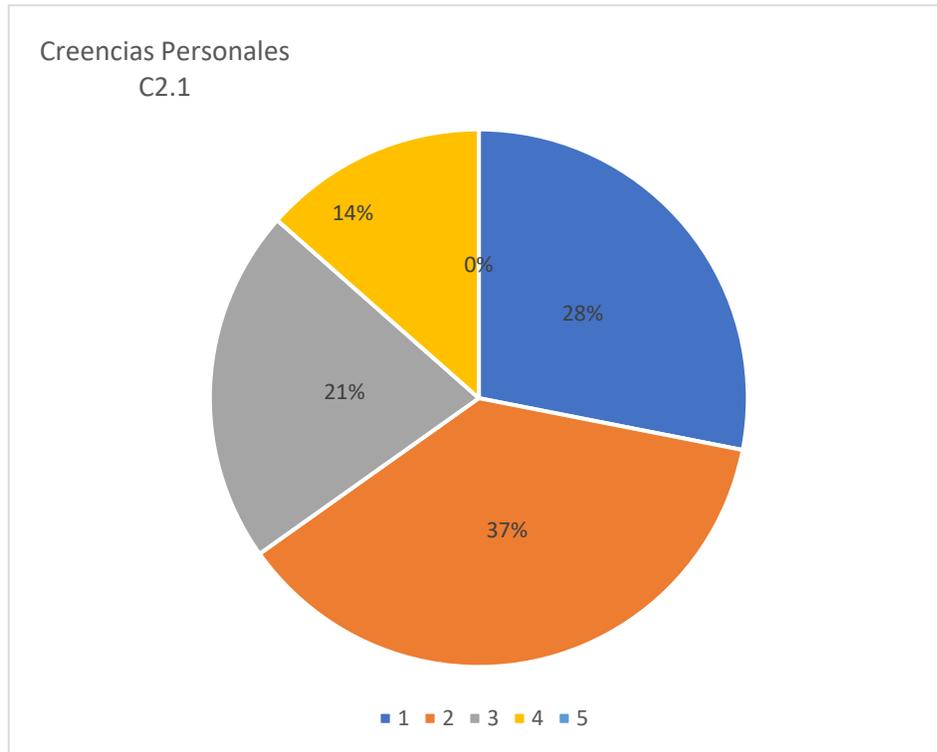
Nota. El gráfico presenta los resultados de la pregunta 3 en la encuesta realizada, para obtener una base de datos, que se analizará en el presente proyecto.

Como se observa en la Figura 9, correspondiente a la pregunta F1.3, de los 89 encuestados, el 18% está totalmente en desacuerdo, un 29% en desacuerdo, un 27% en ni acuerdo ni desacuerdo, un 19% de acuerdo y un 7% totalmente de acuerdo, en el cual otras actividades o miembros de su entorno no permiten una concentración óptima en el trabajo.

- **¿Tiene problemas con compañeros dentro de la organización?**

Figura 12

Gráfica de porcentajes de C2.1



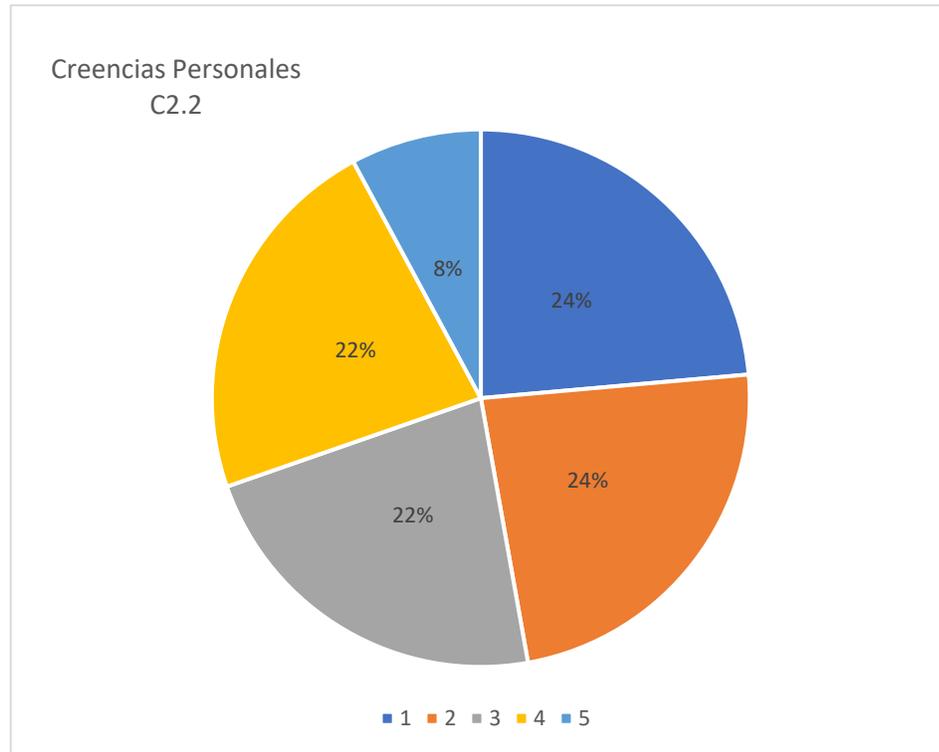
Nota. El gráfico presenta los resultados de la pregunta 4 en la encuesta realizada, para obtener una base de datos, que se analizará en el presente proyecto.

Como se observa en la Figura 10, correspondiente a la pregunta C2.1, de los 89 encuestados, el 28% está totalmente en desacuerdo, un 37% en desacuerdo, un 21% en ni acuerdo ni desacuerdo, un 14% de acuerdo y un 0% totalmente de acuerdo, en que tengan problemas con compañeros en el trabajo diario.

- ¿Su desempeño en el trabajo depende del turno?

Figura 13

Gráfica de porcentajes de C2.2



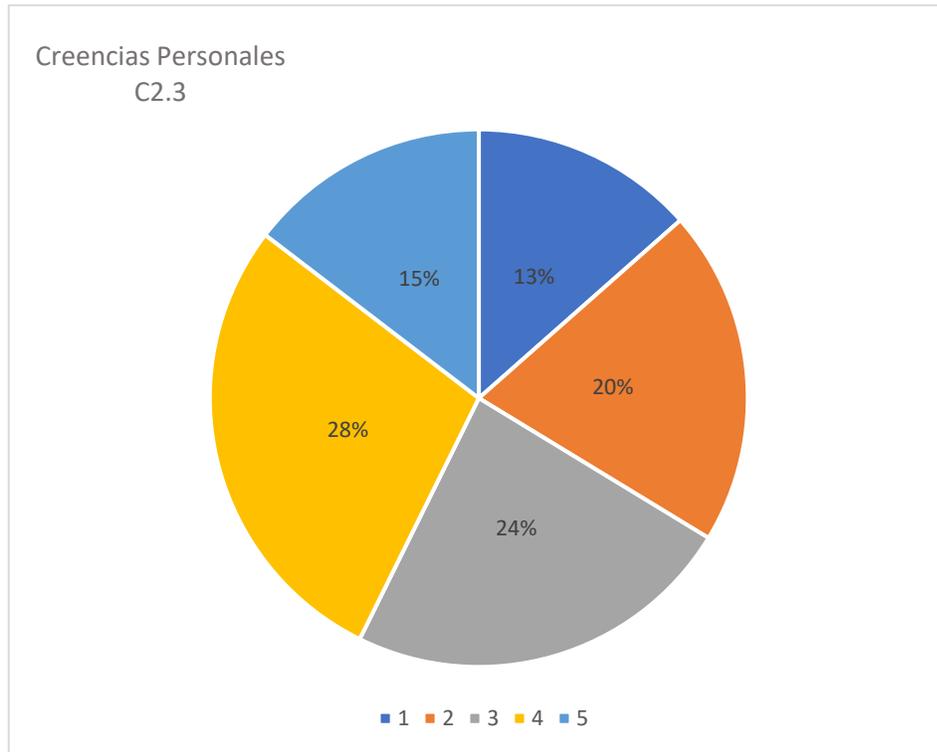
Nota. El gráfico presenta los resultados de la pregunta 5 en la encuesta realizada, para obtener una base de datos, que se analizará en el presente proyecto.

Como se observa en la Figura 11, correspondiente a la pregunta C2.2, de los 89 encuestados, el 24% está totalmente en desacuerdo, un 24% en desacuerdo, un 22% en ni acuerdo ni desacuerdo, un 22% de acuerdo y solo un 8% totalmente de acuerdo, en que el desempeño de sus labores depende del turno de trabajo.

- ¿Se siente satisfecho con su trabajo en general?

Figura 14

Gráfica de porcentajes de C2.3



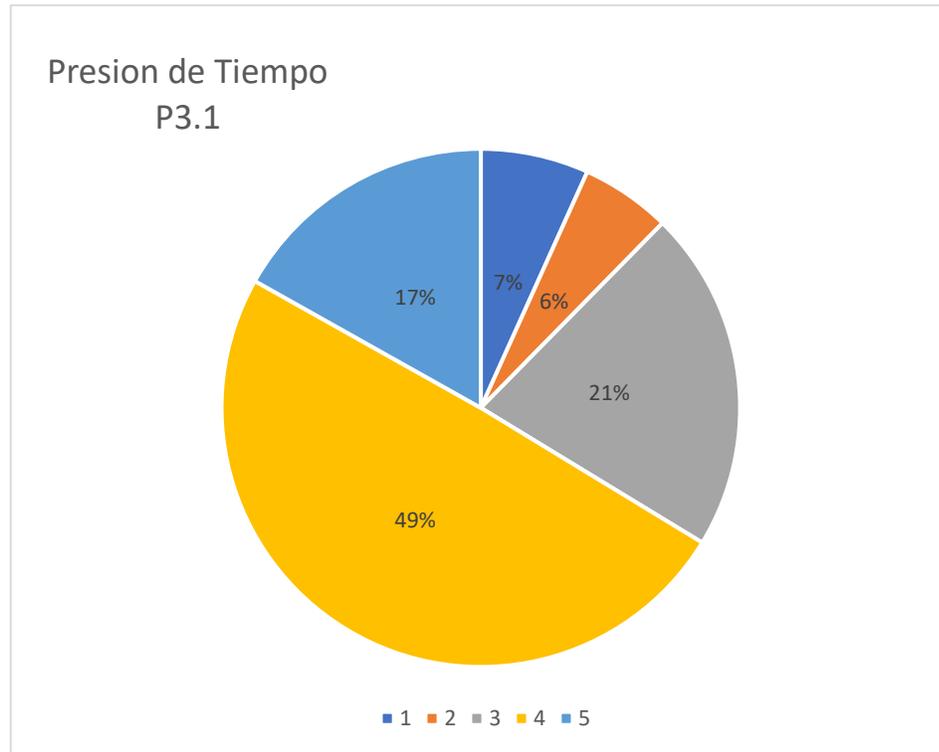
Nota. El gráfico presenta los resultados de la pregunta 6 en la encuesta realizada, para obtener una base de datos, que se analizará en el presente proyecto.

Como se observa en la Figura 12, correspondiente a la pregunta C2.3, de los 89 encuestados, solo el 13% está totalmente en desacuerdo, un 20% en desacuerdo, un 24% en ni acuerdo ni desacuerdo, un 28% de acuerdo y un 15% totalmente de acuerdo, en que se sientan plenos con su trabajo diario.

- ¿En situaciones normales usted siente presión en el trabajo?

Figura 15

Gráfica de porcentajes de P3.1



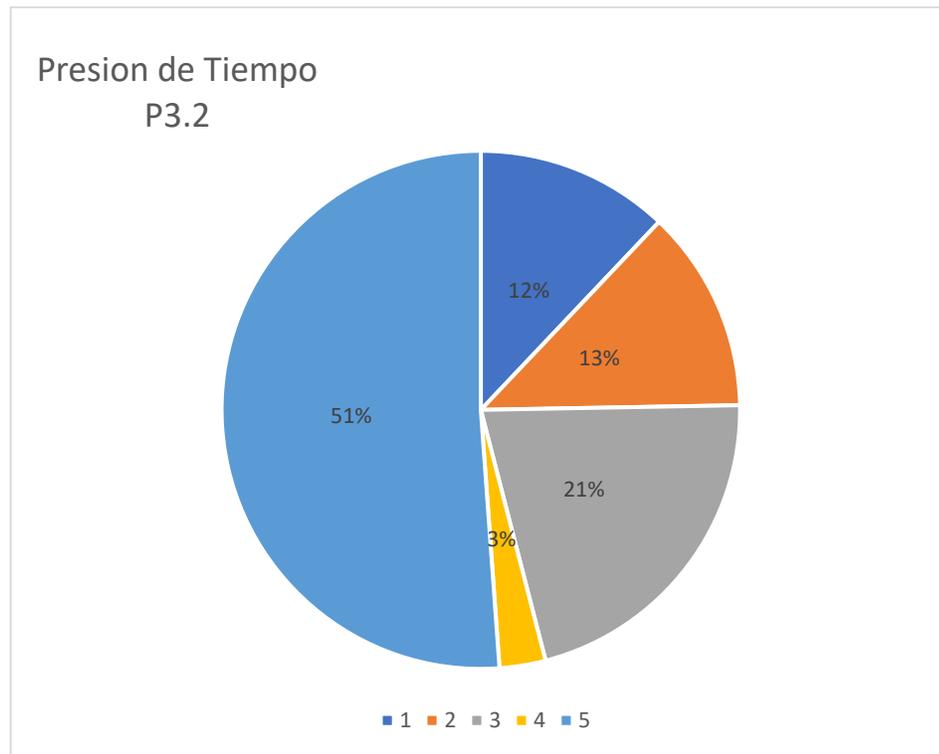
Nota. El gráfico presenta los resultados de la pregunta 7 en la encuesta realizada, para obtener una base de datos, que se analizará en el presente proyecto.

Como se observa en la Figura 13, correspondiente a la pregunta P3.1, de los 89 encuestados, solo el 7% está totalmente en desacuerdo, un 6% en desacuerdo, un 21% en ni acuerdo ni desacuerdo, un 49% de acuerdo y un 17% totalmente de acuerdo, en que experimente presión en sus actividades laborales.

- ¿La presión es un factor de importancia en situaciones de emergencia?

Figura 16

Gráfica de porcentajes de P3.2



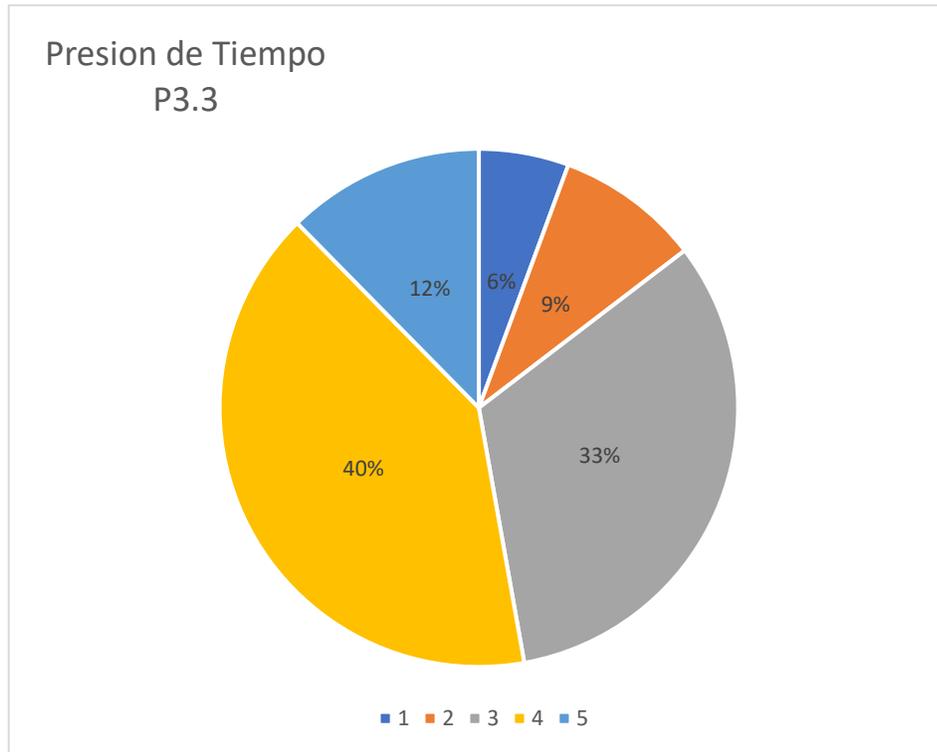
Nota. El gráfico presenta los resultados de la pregunta 8 en la encuesta realizada, para obtener una base de datos, que se analizará en el presente proyecto.

Como se observa en la Figura 14, correspondiente a la pregunta P3.2, de los 89 encuestados, el 12% está totalmente en desacuerdo, un 13% en desacuerdo, un 21% en ni acuerdo ni desacuerdo, solo un 3% de acuerdo y un 51% totalmente de acuerdo, en el cual piensan que la presión es importante en situaciones de emergencia.

- ¿Está satisfecho con el tiempo de trabajo?

Figura 17

Gráfica de porcentajes de P3.3



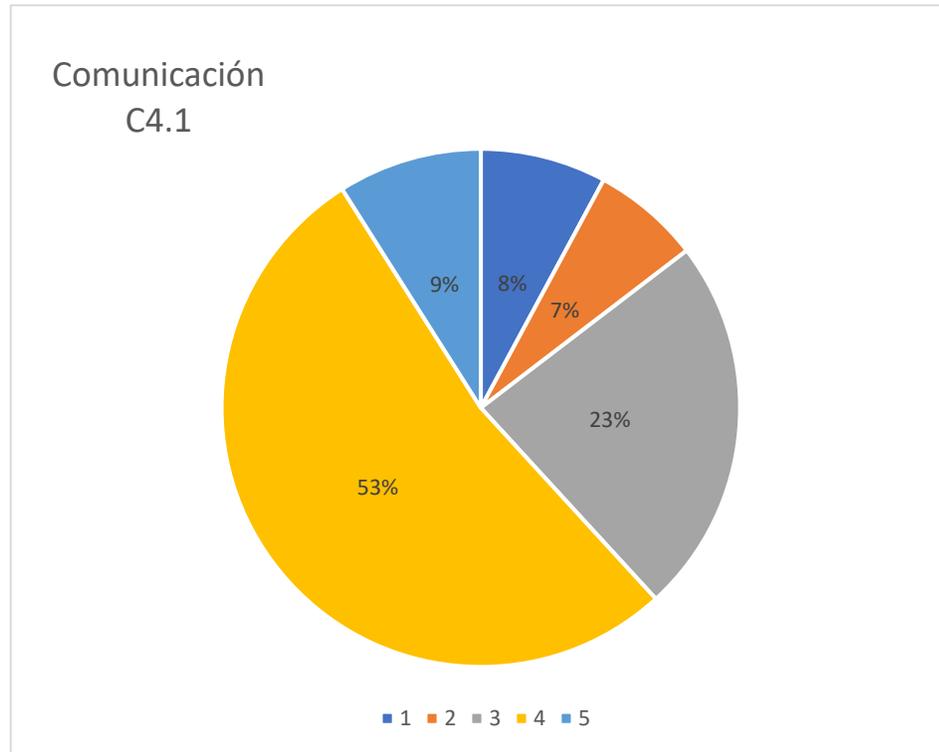
Nota. El gráfico presenta los resultados de la pregunta 9 en la encuesta realizada, para obtener una base de datos, que se analizará en el presente proyecto.

Como se observa en la Figura 15, correspondiente a la pregunta P3.3, de los 89 encuestados, solo el 6% está totalmente en desacuerdo, un 9% en desacuerdo, un 33% en ni acuerdo ni desacuerdo, un 40% de acuerdo y un 12% totalmente de acuerdo, en el que estén conformes con el tiempo de trabajo.

- ¿Existen canales de comunicación con sus supervisores?

Figura 18

Gráfica de porcentajes de C4.1



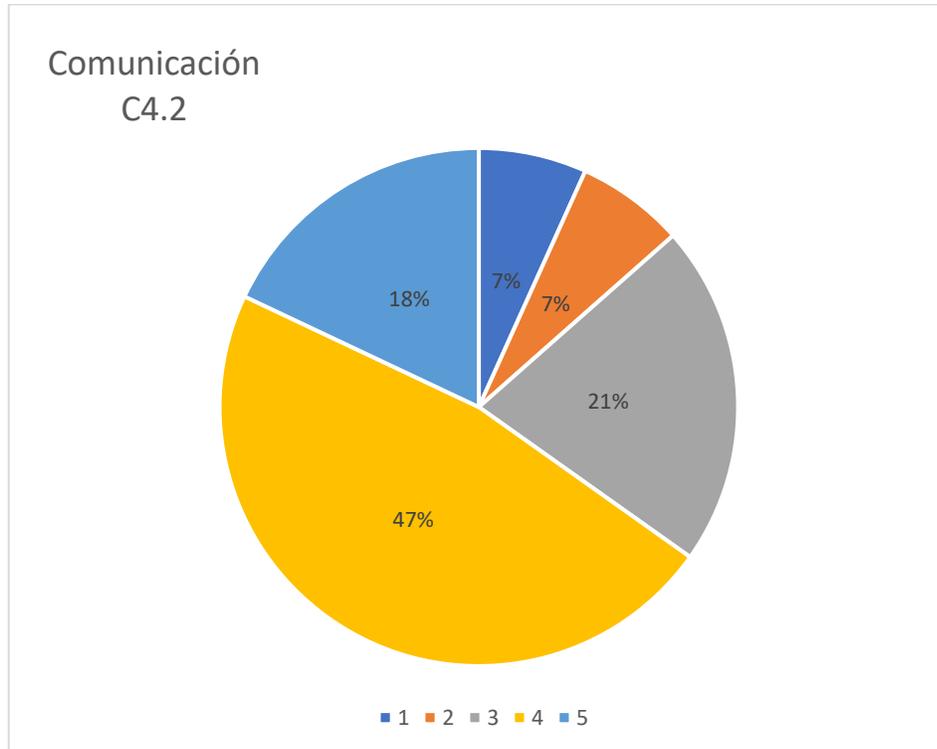
Nota. El gráfico presenta los resultados de la pregunta 10 en la encuesta realizada, para obtener una base de datos, que se analizará en el presente proyecto.

Como se observa en la Figura 16, correspondiente a la pregunta C4.1, de los 89 encuestados, solo el 8% está totalmente en desacuerdo, un 7% en desacuerdo, un 23% en ni acuerdo ni desacuerdo, un 53% de acuerdo y un 9% totalmente de acuerdo, que cuentan con canales de comunicación con sus superiores.

- **¿El intercambio de información y la comunicación con colegas fuera de la organización le ayudan en su trabajo?**

Figura 19

Gráfica de porcentajes de C4.2



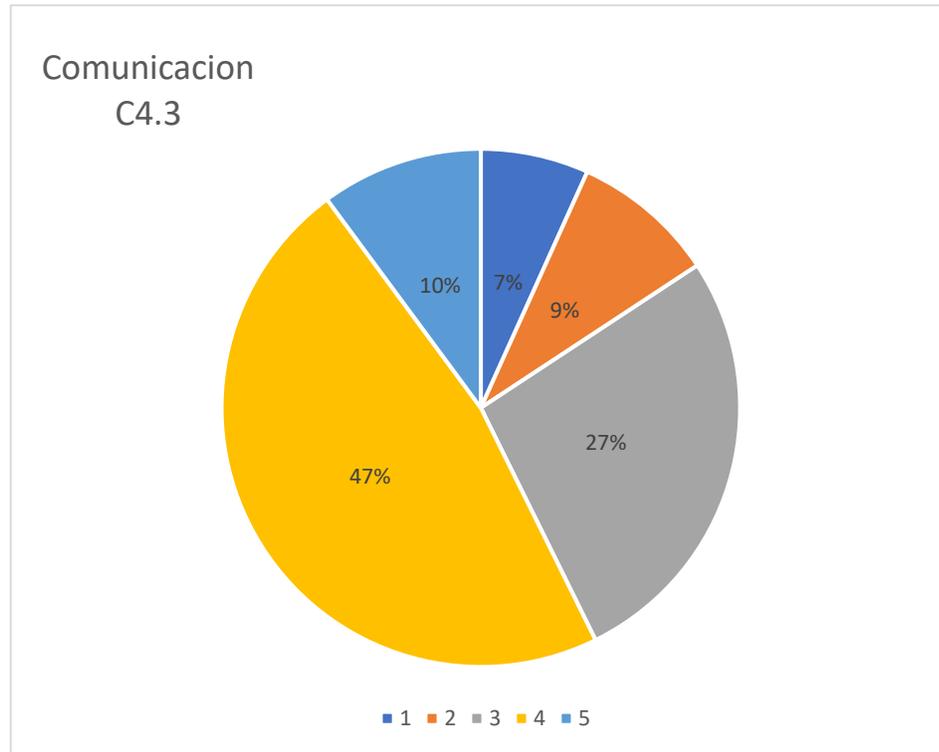
Nota. El gráfico presenta los resultados de la pregunta 11 en la encuesta realizada, para obtener una base de datos, que se analizará en el presente proyecto.

Como se observa en la Figura 17, correspondiente a la pregunta C4.2, de los 89 encuestados, el 7% está totalmente en desacuerdo, un 7% en desacuerdo, un 21% en ni acuerdo ni desacuerdo, un 47% de acuerdo y un 18% totalmente de acuerdo, que presentan conversaciones con compañeros fuera del trabajo y esto es una ayuda para sus labores.

- ¿Está satisfecho con su salario?

Figura 20

Gráfica de porcentajes de C4.3



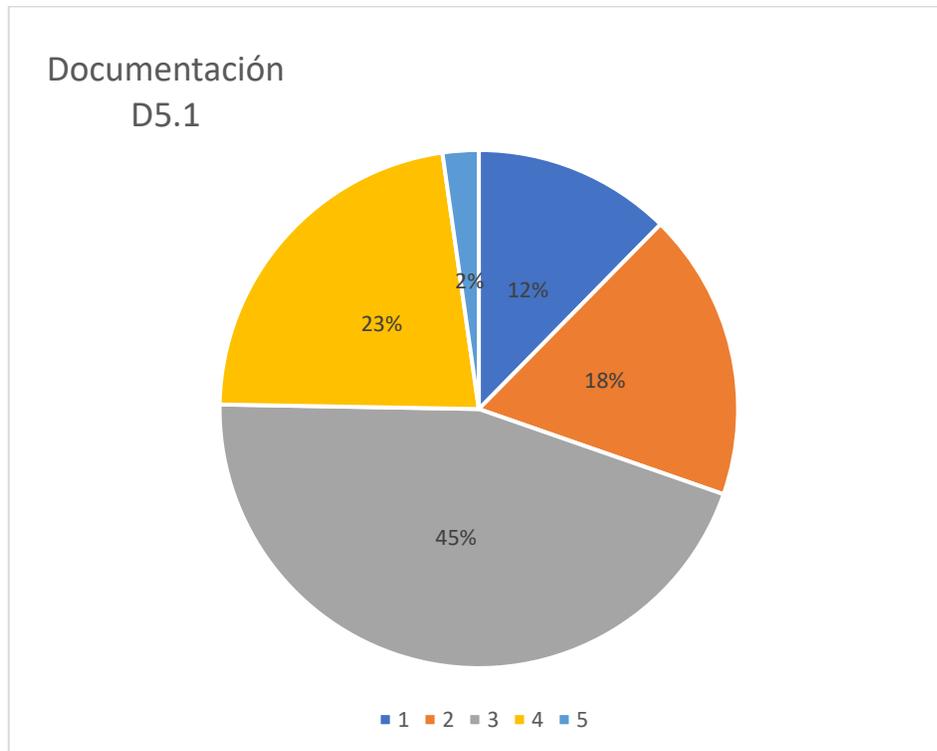
Nota. El gráfico presenta los resultados de la pregunta 12 en la encuesta realizada, para obtener una base de datos, que se analizará en el presente proyecto.

Como se observa en la Figura 18, correspondiente a la pregunta C4.3, de los 89 encuestados, solo el 7% está totalmente en desacuerdo, un 9% en desacuerdo, un 27% en ni acuerdo ni desacuerdo, un 47% de acuerdo y un 10% totalmente de acuerdo, que están de acuerdo con su sueldo mensual.

- **¿Recibe toda la información que necesita para poder realizar eficientemente su trabajo?**

Figura 21

Gráfica de porcentajes de D5.1



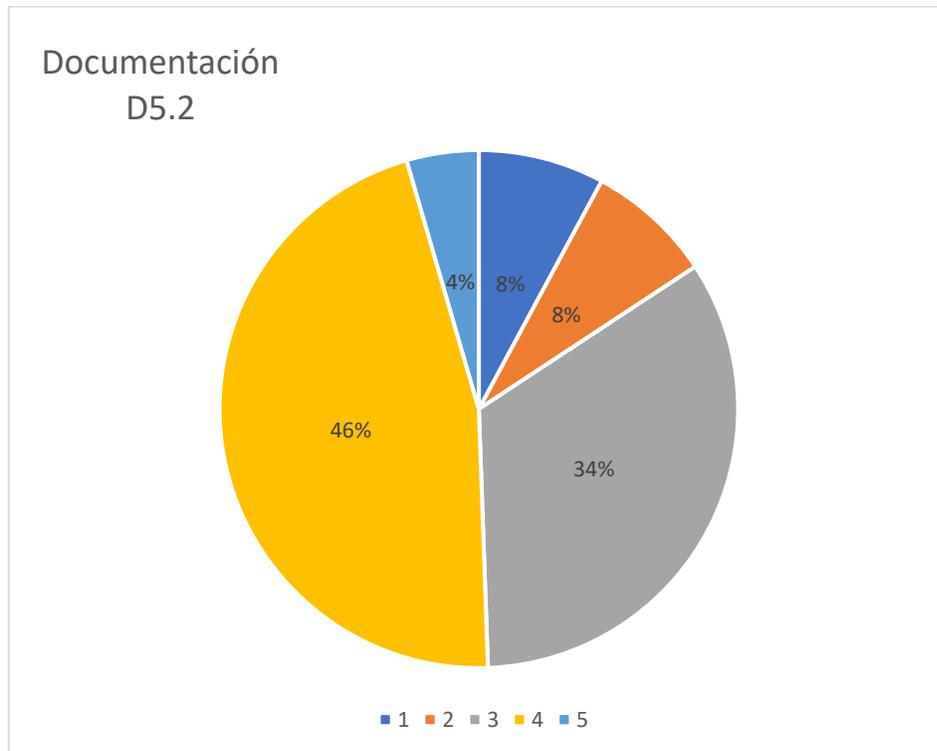
Nota. El gráfico presenta los resultados de la pregunta 13 en la encuesta realizada, para obtener una base de datos, que se analizará en el presente proyecto.

Como se observa en la Figura 19, correspondiente a la pregunta D5.1, de los 89 encuestados, solo el 12% está totalmente en desacuerdo, un 18% en desacuerdo, un 45% en ni acuerdo ni desacuerdo, un 23% de acuerdo y un 2% totalmente de acuerdo, que obtienen la información necesaria para realizar los debidos procedimientos de trabajo.

- **¿Existe una facilidad de enlace con gerentes o supervisores para obtener información necesaria o requerida?**

Figura 22

Gráfica de porcentajes de D5.2



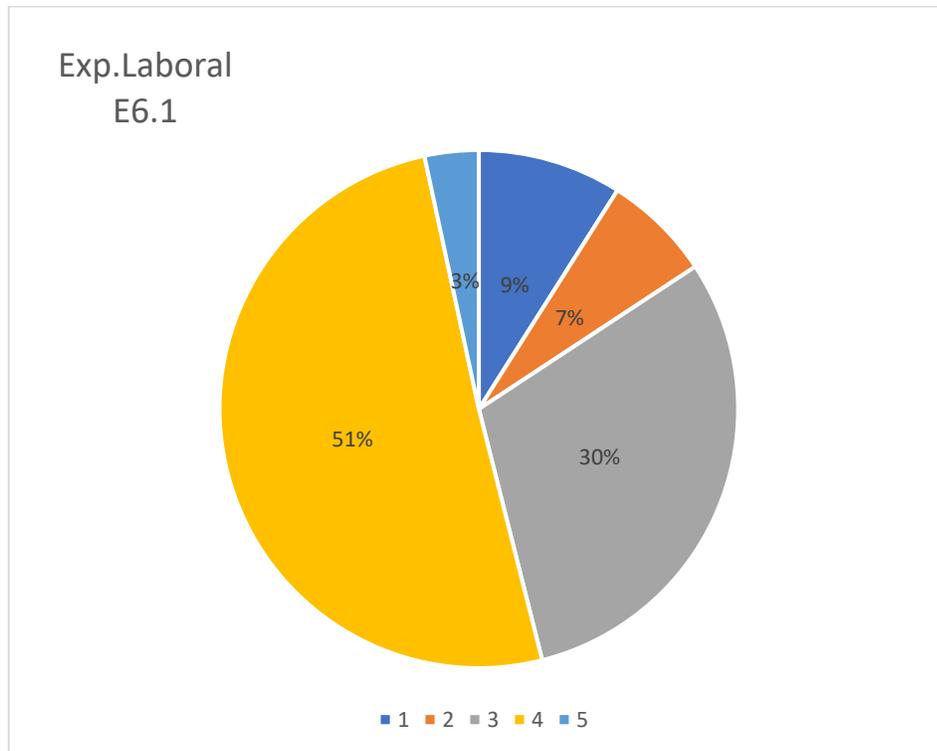
Nota. El gráfico presenta los resultados de la pregunta 14 en la encuesta realizada, para obtener una base de datos, que se analizará en el presente proyecto.

Como se observa en la Figura 20, correspondiente a la pregunta D5.2, de los 89 encuestados, solo el 8% está totalmente en desacuerdo, un 8% en desacuerdo, un 34% en ni acuerdo ni desacuerdo, un 46% de acuerdo y un 4% totalmente de acuerdo, en el cual los supervisores y empleados se comunican para recibir la información necesaria para los procesos de trabajo.

¿Dentro de su horario laboral usted analiza alguna situación inusual, lo cual lo lleva a replantear su enfoque laboral?

Figura 23

Gráfica de porcentajes de E6.1



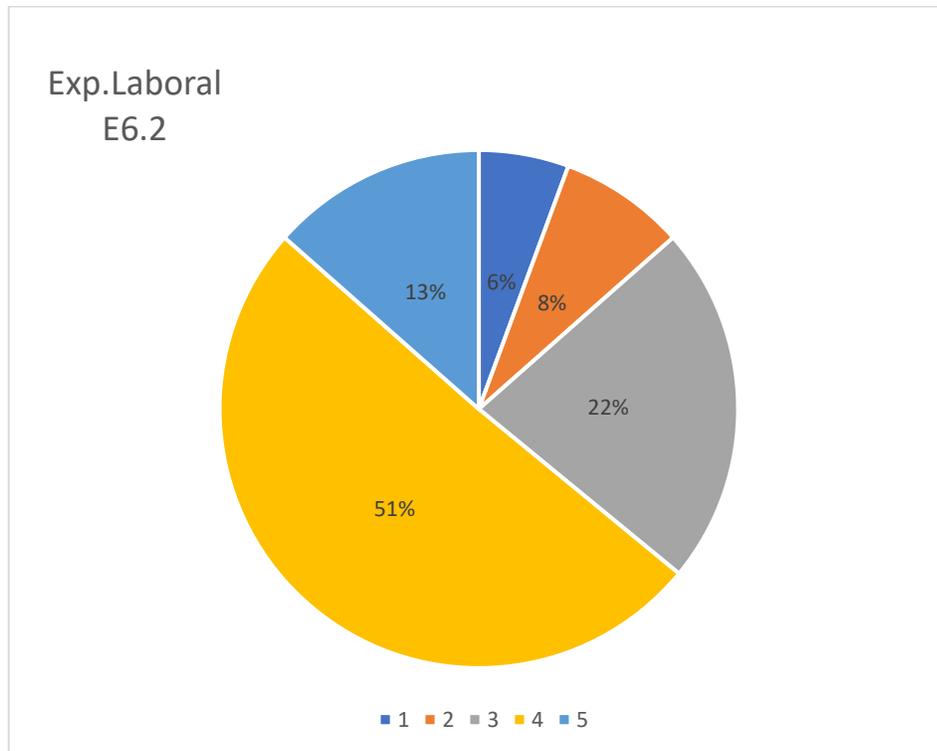
Nota. El gráfico presenta los resultados de la pregunta 15 en la encuesta realizada, para obtener una base de datos, que se analizará en el presente proyecto.

Como se observa en la Figura 21, correspondiente a la pregunta E6.1, de los 89 encuestados, solo el 9% está totalmente en desacuerdo, un 7% en desacuerdo, un 30% en ni acuerdo ni desacuerdo, un 51% de acuerdo y un 3% totalmente de acuerdo, en que surgen pensamientos por parte de los empleados para replantear su enfoque en el trabajo.

- **¿En situaciones de emergencia para usted las normas y reglamentos de su organización están claras?**

Figura 24

Gráfica de porcentajes de E6.2



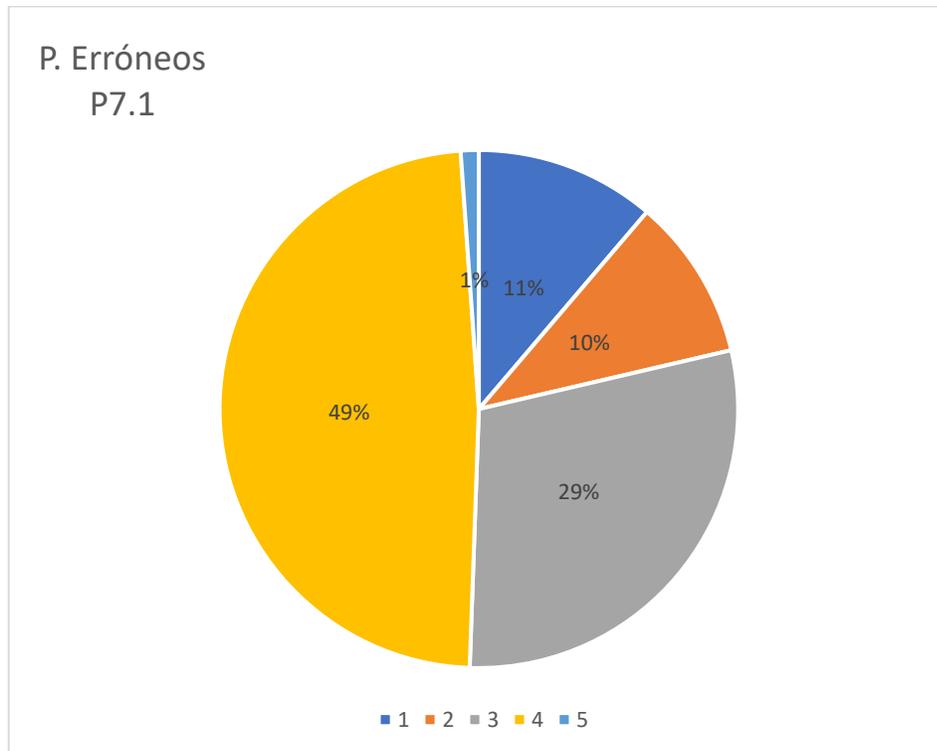
Nota. El gráfico presenta los resultados de la pregunta 16 en la encuesta realizada, para obtener una base de datos, que se analizará en el presente proyecto.

Como se observa en la Figura 22, correspondiente a la pregunta E6.2, de los 89 encuestados, solo el 6% está totalmente en desacuerdo, un 8% en desacuerdo, un 22% en ni acuerdo ni desacuerdo, un 51% de acuerdo y un 13% totalmente de acuerdo, en que las normas y reglamentos que rigen en su trabajo están debidamente claras.

- **¿En situaciones normales usted tiene que violar las normas de seguridad debido a las presiones del trabajo?**

Figura 25

Gráfica de porcentajes de P7.1



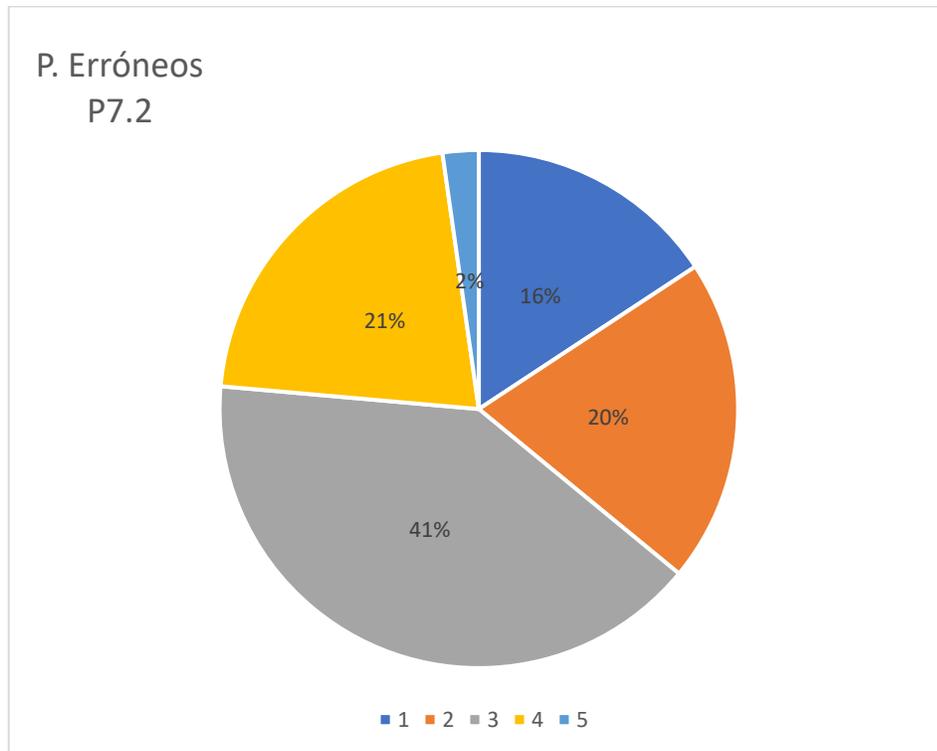
Nota. El gráfico presenta los resultados de la pregunta 17 en la encuesta realizada, para obtener una base de datos, que se analizará en el presente proyecto.

Como se observa en la Figura 23, correspondiente a la pregunta P7.1, de los 89 encuestados, el 11% está totalmente en desacuerdo, un 10% en desacuerdo, un 29% en ni acuerdo ni desacuerdo, un 49% de acuerdo y solo un 1% totalmente de acuerdo, en el cual deben realizar acciones en situaciones normales de trabajo, que violen las normas de seguridad del entorno laboral.

- **¿En situaciones de emergencia usted tiene que violar las normas de seguridad debido a las presiones del trabajo?**

Figura 26

Gráfica de porcentajes de P7.2



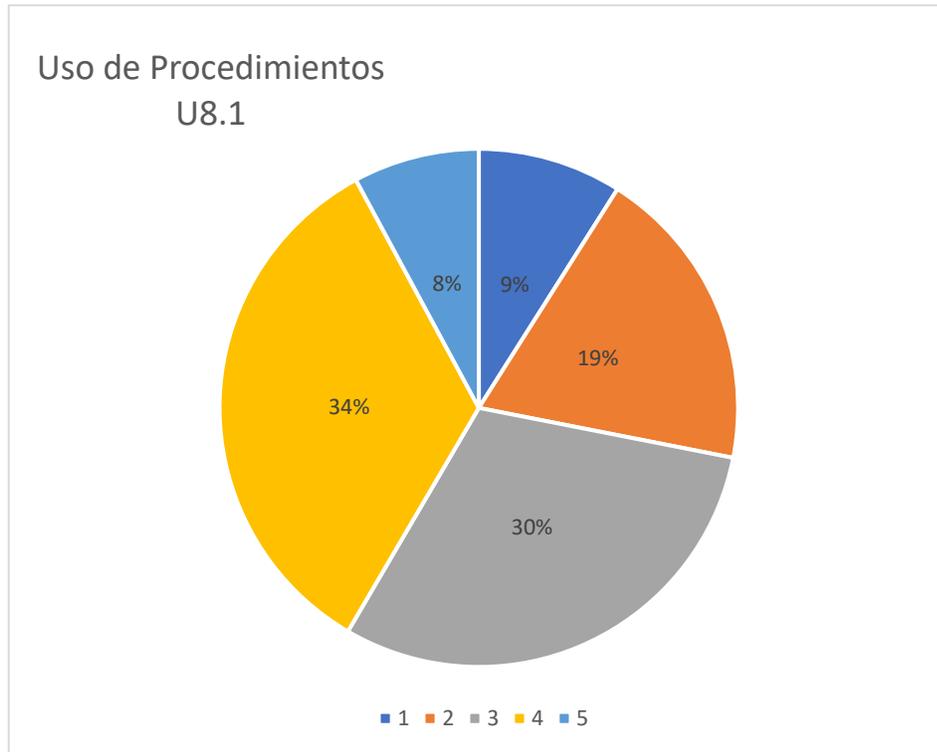
Nota. El gráfico presenta los resultados de la pregunta 18 en la encuesta realizada, para obtener una base de datos, que se analizará en el presente proyecto.

Como se observa en la Figura 24, correspondiente a la pregunta P7.2, de los 89 encuestados, el 16% está totalmente en desacuerdo, un 20% en desacuerdo, un 41% en ni acuerdo ni desacuerdo, un 21% de acuerdo y un 2% totalmente de acuerdo, en el cual deben realizar acciones en situaciones de emergencia, que violen las normas de seguridad del entorno laboral.

¿Conoce claramente los procedimientos disponibles para sus actividades?

Figura 27

Gráfica de porcentajes de U8.1



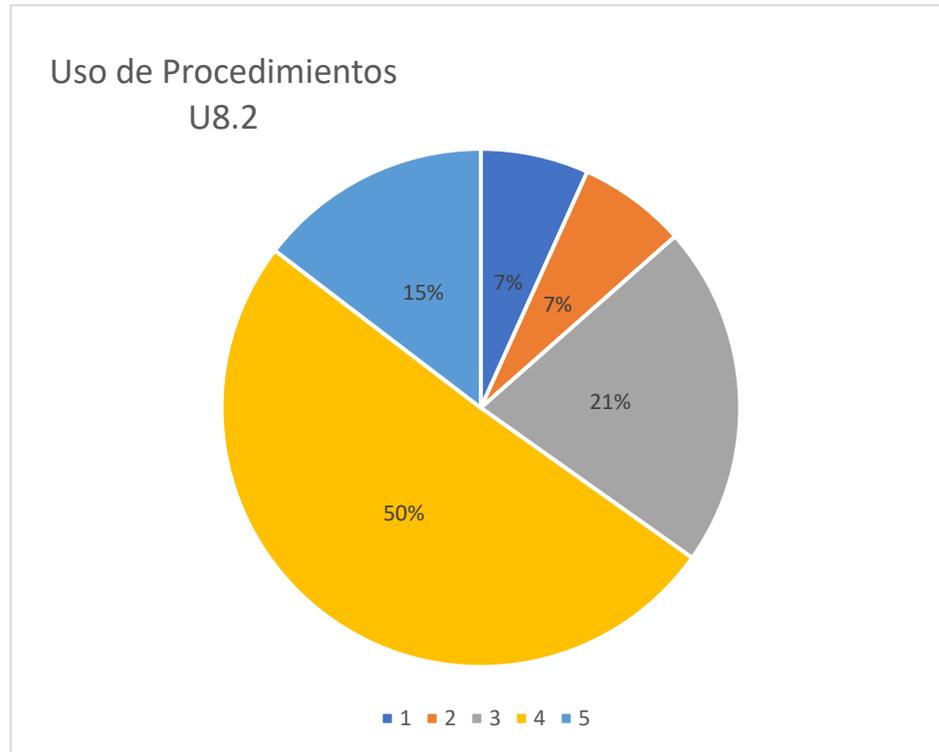
Nota. El gráfico presenta los resultados de la pregunta 19 en la encuesta realizada, para obtener una base de datos, que se analizará en el presente proyecto.

Como se observa en la Figura 25, correspondiente a la pregunta U8.1, de los 89 encuestados, solo el 9% está totalmente en desacuerdo, un 19% en desacuerdo, un 30% en ni acuerdo ni desacuerdo, un 34% de acuerdo y un 8% totalmente de acuerdo, que conocen claramente los pasos para realizar de manera óptima sus actividades.

- ¿Su gerente controla y monitorea sus trabajos?

Figura 28

Gráfica de porcentajes de U8.2



Nota. El gráfico presenta los resultados de la pregunta 20 en la encuesta realizada, para obtener una base de datos, que se analizará en el presente proyecto.

Como se observa en la Figura 26, correspondiente a la pregunta U8.2, de los 89 encuestados, solo el 7% está totalmente en desacuerdo, un 7% en desacuerdo, un 21% en ni acuerdo ni desacuerdo, un 50% de acuerdo y un 15% totalmente de acuerdo, en que sus jefes controlan y monitorean sus actividades.

3 CAPITULO 3: DESARROLLO Y ANÁLISIS DEL MODELO DE ECUACIONES ESTRUCTURALES

3.1 Presentación y estudio de la base de datos

El estudio se centra en la evaluación de parámetros relacionados al error humano. La información obtenida es el resultado de una encuesta realizada entre diferentes empresas y talleres relacionados con el mantenimiento de vehículos. La muestra de prueba incluye 89 encuestas realizadas en Google Forms, hacia el personal encargado del mantenimiento automotriz de las ciudades de Cuenca y Huaquillas, cómo se es oberva en la tabla:

Tabla 1

Número de muestras y sus localidades

Toma de muestras		
Ciudad	Talleres automotrices	Centros de revisión técnica vehicular
Cuenca	34	28
Huaquillas	27	0
Total	89	

Ahora, se presenta las variables mencionadas en el cuestionario, estimadas en la escala Likert de 1 a 5.

Tabla 2*Variables y sus observaciones*

Abreviación	Ítems
F1.1	¿Siente dolor o fatiga durante el trabajo diario?
F1.2	¿Siente dolor o fatiga al terminar su trabajo?
F1.3	¿Otras actividades o personas perturban su concentración en el lugar de trabajo?
C2.1	¿Tiene problemas con compañeros dentro de la organización?
C2.2	¿Su desempeño en el trabajo depende del turno?
C2.3	¿Se siente satisfecho con su trabajo en general?
P3.1	¿En situaciones normales usted siente presión en el trabajo?
P3.2	¿La presión es un factor de importancia en situaciones de emergencia?
P3.3	¿Está satisfecho con el tiempo de trabajo?
C4.1	¿Existen canales de comunicación con sus supervisores?
C4.2	¿El intercambio de información y la comunicación con colegas fuera de la organización le ayudan en su trabajo?
C4.3	¿Está satisfecho con su salario?
D5.1	¿Recibe toda la información que necesita para poder realizar eficientemente su trabajo?
D5.2	¿Existe una facilidad de enlace con gerentes o supervisores para obtener información necesaria o requerida?
E6.1	¿Dentro de su horario laboral usted analiza alguna situación inusual, lo cual lo lleva a replantear su enfoque laboral?
E6.2	¿En situaciones de emergencia para usted las normas y reglamentos de su organización están claras?
P7.1	¿En situaciones normales usted tiene que violar las normas de seguridad debido a las presiones del trabajo?
P7.2	¿En situaciones de emergencia usted tiene que violar las normas de seguridad debido a las presiones del trabajo?
U8.1	¿Conoce claramente los procedimientos disponibles para sus actividades?
U8.2	¿Su gerente controla y monitorea sus trabajos?

Luego de describir las variables de la matriz, se realiza un análisis descriptivo de la información recolectada. Es importante considerar que la normalidad multivariable es un requisito que debe cumplir el conjunto de datos para poder utilizarlo en el modelado de ecuaciones estructurales. En este caso, se evaluarán la asimetría y la curtosis para garantizar que la encuesta propuesta tenga normalidad.

La Tabla 2 muestra los estadísticos descriptivos de las 20 variables de la investigación. Además, son estas variables las que formarán el modelo de ecuaciones estructurales que se utilizará para estudiar la relación entre el factor humano y el mantenimiento.

Tabla 3

Estadísticos descriptivos. Variables observadas.

	N	Míni mo	Máxi mo	Media	Desvia ción	Asimetría		Curtosis	
	Esta dísti co	Esta dísti co	Estadí stico	Estadí stico	Estadí stico	Estadíst ico	Desv. Error	Estadístico	Desv. Error
F1.1	89	1	5	2.704	.996	-.034	.255	-.603	.506
F1.2	89	1	5	3.386	1.066	-1.042	.255	.316	.506
F1.3	89	1	5	2.659	1.173	.236	.255	-.813	.506
C2.1	89	1	4	2.204	1.007	.412	.255	-.869	.506
C2.2	89	1	5	2.647	1.259	.170	.255	-1.111	.506
C2.3	89	1	5	3.079	1.261	-.160	.255	-1.025	.506
P3.1	89	1	5	3.636	1.052	-.99	.255	.771	.506
P3.2	89	1	5	3.181	1.00	-.353	.255	-.737	.506
P3.3	89	1	5	3.431	1.003	-.601	.255	.189	.506
C4.1	89	1	5	3.477	1.028	-1.009	.255	.639	.506
C4.2	89	1	5	3.625	1.075	-.914	.255	.507	.506
C4.3	89	1	5	3.454	1.027	-.806	.255	.323	.506
D5.1	89	1	5	2.840	.992	-.328	.255	-.365	.506
D5.2	89	1	5	3.340	.945	-.902	.255	.481	.506
E6.1	89	1	5	3.340	.981	-1.064	.255	.574	.506
E6.2	89	1	5	3.568	1.003	-.914	.255	.637	.506
P7.1	89	1	5	3.159	1.015	-.948	.255	-.132	.506
P7.2	89	1	5	2.761	1.028	-.205	.255	-.664	.506
U8.1	89	1	5	3.113	1.097	-.303	.255	-.621	.506
U8.2	89	1	5	3.602	1.045	-.971	.255	.674	.506

Al analizar los diferentes valores obtenidos en la tabla anterior, se evidencia que existe normalidad multivariada en los resultados, esto se debe a los valores de asimetría y curtosis que presenta la base de datos.

Para la asimetría, los valores superiores a 3 indican un comportamiento muy inusual, mientras que para la curtosis, los valores superiores a 21 también indican un comportamiento muy inusual. Para que los datos representen una distribución normal multivariable, es importante que los valores de asimetría se mantengan por debajo de 2 y que los valores de curtosis se mantengan por debajo de 7.

Tras examinar la distribución multivariante de los datos, es necesario analizar las posibles correlaciones que existen entre las variables medidas.

Al analizar los coeficientes de correlación de Pearson, se puede observar que entre las variables observadas existe una estructura de correlación significativa e importante. Esto refleja una estructura de correlación compleja que se puede utilizar para desarrollar un modelo de ecuación estructural para explicar la relación entre los factores del error humano y el mantenimiento.

Tabla 4*Matriz de Correlaciones de las variables observables.*

	F1.1	F1.2	F1.3	C2.1	C2.2	C2.3	P3.1	P3.2	P3.3	C4.1	C4.2	C4.3	D5.1	D5.2	E6.1	E6.2	P7.1	P7.2	U8.1
F1.1	0,992	0,598	0,289	0,119	0,148	0,081	0,225	0,25	0,313	0,2	0,221	0,09	0,033	-0,048	0,263	-0,175	0,139	0,101	-0,012
F1.2	0,598	1,136	-0,051	-0,16	0,345	0,164	0,257	0,285	0,371	0,055	0,181	0,259	0,223	-0,076	0,143	0,008	-0,154	-0,022	0,071
F1.3	0,289	-0,051	1,377	0,565	0,189	0,326	0,403	0,212	-0,012	0,199	-0,118	-0,004	-0,285	0,118	-0,101	0,069	0,342	0,366	0,051
C2.1	0,119	-0,16	0,565	1,015	0,682	0,455	0,098	0,307	0,083	0,039	-0,233	-0,083	0,021	0,182	0,021	0,25	0,277	0,394	0,252
C2.2	0,148	0,345	0,189	0,682	1,587	1,097	-0,233	0,49	0,28	-0,152	-0,306	0,024	0,369	0,064	0,167	0,386	-0,254	0,524	0,765
C2.3	0,081	0,164	0,326	0,455	1,097	1,591	-0,063	0,732	0,322	0,019	-0,2	0,09	0,254	0,26	0,145	0,518	-0,07	0,812	0,83
P3.1	0,225	0,257	0,403	0,098	-0,233	-0,063	1,108	0,136	0,193	0,405	0,184	0,225	-0,139	0,252	0,229	0,025	0,507	-0,019	-0,315
P3.2	0,25	0,285	0,212	0,307	0,49	0,732	0,136	1,001	0,38	0,188	0,08	0,135	0,213	0,305	0,133	0,252	0,028	0,423	0,427
P3.3	0,313	0,371	-0,012	0,083	0,28	0,322	0,193	0,38	1,007	0,366	0,359	0,526	0,311	0,368	0,437	0,235	0,252	0,081	0,123
C4.1	0,2	0,055	0,199	0,039	-0,152	0,019	0,405	0,188	0,366	1,057	0,514	0,114	-0,038	0,33	0,249	-0,067	0,417	0,127	-0,066
C4.2	0,221	0,181	-0,118	-0,233	-0,306	-0,2	0,184	0,08	0,359	0,514	1,157	0,138	0,376	0,014	0,129	-0,083	0,164	-0,148	-0,014
C4.3	0,09	0,259	-0,004	-0,083	0,024	0,09	0,225	0,135	0,526	0,114	0,138	1,055	0,452	0,429	0,418	0,359	0,352	0,029	0,074
D5.1	0,033	0,223	-0,285	0,021	0,369	0,254	-0,139	0,213	0,311	-0,038	0,376	0,452	0,986	0,239	0,25	0,126	0,037	-0,05	0,294
D5.2	-0,048	-0,076	0,118	0,182	0,064	0,26	0,252	0,305	0,368	0,33	0,014	0,429	0,239	0,894	0,549	0,321	0,393	0,301	0,122
E6.1	0,263	0,143	-0,101	0,021	0,167	0,145	0,229	0,133	0,437	0,249	0,129	0,418	0,25	0,549	0,963	0,264	0,393	0,22	0,064
E6.2	-0,175	0,008	0,069	0,25	0,386	0,518	0,025	0,252	0,235	-0,067	-0,083	0,359	0,126	0,321	0,264	1,007	0,276	0,493	0,521
P7.1	0,139	-0,154	0,342	0,277	-0,254	-0,07	0,507	0,028	0,252	0,417	0,164	0,352	0,037	0,393	0,393	0,276	1,032	0,28	-0,099
P7.2	0,101	-0,022	0,366	0,394	0,524	0,812	-0,019	0,423	0,081	0,127	-0,148	0,029	-0,05	0,301	0,22	0,493	0,28	1,057	0,614
U8.1	-0,012	0,071	0,051	0,252	0,765	0,83	-0,315	0,427	0,123	-0,066	-0,014	0,074	0,294	0,122	0,064	0,521	-0,099	0,614	1,205

Nota. Un valor mayor de 1 indica una correlación perfecta positiva, lo que significa que las variables se mueven proporcionalmente en la misma dirección. Un valor de -1 indica un acoplamiento negativo perfecto, lo que significa que las variables cambian proporcionalmente en la dirección opuesta. Un valor de 0 indica que no hay relación lineal entre las variables.

3.2 Fiabilidad de los constructos. Alfa de Cronbach

Se analizó el alfa de Cronbach para comprobar la fiabilidad del cuestionario y sus componentes. El valor límite de este indicador es 0,6, esto se debe a que hay menos de 10 factores en la construcción.

Los resultados de toda la encuesta se pueden ver a continuación:

Tabla 5

Alpha de Cronbach del cuestionario

Estadísticas de fiabilidad		
Estadísticos		
Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N. de elementos
.816	.819	20

Los valores de alfa de Cronbach obtenidos superan el valor de 0,8, lo que demuestra que la correlación entre las variables es alta, por lo que la escala utilizada en el cuestionario es adecuada para el estudio.

La siguiente tabla muestra cómo cambia el alfa de Cronbach cuando se excluye cualquier factor. Está claro que el valor de confianza difiere entre los elementos C2.3 y P3.3, pero queda por ver si el ajuste mejora significativamente y si se justifica la eliminación de estas entradas.

Tabla 6*Alpha de Cronbach si se elimina algun elemento*

Estadísticas de total de elemento				
	Media si el elemento se ha suprimido	Varianza si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos	Alfa de Cronbach si el elemento se ha eliminado
F1.1	60.51	92.827	.29	.813
F1.2	59.82	93.086	.251	.815
F1.3	60.55	92.617	.239	.817
C2.1	61.01	91.506	.356	.81
C2.2	60.56	88.248	.404	.808
C2.3	60.13	85.774	.515	.800
P3.1	59.57	93.143	.253	.815
P3.2	60.03	88.033	.552	.800
P3.3	59.78	87.505	.579	.798
C4.1	59.73	92.218	.31	.812
C4.2	59.59	95.049	.152	.821
C4.3	59.76	90.253	.414	.807
D5.1	60.37	92.191	.326	.811
D5.2	59.87	89.49	.503	.803
E6.1	59.87	90.111	.446	.805
E6.2	59.64	90.116	.434	.806
P7.1	60.05	91.089	.375	.809
P7.2	60.45	89.055	.478	.804
U8.1	60.10	90.07	.389	.808
U8.2	59.61	88.952	.474	.804

3.3 Análisis factorial exploratorio

El análisis factorial exploratorio (AFE) es una técnica utilizada para investigar y diseñar cuestionarios ya que permite analizar parámetros comunes que explican las respuestas a los ítems del cuestionario.

En este estudio, se realizó con los datos recopilados ya que no existía una hipótesis previa sobre el número de factores o variables latentes. Cada conjunto de datos que se va a analizar mediante el análisis factorial debe probarse primero para ver si el análisis es factible.

Inicialmente, se corrige la media de Kaiser o KMO. Esta medida muestra el grado o la cantidad de correlación entre las variables. En general, se espera que las correlaciones sean altas, de modo que los resultados del análisis factorial sean consistentes y confiables. De igual forma, se debe realizar la prueba de globalidad de Bartlett, partiendo de la hipótesis de que los elementos no están correlacionados, ya que evalúa la matriz de observación por la matriz identidad. Ambas matrices deben ser diferentes.

Se presenta, la tabla con los valores de Kaiser y esfericidad de Barlett:

Tabla 7

Prueba de KMO y Bartlett

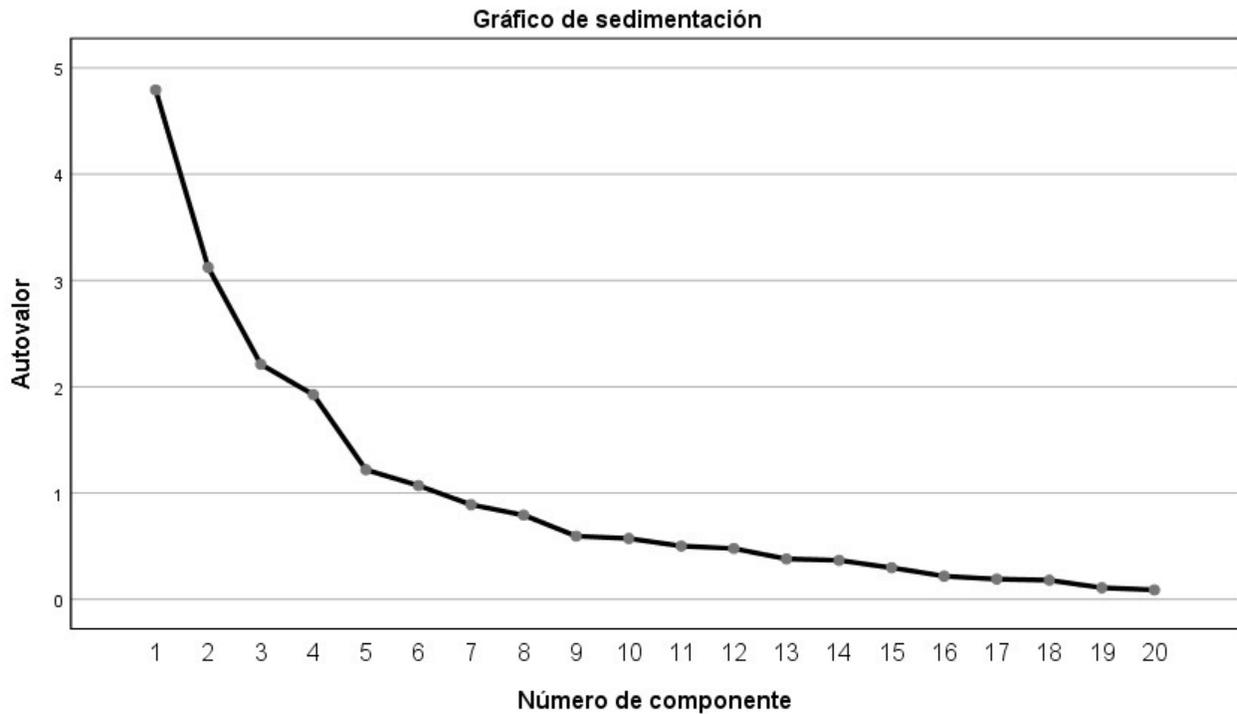
Prueba de Kaiser y esfericidad		
Medida Kaiser-Meyer-Olkin		.620
Prueba de esfericidad	Aprox. Chi-cuadrado	887.35
	gl	190
	Sig.	.000

La interpretación de estos resultados según (Soriano & Mejía, 2022) indica que valores superiores a 0,50 para la medida KMO son aceptables y no sugieren una relación causal entre los datos. En nuestro estudio, el índice KMO fue de 0,620. La prueba de Bartlett arroja un valor de chi-cuadrado de 887.35 a 190 grados de libertad, lo que corresponde a un nivel de significación de 0,00.

Con estos valores se ha determinado que existe una fuerte correlación entre las variables, por lo que AFE es factible.

Figura 29

Gráfica de Sedimentación



En AFE solo se seleccionan valores propios con un valor mayor a 1, donde el valor propio es una medida de variabilidad que representa la cantidad de información que un factor puede explicar. Como puedes ver en la Figura , los valores propios después del factor número 6 son menores que uno, lo que significa que el análisis implica trabajar con 6 variables latentes.

Por lo tanto, la siguiente tabla muestra el valor de cada valor individual, la varianza explicada por cada valor y la varianza acumulada.

Tabla 8*Varianza Total explicada.*

Varianza total explicada						
Componente	Sumas de cargas al cuadrado (extracción)			Sumas de cargas al cuadrado (rotación)		
	Total	% de varianza	% acumulado	Total	% de varianza	% acumulado
1	4.793	23.964	23.964	4.793	23.964	23.964
2	3.123	15.613	39.577	3.123	15.613	39.577
3	2.212	11.059	50.635	2.212	11.059	50.635
4	1.925	9.627	60.262	1.925	9.627	60.262
5	1.219	6.095	66.358	1.219	6.095	66.358
6	1.07	5.35	71.708	1.07	5.35	71.708

Como se observa, los seis factores explican el 71.71% de la variabilidad del modelo.

Para ciencias sociales, el % acumulado debe ser superior al 50%. En este caso, se cumple esta condición. Con la información anterior, se procedió a identificar los factores que componen cada elemento. (Medrano & Muñoz, 2017)

A continuación se muestra la matriz de elementos rotados y su breve explicación.

Tabla 9*Factores y variables que lo componen*

Ítem	Carga factorial	Descripción del componente
F1.1	0.743	<i>Fatiga.</i> Este factor intenta identificar algunas de las razones que pueden conducir a la fatiga emocional y física en el personal de mantenimiento.
F1.2	0.777	
F1.3	0.741	
C2.1	0.68	<i>Creencias Personales.</i> Este componente busca relacionar la disciplina de una persona o el respeto y la confianza que muestra a sus compañeros y la empresa.
C2.2	0.768	
C2.3	0.77	
P3.1	0.624	<i>Presion de tiempo.</i> Este factor está diseñado para correlacionar con el tiempo lo que puede ser estresante para el operador.
P3.2	0.578	
P3.3	0.635	
C4.1	0.778	<i>Comunicación.</i> Este componente está diseñado para correlacionar las funciones de comunicación entre los operadores de mantenimiento.
C4.2	0.824	
C4.3	0.722	
D5.1	0.695	<i>Documentación.</i> Este componente busca relacionar características de comunicación entre los operadores de mantenimiento.
D5.2	0.701	
E6.1	0.745	<i>Experiencia Laboral.</i> Este componente busca relacionar el tiempo de experiencia que tiene la persona con el aumento de error humano
E6.2	0.595	

3.4 Análisis Factorial Confirmatorio

3.4.1 Especificación del modelo

Las distintas variables que conforman un modelo de ecuaciones estructurales son los siguientes:

- Variables latentes ξ
- Variables observadas F
- Errores de medida ε
- Coeficientes de regresión λ_x, λ_y
- Coeficientes de covariación ϕ

Para el estudio se utilizarán seis variables latentes, que se muestran a continuación en la tabla:

Tabla 10

Identificación de las variables latentes.

Variables Endógenas	Nomenclatura
Fatiga	(η_1)
Creencias Personales	(η_2)
Presión de tiempo	(η_3)
Comunicación	(η_4)
Documentación	(η_5)
Experiencia Laboral	(η_6)
Confiabilidad Humana	(η_7)

De igual forma, para cada variable endógena se identificaron indicadores junto con el error de medición correspondiente. Además, cada variable endógena tiene su propio error de predicción.

Tabla 11

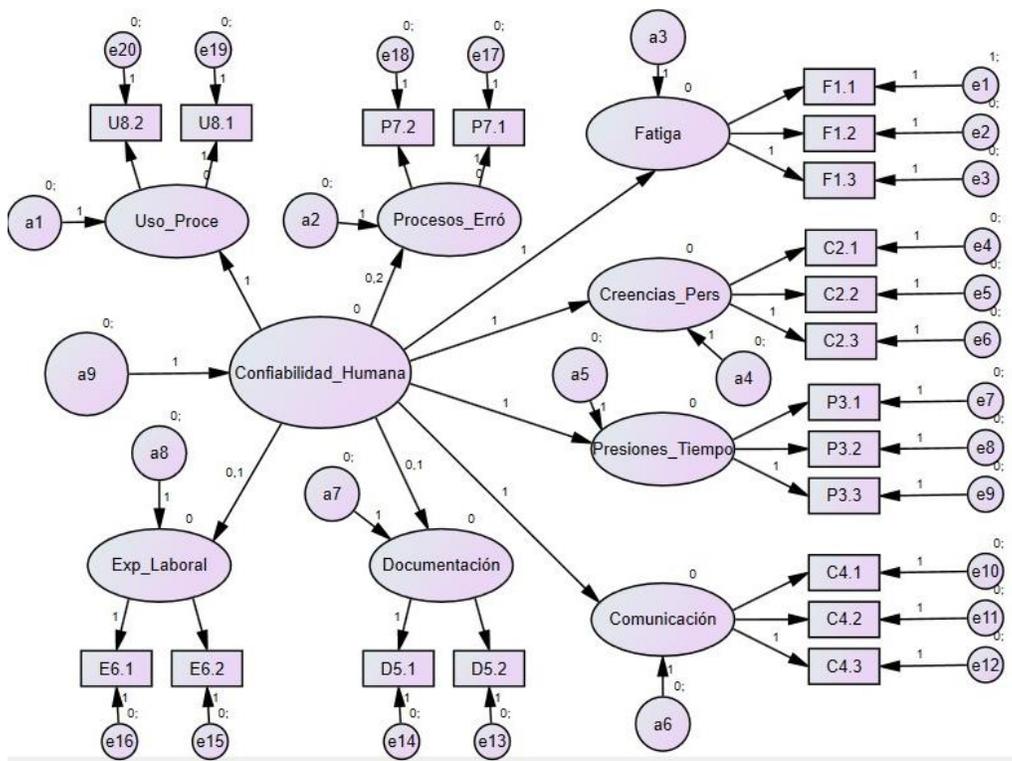
Componentes de las variables endógenas

Variables Latentes Endógenas / Error de predicción	Variables observadas	Errores de medición
Fatiga (η_1) / (ζ_1)	F _{1.1} , F _{1.2} , F _{1.3}	$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$
Creencias Personales (η_2) / (ζ_2)	C _{2.1} , C _{2.2} , C _{2.3}	$\varepsilon_4, \varepsilon_5, \varepsilon_6$
Presión de tiempo (η_3) / (ζ_3)	P _{3.1} , P _{3.2} , P _{3.3}	$\varepsilon_7, \varepsilon_8, \varepsilon_9,$
Comunicación (η_4) / (ζ_4)	C _{4.1} , C _{4.2} , C _{4.3}	$\varepsilon_{10}, \varepsilon_{11}, \varepsilon_{12}$
Documentación (η_5) / (ζ_5)	D _{5.1} , D _{5.2}	$\varepsilon_{13}, \varepsilon_{14}$
Experiencia Laboral (η_6) / (ζ_6)	E _{6.1} , E _{6.2}	$\varepsilon_{15}, \varepsilon_{16}$
Confiabilidad Humana (η_7) / (ζ_7)		

Se debe tener en cuenta que los errores de predicción y medición se tratan como variables no observadas. A continuación se muestra un modelo propuesto de ecuaciones estructurales donde las variables no observadas están representadas por óvalos y las variables observadas por rectángulos.

Figura 30

Primer modelo de ecuaciones estructurales

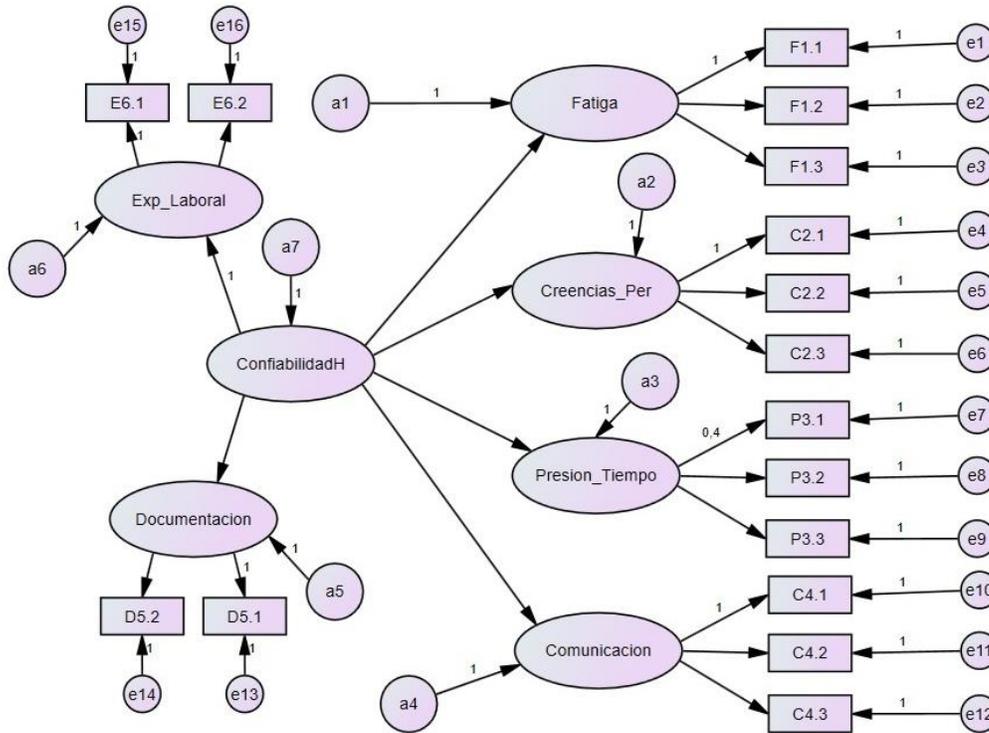


El modelo propuesto consta de un modelo estructural que indica la interrelación de las variables latentes y un modelo de medida formado por ocho constructos y veinte indicadores que especifican las relaciones entre los constructos y las variables observadas.

Este modelo fue planteado con todos los factores estudiados en este proyecto, pero se realizó las modificaciones para analizar solo los 6 factores que presentan la mayoría de variabilidad del modelo como se muestra a continuación.

Figura 31

Modelo de ecuaciones estructurales con seis factores



Nota. Las relaciones existentes entre distintas variables se pueden clasificar según su tipo, en el caso de la variable observada con la variable latente existe un coeficiente de regresión lambda (λ_{ij} , λ_{yij}).

Tabla 12

Variables con sus coeficientes de regresión

Variables Latentes Endógenas	Variables Observadas	Coefficientes
η_1	F1.1, F1.2, F1.3	$\lambda^F_{11}, \lambda^F_{21}, \lambda^F_{31}$
η_2	C2.1, C2.2, C2.3	$\lambda^C_{42}, \lambda^C_{52}, \lambda^C_{62}$
η_3	P3.1, P3.2, P3.3	$\lambda^P_{73}, \lambda^P_{83}, \lambda^P_{93}$
η_4	C4.1, C4.2, C4.3	$\lambda^C_{114}, \lambda^C_{124}, \lambda^C_{134}$
η_5	D5.1, D5.2	$\lambda^D_{145}, \lambda^D_{155}$
η_6	E6.1, E6.2	$\lambda^E_{166}, \lambda^E_{176}$
Variables Latentes Endógenas	Variables Latentes Endógenas	Coefficientes
$\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4, \eta_5, \eta_6$	η_6	$\beta_{61}, \beta_{62}, \beta_{63}, \beta_{64}, \beta_{65}, \beta_{66}$

La relación entre dos submódulos de ecuaciones estructurales se puede expresar mediante una serie de ecuaciones, algunas de las cuales corresponden a variables exógenas ($X_i = X^*$) y otras a variables endógenas ($Y_i = \lambda Y^* + \eta + \varepsilon$).

Tabla 13

Ecuaciones del modelo estructural

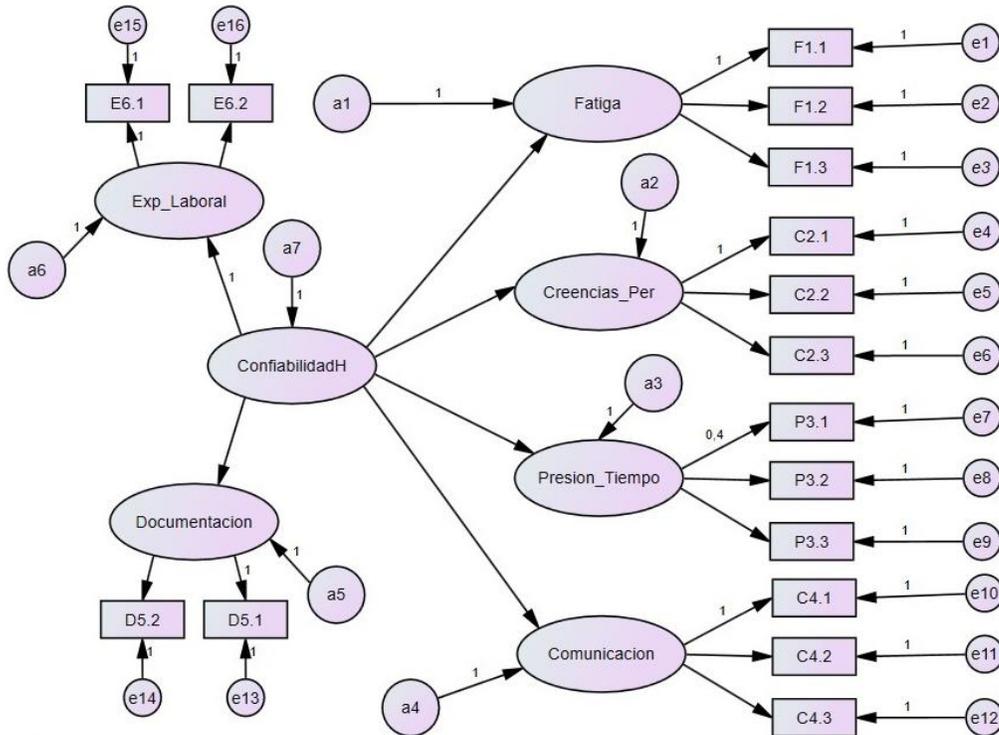
$F_i = \lambda^F * \eta + \varepsilon$	
$F_{1,1} = \lambda^F_{11} * \eta_1 + \varepsilon_1$	$P_{3,3} = \lambda^P_{93} * \eta_3 + \varepsilon_9$
$F_{1,2} = \lambda^F_{21} * \eta_1 + \varepsilon_2$	$C_{4,1} = \lambda^C_{103} * \eta_3 + \varepsilon_{10}$
$F_{1,3} = \lambda^F_{31} * \eta_1 + \varepsilon_3$	$C_{4,2} = \lambda^C_{114} * \eta_4 + \varepsilon_{11}$
$C_{2,1} = \lambda^C_{42} * \eta_2 + \varepsilon_4$	$C_{4,3} = \lambda^C_{124} * \eta_4 + \varepsilon_{12}$
$C_{2,2} = \lambda^C_{52} * \eta_2 + \varepsilon_5$	$D_{5,1} = \lambda^D_{145} * \eta_4 + \varepsilon_{13}$
$C_{2,3} = \lambda^C_{62} * \eta_2 + \varepsilon_6$	$D_{5,2} = \lambda^D_{155} * \eta_5 + \varepsilon_{14}$
$P_{3,1} = \lambda^P_{73} * \eta_3 + \varepsilon_7$	$E_{6,1} = \lambda^E_{166} * \eta_5 + \varepsilon_{15}$
$P_{3,2} = \lambda^P_{83} * \eta_3 + \varepsilon_8$	$E_{6,2} = \lambda^E_{176} * \eta_5 + \varepsilon_{16}$

3.4.2 Identificación del modelo

El software AMOS asigna automáticamente el valor 1 a la relación entre el error de medida y su resultado, y este valor también se almacena en la primera relación entre la variable latente exógena y su resultado. Esto es para mantener la misma escala en todas las evaluaciones y obtener resultados fáciles de entender.

Figura 32

Valores fijos en el modelo de ecuaciones estructurales.



Los parámetros a estimar son el cambio de variables latentes junto con sus errores y coeficientes de regresión, se calcula un total de 46 parámetros (P) para la estimación.

También hay 136 covarianzas entre las variables observadas, lo que da como resultado 98 grados de libertad (G). Esto crea un patrón identificable ($G > 0$), lo que significa que el modelo puede evaluarse. Hay 45 coeficientes de regresión en la tabla de parámetros, de los cuales 30 son fijos, 15 son estimados y 23 son coeficientes de dispersión.

Tabla 14

Resumen de parámetros (AMOS)

Resumen de los parámetros			
Parámetros	Pesos de Regresión	Covarianzas	Varianzas
Fijo	30	0	0
Estimados	15	0	23
Totales	45	0	23

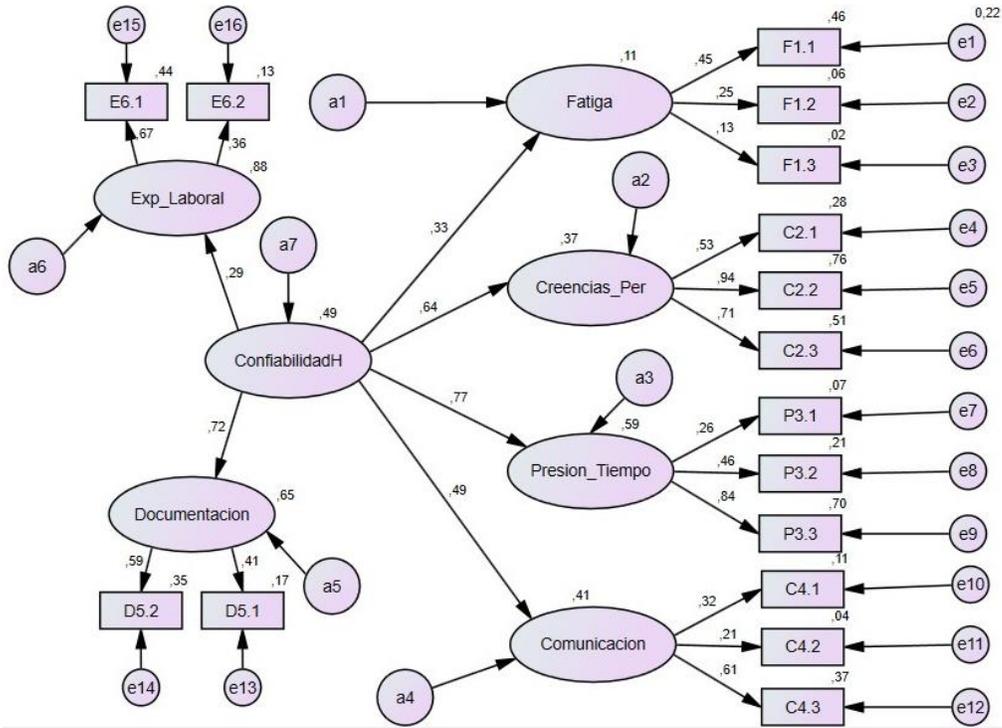
3.4.3 Estimación de Parámetros

Existen varios métodos para la estimación de parámetros en modelos de ecuaciones estructurales, tales como: distribución libre asintótica, mínimos cuadrados generalizados, mínimos cuadrados no ponderados, máxima verosimilitud, etc., cada uno de los cuales debe cumplir con ciertos requisitos. El método de máxima verosimilitud es el método más recomendado y eficiente para lograr los resultados deseados. Para usar este método, se debe probar la normalidad multivariada de los datos.

Se realizaron análisis de asimetría y curtosis en toda la base de datos para comprobar si los datos seguían una distribución normal multivariada. Un valor de 2 o menos para asimetría y 7 o menos para curtosis, indica que los datos exhiben un comportamiento normal. En un análisis posterior, el valor obtenido es inferior al valor anterior, lo que indica que los datos obedecen a la distribución normal multivariada, por lo que es posible utilizar el método de máxima verosimilitud para la estimación del análisis de resultados.

Figura 33

Modelo estimado por el método de Máxima Verosimilitud

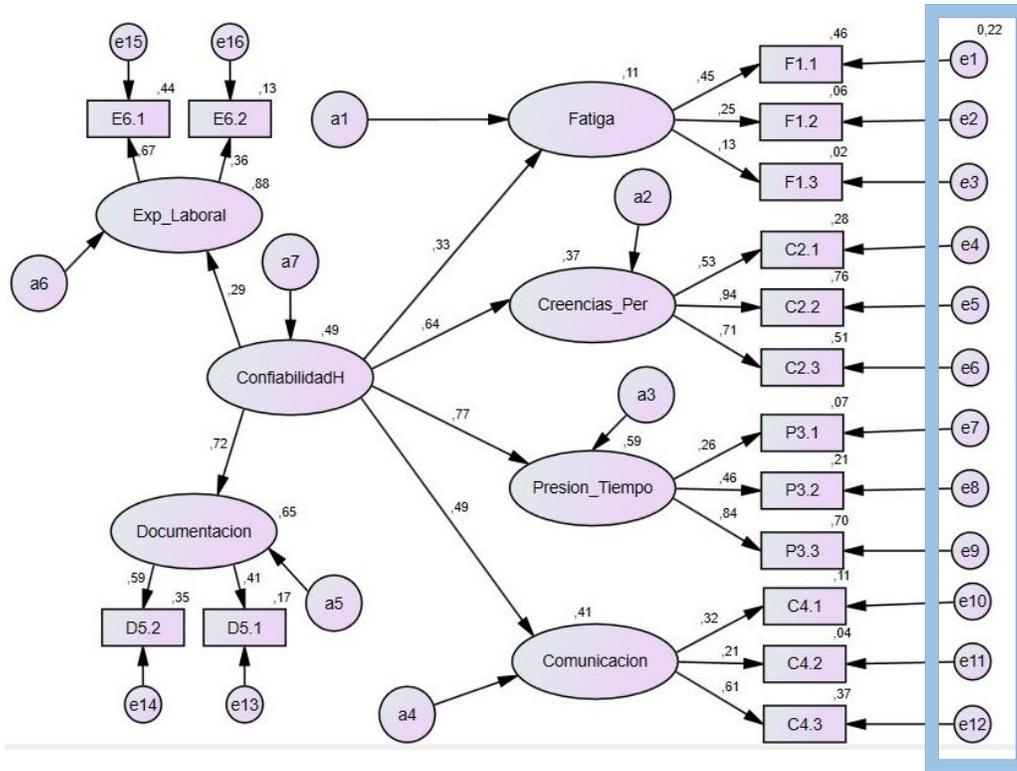


En la figura 31 se aprecia como la mayoría de los indicadores explican de forma significativa al factor humano, siendo más significativa la relación con “Presión de Tiempo” con una carga factorial del 77% y la menos significativa “Experiencia Laboral” con una carga factorial del 29%.

Los valores de los coeficientes son significativos, siendo los más influyentes en la fatiga: F1.1, para creencias personales: C2.2; para presión por tiempo: P3.3, para comunicación: C4.3, para documentación: D5.2, y para experiencia laboral: E6.1.

Figura 34

Valores de regresión en las variables no observables



Nota. Se presentan los nombres asignados en las medidas de error utilizadas en el modelo de ecuaciones estructurales de las variables observadas.

Tabla 15

Ecuaciones de las variables endógenas, modelo de medida

Variables Latentes endógenas que miden ítems	Ecuaciones del modelo de medida		
	Variables Endógenas		
	$Y_i = \lambda^Y * \eta + \varepsilon$		Resultado
Fatiga	$F_{1.1} = \lambda^F_{11} * \eta_1 + \varepsilon_1$	→	$F_{1.1} = 1,00 * \eta_1 + ,22$
	$F_{1.2} = \lambda^F_{21} * \eta_1 + \varepsilon_2$	→	$F_{1.2} = ,12 * \eta_1 + 1,07$
	$F_{1.3} = \lambda^F_{31} * \eta_1 + \varepsilon_3$	→	$F_{1.3} = ,7 * \eta_1 + 1,34$
Creencias Personales	$C_{2.1} = \lambda^C_{42} * \eta_2 + \varepsilon_4$	→	$C_{2.1} = 1,00 * \eta_2 + 0,71$
	$C_{2.2} = \lambda^C_{52} * \eta_2 + \varepsilon_5$	→	$C_{2.2} = 2,36 * \eta_2 + ,05$
	$C_{2.3} = \lambda^C_{62} * \eta_2 + \varepsilon_6$	→	$C_{2.3} = 1,70 * \eta_2 + ,79$
Presión por tiempo	$P_{3.1} = \lambda^P_{73} * \eta_3 + \varepsilon_7$	→	$P_{3.1} = ,40 * \eta_3 + 1,00$
	$P_{3.2} = \lambda^P_{83} * \eta_3 + \varepsilon_8$	→	$P_{3.2} = ,68 * \eta_3 + ,80$
	$P_{3.3} = \lambda^P_{93} * \eta_3 + \varepsilon_9$	→	$P_{3.3} = 1,23 * \eta_3 + ,30$
Comunicación	$C_{4.1} = \lambda^C_{103} * \eta_3 + \varepsilon_{10}$	→	$C_{4.1} = 1,00 * \eta_3 + ,95$
	$C_{4.2} = \lambda^C_{114} * \eta_4 + \varepsilon_{11}$	→	$C_{4.2} = ,68 * \eta_4 + ,95$
	$C_{4.3} = \lambda^C_{124} * \eta_4 + \varepsilon_{12}$	→	$C_{4.3} = 1,86 * \eta_4 + 1,00$
Documentación	$D_{5.1} = \lambda^D_{145} * \eta_4 + \varepsilon_{13}$	→	$D_{5.1} = 1,00 * \eta_4 + ,80$
	$D_{5.2} = \lambda^D_{155} * \eta_5 + \varepsilon_{14}$	→	$D_{5.2} = 1,41 * \eta_5 + ,61$
Experiencia Laboral	$E_{6.1} = \lambda^E_{166} * \eta_5 + \varepsilon_{15}$	→	$E_{6.1} = 1,00 * \eta_5 + ,53$
	$E_{6.2} = \lambda^E_{176} * \eta_5 + \varepsilon_{16}$	→	$E_{6.2} = ,55 * \eta_5 + ,88$

No se observaron variaciones de error negativas en las ecuaciones del modelo de medición, lo que indica que, en general, el modelo es correcto para los datos.

3.4.4 Análisis y adecuación del modelo

A continuación el siguiente paso es evaluar el modelo propuesto utilizando los siguientes índices de ajuste: correlación entre chi-cuadrado y grados de libertad (Cmin/DF), índice de bondad de ajuste (GFI), grado de bondad de ajuste adaptado, índice de ajuste (AGFI), error cuadrático medio de aproximación (RMSEA), índice de Tucker Lewis (TLI), índice de ajuste comparativo (CFI) e índice de ajuste incremental (IFI).

Tabla 16*Estadísticos de bondad de ajuste*

Estadístico	Valor	Criterio
C_{min}	375,701	
C_{min} / DF	2,634	[1-3]
Probability level C_{min}	0.000	C _{min} <0.05
GFI	0.692	Cercano a 1, idóneamente entre [8-9]
AGFI	0.572	Cercano a 1, idóneamente entre [8-9]
RMSEA	0.065	RMSEA<0.08
TLI	0.797	Cercano a 1, idóneamente entre [8-9]
CFI	0.832	Cercano a 1, idóneamente entre [8-9]
IFI	0.849	Cercano a 1, idóneamente entre [8-9]

Se puede observar que la relación C_{min}/DF es de 2,634, lo que indica un buen ajuste a los datos. El nivel de probabilidad C_{min} indica un valor de cero, lo que significa que el modelo es aceptable según este criterio. GFI y AGFI están por debajo de los límites aceptables, el RMSEA es inferior a 0,08, lo que indica un ajuste aceptable. Por otro lado, TLI, CFI e IFI son aceptables pero no los mejores. Con base en los indicadores obtenidos, el modelo se ajusta a los datos. Sin embargo, el ajuste del modelo se puede mejorar cambiando su estructura.

3.4.5 Modificación del modelo

Como se mencionó anteriormente, el ajuste del modelo se puede mejorar para obtener mejores resultados. Para ello, el programa ofrece posibles relaciones utilizando la sección "Índice de Modificación". Es importante recalcar que los cambios propuestos en el plan deben ser cuidadosamente revisados, pues en algunos casos pueden mejorar el índice regulatorio, pero distan mucho de la realidad.

Tabla 17*Relación planteada por el software AMOS*

Relacion	Tipo
C2.3 <--- P3.2	Relación de regresión

Nota. Se debe tener cuidado, y estudiar cuidadosamente si el cambio que propone el programa a realizar, va a mejorar o no los resultado. Una vez determinado ese punto se procede a verificar los resultados nuevamente los cuales presentan una mejora en los índices de ajuste:

Tabla 18*Valores de bondad de ajuste, modelo original y posteriormente modificado*

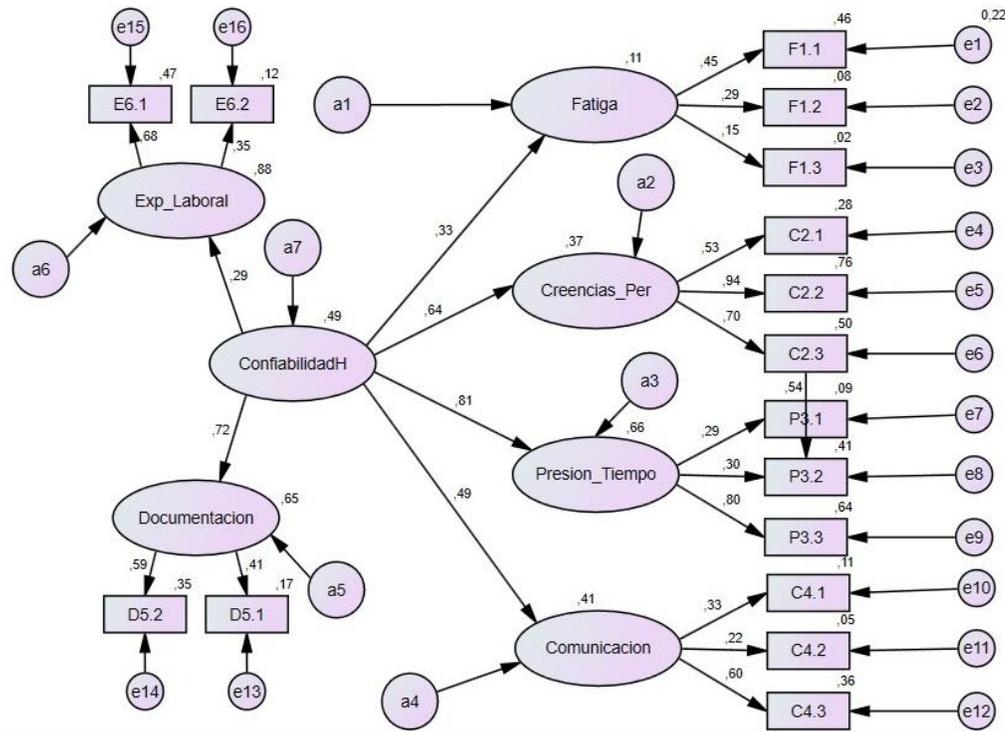
Estadístico	Valor modelo original	Valor modelo modificado	Criterio
C_{min}	375,701	343,62	
C_{min} / DF	2,634	2,192	[1-3]
Probability level C_{min}	0.000	0.012	C _{min} <0.05
GFI	0.692	0.829	Cercano a 1, idóneamente entre [8-9]
AGFI	0.572	0.712	Cercano a 1, idóneamente entre [8-9]
RMSEA	0.065	0.058	RMSEA<0.08
TLI	0.797	0.835	Cercano a 1, idóneamente entre [8-9]
CFI	0.832	0.893	Cercano a 1, idóneamente entre [8-9]
IFI	0.849	0.887	Cercano a 1, idóneamente entre [8-9]

Después de la modificación, el ajuste mejoró significativamente con la mayoría de los parámetros excediendo el mínimo esperado. Se obtuvo un valor de chi-cuadrado de 343,62 y una relación de Cmin a grados de libertad de 2,192 del modelo modificado, lo que indica un ajuste

adecuado. Los valores de los índices RMSEA, TLI, CFI e IFI fueron 0,058, 0,835, 0,893 y 0,887, respectivamente, lo que indica un ajuste perfecto a los datos, mientras que los valores de GFI y AGFI fueron 0,829 y 0,773, respectivamente. indicando un ajuste sensible a los datos.

Figura 35

Modelo de ecuaciones estructurales final



3.4.6 Análisis del modelo modificado

Los resultados de la regresión se muestran arriba, y se estima que el predictor de "Presión de tiempo" explica el 85% de la varianza. Los predictores de "creencias personales" explicaron el 12% de la varianza. El predictor de fatigade tiempo explicó el 28% de la varianza y el predictor de comunicación explicó el 41% de la varianza. Finalmente, el predictor del confiabilidad humana explicó el 49% de la varianza. En otras palabras, la varianza del error de la confiabilidad humana es el 49% de la varianza del error humano.

La siguiente tabla muestra que el modelo está sobreestimado debido a los grados de libertad que son >0 .

Tabla 19

Grados de libertad modelo de ecuaciones estructurales modificado

Número de momentos muestrales distintos	136
Número de parámetros a ser estimados	39
Grados de libertad	97

Tabla 20

Estimadores de significancia de las variables latentes

Relación	Estimate	S.E.	C.R.	P - Value
Creencias_Per <--- ConfiabilidadH	0.104	.109	.953	.341
C2.3 <--- Creencias_Per	0.699	.348	4.882	***
Documentacion <--- ConfiabilidadH	0.694	.201	3.452	***
Comunicacion <--- ConfiabilidadH	0.597	.211	2.833	.553
Fatiga <--- ConfiabilidadH	0.154	.225	.683	.194
Presion_Tiempo <--- ConfiabilidadH	0.930	.389	1.83	***

Analizando los valores de P-Value obtenidos en la tabla anterior, se puede ver que la documentación, y la presión de tiempo, son importantes para explicar la confiabilidad humana, ya que sus valores de P son inferiores a 0,05. Sin embargo, la comunicación, creencias personales no fueron significativas ya que tenía un valor de P de 0,341 y 553 $> 0,05$ respectivamente, lo que significa que no logra explicar significativamente el error humano.

Tabla 21

Estimados estandarizados de las variables observadas

Relación	Estimados estandarizados
Creencias_Per <--- ConfiabilidadH	.133
C2.3 <--- Creencias_Per	.704
Exp_Laboral <--- ConfiabilidadH	.996
Documentacion <--- ConfiabilidadH	.155
Comunicacion <--- ConfiabilidadH	.162
Fatiga <--- ConfiabilidadH	.552
Presion_Tiempo <--- ConfiabilidadH	.813
F1.1 <--- Fatiga	.990
F1.2 <--- Fatiga	.288
F1.3 <--- Fatiga	.146
C2.1 <--- Creencias_Per	.526
C2.2 <--- Creencias_Per	.993
P3.1 <--- Presion_Tiempo	.294
P3.2 <--- Presion_Tiempo	.301
P3.3 <--- Presion_Tiempo	.797
C4.1 <--- Comunicacion	.334
C4.2 <--- Comunicacion	.219
C4.3 <--- Comunicacion	.602
D5.1 <--- Documentacion	.409
D5.2 <--- Documentacion	.590
E6.1 <--- Exp_Laboral	.685
E6.2 <--- Exp_Laboral	.351
P3.2 <--- C2.3	.540

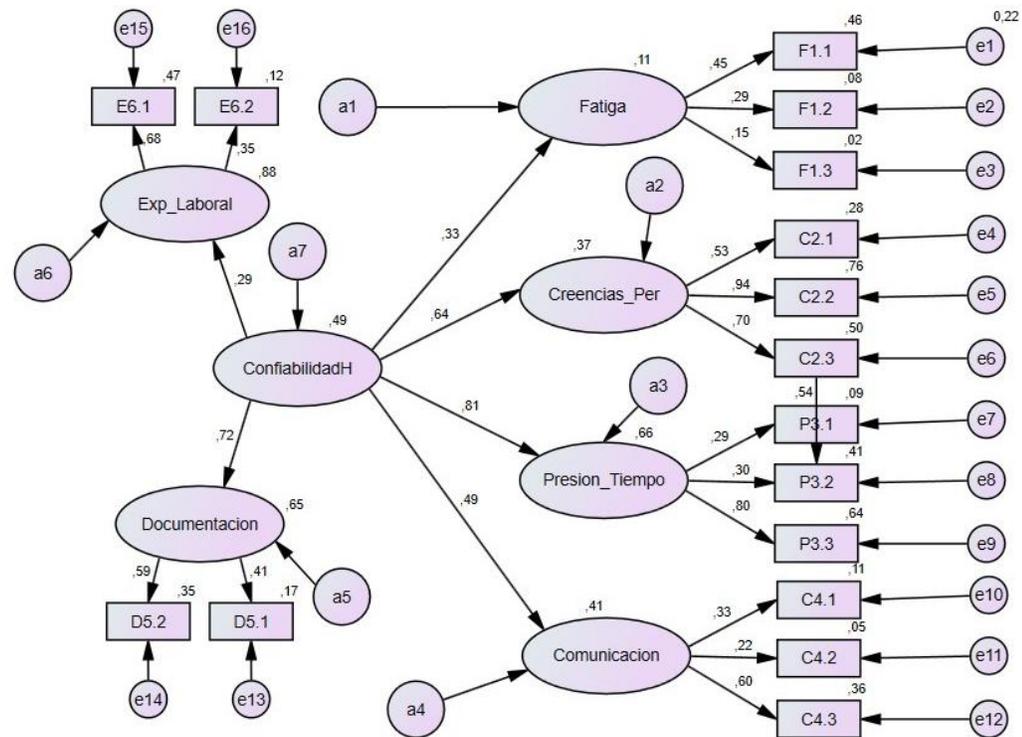
Finalmente, dado que tanto los valores ajustados como las correlaciones entre variables fueron óptimas, se obtuvo un modelo de ecuaciones estructurales adecuado para relacionar los factores que insiden en la confiabilidad humana acorde con el mantenimiento. Además, es importante enfatizar que las presiones de tiempo y la documentación juegan un papel vital para dar cuenta de la confiabilidad humana y cómo afecta positiva y directamente al mantenimiento en el área automotriz.

3.5 Análisis de resultados

En la figura, los factores que influyen de manera directa son la presión de tiempo y la experiencia laboral, la carga factorial de (Presion_Tiempo) es de un 81%, la carga factorial de (Exp_Laboral) es de un 72%, representa que estos factores son los principales que inciden para determinar la confiabilidad humana. Sin dejar a un lado a la (Documentacion) con un 29%, la (Fatiga) con un 33%, la (Creencias_Per) con un 64%, y la (Comunicacion) con un 49%, todos los factores son óptimos para evaluar la confiabilidad humana en cuanto a su carga factorial.

Figura 36

Modelo de ecuaciones estructurales final

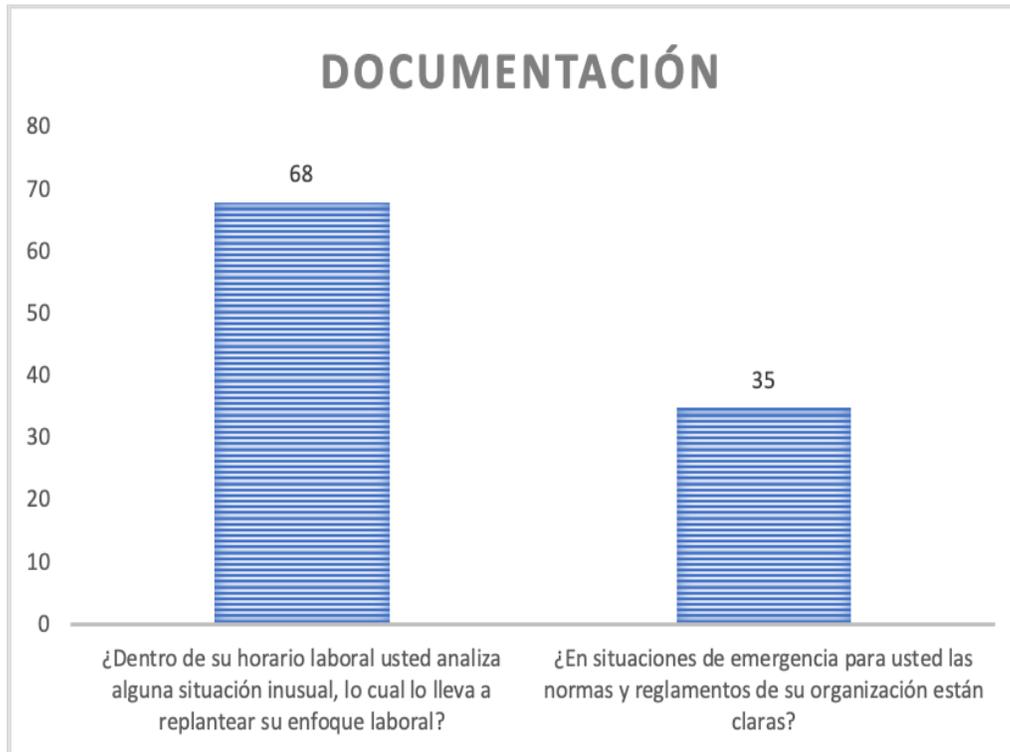


A continuación, se presenta un análisis de cada factor y sus variables latentes:

- Documentación

Figura 37

Gráfica de barras de D6.1 y D6.2

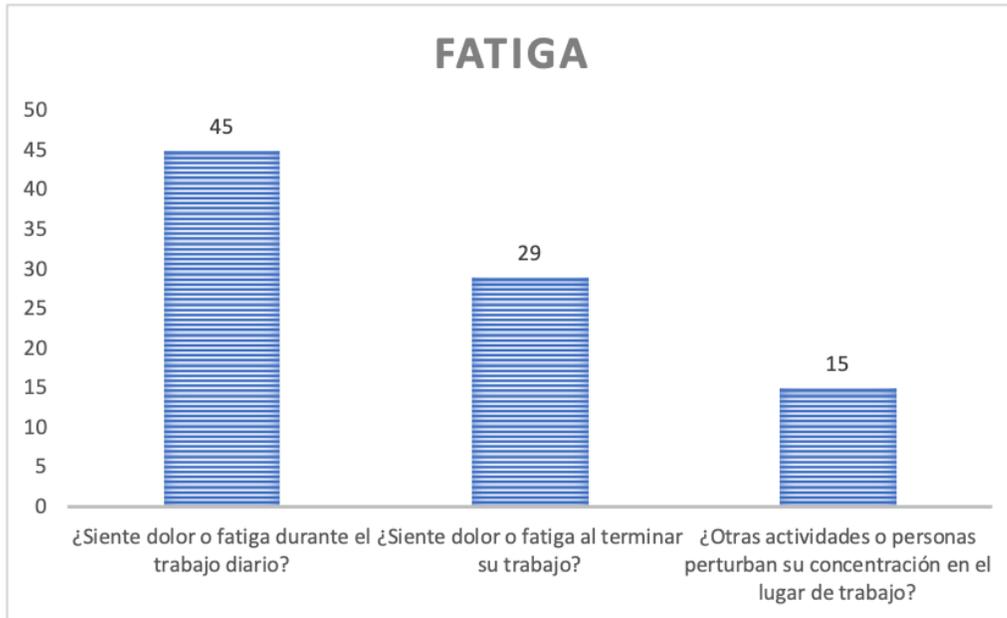


Nota. Dentro del factor de la documentación, que tiene una carga factorial de 0.29 en cuanto a la evaluación de la confiabilidad humana, sus ítems van enfocados a replantear alguna situación laboral y normas, reglamentos en situaciones de emergencias, con incidencias de 0.68 y 0.35 siendo el E6.1 el de mayor carga factorial.

- **Fatiga**

Figura 38

Gráfica de barras de F1.1, F1.2 y F1.3

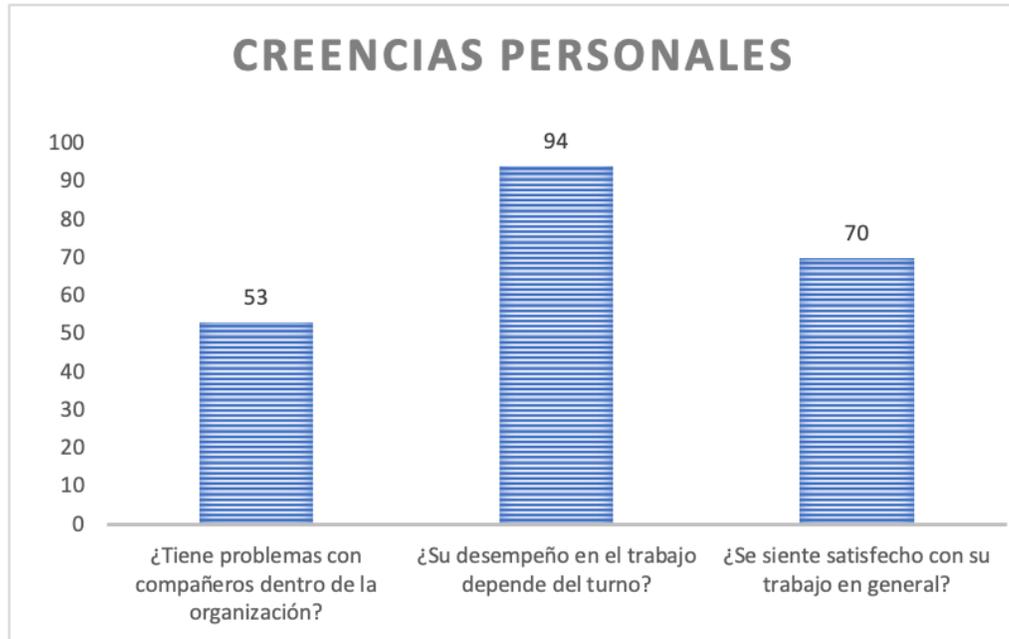


Nota. Dentro del factor de la fatiga, que tiene una carga factorial de 0.33 en cuanto a la evaluación de la confiabilidad humana, sus ítems van enfocados, al terminar el trabajo diario y si existe actividades que perturban dentro el lugar de trabajo, con incidencias de 0.45,0.29 y 0.15 siendo el F1.1 el de mayor carga factorial.

- Creencias Personales

Figura 39

Gráfica de barras de C2.1, C2.2 y C2.3

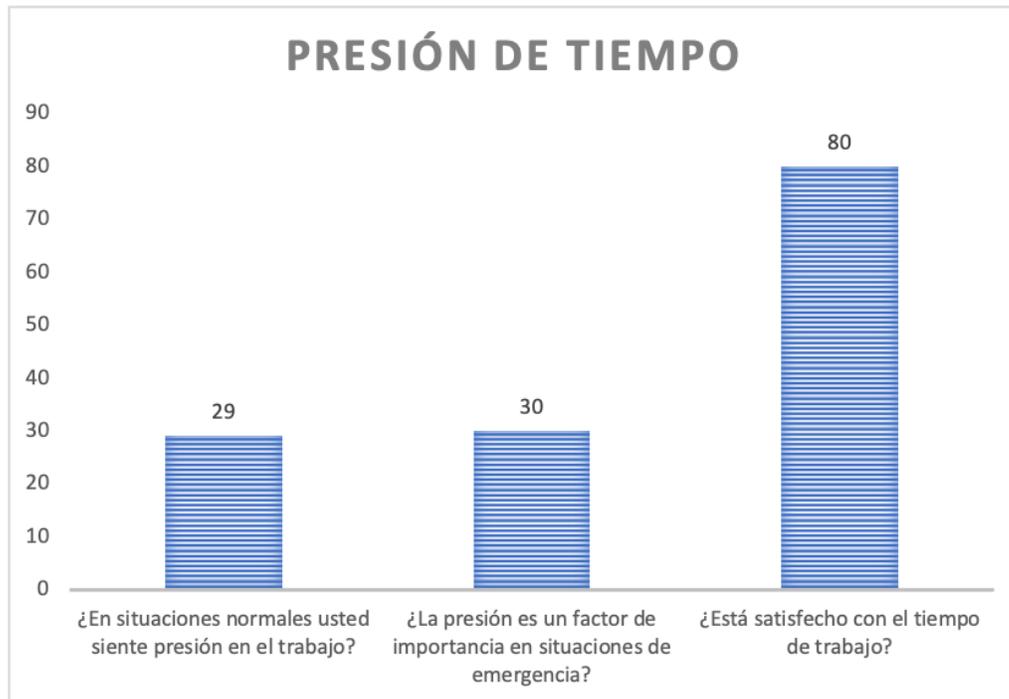


Nota. Dentro del factor de la Creencias Personales, que tiene una carga factorial de 0.64 en cuanto a la evaluación de la confiabilidad humana, sus ítems van enfocados en problemas entre compañeros dentro de la organización, el turno y su desempeño, la satisfacción en general dentro de la organización, con incidencias de 0.53, 0.94 y 0.70 siendo el C2.2 el de mayor carga factorial.

- Presión de Tiempo

Figura 40

Gráfica de barras de P3.1, P3.2 y P3.3

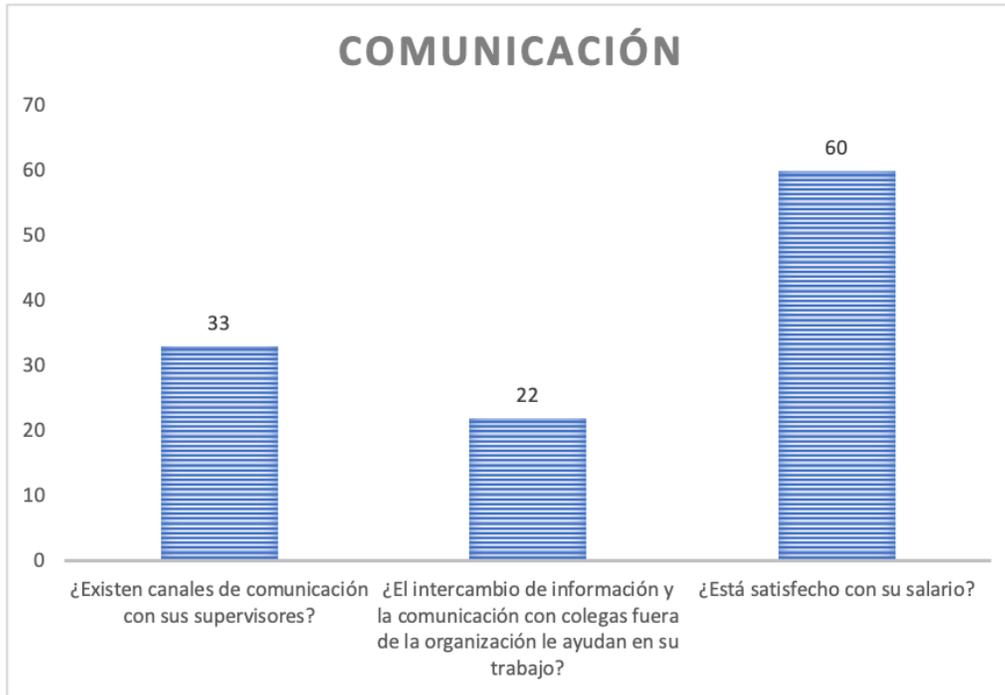


Nota. Dentro del factor de la Presión de Tiempo, que tiene una carga factorial de 0.81 siendo esta la más alta en cuanto a la evaluación de la confiabilidad humana, sus ítems van enfocados en situaciones normales, situaciones de emergencia y la satisfacción con el tiempo de trabajo, con incidencias de 0.29, 0.30 y 0.80 siendo el P3.3 el de mayor carga factorial.

- **Comunicación**

Figura 41

Gráfica de barras de C4.1, C4.2 y C4.3



Nota. Dentro del factor de la Comunicación, que tiene una carga factorial de 0.49 en cuanto a la evaluación de la confiabilidad humana, sus ítems van enfocados en si existen canales de interacción con sus supervisores, el intercambio de información con colegas fuera de la organización y el salario dentro de la organización, con incidencias de 0.33, 0.22 y 0.60 siendo el C4.3 el de mayor carga factorial.

- **Experiencia Laboral**

Figura 42

Gráfica de barras de E5.1 y E5.2



Nota. Dentro del factor de la Experiencia Laboral, que tiene una carga factorial de 0.72 es una de las principales influyentes en cuanto a la evaluación de la confiabilidad humana, sus ítems van enfocados en la información que les brindad para realizar un eficiente trabajo dentro de la organización y la facilidad de enlace con gerentes y supervisores para obtener la información requerido para su eficiencia dentro de la organización, con incidencias de 0.41 y 0.59 siendo el D5.2 el de mayor carga factorial.

4 CONCLUSIONES

- Al estudiar la bibliografía relevante, es posible obtener la información necesaria para realizar el proyecto, al tiempo que se comprende la importancia de la confiabilidad humana y los factores claves que deben considerarse al evaluar dicha confiabilidad.
- La base de datos se generó a partir de 89 encuestas aplicadas en las ciudades de Cuenca y Huaquillas. El coeficiente de confiabilidad de Cronbach obtenido fue de 0.819, lo cual indica una fuerte correlación entre los ítems y respalda la idoneidad de la escala utilizada en el estudio. Además, los valores de Kaiser y la prueba de esfericidad de Bartlett demostraron que la matriz de datos sigue una distribución multivariada normal. Al encontrarse ambos parámetros dentro de los rangos previamente establecidos, se pudo llevar a cabo el análisis factorial correspondiente de manera adecuada.
- Para desarrollar el modelo de ecuaciones estructurales, se llevó a cabo un análisis factorial exploratorio con el objetivo de identificar las variables latentes que se corresponden con las preguntas del cuestionario. Posteriormente, se procedió a confirmar estas estructuras mediante un análisis factorial confirmatorio. De esta manera, se logró obtener un modelo que establece una relación entre la confiabilidad humana y el mantenimiento.
- El modelo de ecuaciones estructurales final, consiguió índices ajustados, obteniendo un valor de Cmin de 343,62 y una relación Cmin/DF de 2,192. También se tuvo un resultado de Pvalue de 0,012, así como valores para GFI, AGFI Y RMSEA de 0.829, 0.712 y 0,058 respectivamente. De igual forma para TLI, CFI e IFI de 0.835, 0.893, 0.887 respectivamente, lo que indica que el modelo y las relaciones que presenta se acercan a la realidad.

- El modelo final destaca las relaciones críticas que deben considerarse al gestionar el personal encargado de las actividades de mantenimiento automotriz. De acuerdo con este estudio, es fundamental enfocarse en la obtención de información necesaria para llevar a cabo eficientemente el trabajo, establecer una comunicación fluida con gerentes o supervisores para obtener la información requerida, intercambiar conocimientos con colegas externos a la organización para mejorar el desempeño laboral, y manejar situaciones de presión o emergencia sin violar los debidos procesos que se llevan a cabo en las empresas. También es importante abordar problemas internos relacionados con compañeros de trabajo o turnos laborales, así como analizar situaciones atípicas que puedan requerir replantear el enfoque laboral dentro de la organización.

5 RECOMENDACIONES

- Se sugiere llevar a cabo investigaciones futuras que profundicen en los parámetros relacionados con el factor humano en el mantenimiento automotriz, tal como se han abordado en este estudio, con el objetivo de generar nuevos enfoques en la gestión del mantenimiento.
- Desarrollar metodologías que reduzcan de manera notable los niveles de presiones de tiempo en las actividades que los operadores realizan en el labor diario, así también implementar servicios/canales, que ayuden a mejorar el servicio de documentación para mejorar el nivel de eficacia y reducir el factor de error humano en los procesos de trabajo.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, D., & Dicovskiy, L. (2022). Modelos de ecuaciones estructurales (SEM) y su aplicación en la educación. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo*, 12(1), 28-41. <https://doi.org/10.5377/elhigo.v12i1.14524>
- Asún, R., Navarro, K., & Alvarado, J. (2016). Developing Multidimensional Likert Scales Using Item Factor Analysis: The Case of Four-point Items. *Sociological Methods & Research*, 45(1), 109-133. <https://doi.org/10.1177/0049124114566716>
- Azadeh, A., Khakestani, M., Motevali Haghighi, S., Arjmand, A., & Jiryaei Sharahi, Z. (2017). A unique intelligent algorithm for optimization of human reliability and decision styles: A large petrochemical plant. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 8(S2), 1161-1176. <https://doi.org/10.1007/s13198-017-0582-z>
- Campas, C., Barreras, I., Morales, F., & Lirios, C. (2021). Diseño Y Validación De Un Instrumento Para Medir La Calidad De Vida Laboral En Trabajadores De Instituciones De Educación Superior Del Sur De Sonora, México. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, 46, 430.
- Guo, W., & Peng, P. (2012). Reliability Analysis of a Warm Standby Repairable Human and Machine System with Two Same Components. *2012 International Conference on Control Engineering and Communication Technology*, 9-12. <https://doi.org/10.1109/ICCECT.2012.270>
- Kariri, H., Somaili, H., Mansour, M., Omair, A., & Radwan, O. A. (2023). Rasch and Confirmatory Factor Analyses of the Arabic Version of the Psychological Empowerment Scale (PsyES): A Multicultural Approach for Measurable Sustainability. *Sustainability*, 15(7), 5928. <https://doi.org/10.3390/su15075928>

- Kunnan, A. (1998). *An introduction to structural equation modelling for language assessment research*. <https://doi.org/10.1177/026553229801500302>
- Lepera, A. (2022). *Introducción a Los Modelos De Ecuaciones Estructurales Y Su Implementación En R Mediante Un Ejemplo*. 23.
- Lloret, S., Ferreres, A., Hernández, A., & Tomás, I. (2014). El análisis factorial exploratorio de los ítems: Una guía práctica, revisada y actualizada. *Anales de Psicología*, 30(3), 1151-1169. <https://doi.org/10.6018/analesps.30.3.199361>
- Lòpez, E. (2010). *El mantenimiento productivo total tpm y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación*. [Pontificia Universidad Javeriana]. <http://hdl.handle.net/10554/7276>
- Lopez, M., & Gutiérrez, L. (2019). Cómo realizar e interpretar un análisis factorial exploratorio utilizando SPSS. *REIRE Revista d Innovaci i Recerca en Educaci*, 12 (2). <https://doi.org/10.1344/reire2019.12.227057>
- Medrano, L., & Muñoz, R. (2017). Aproximación conceptual y práctica a los Modelos de Ecuaciones Estructurales. *Rev. Digit. Invest. Docencia Univ. [online]*., 239. <http://dx.doi.org/10.19083/ridu.11.486>.
- Morag, I., Chemweno, P., Pintelon, L., & Sheikhalishahi, M. (2018). Identifying the causes of human error in maintenance work in developing countries. *International Journal of Industrial Ergonomics*. Elsevier B.V. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2018.08.014>
- Nelson, W. R. (1997). Integrated design environment for human performance and human reliability analysis. *Proceedings of the 1997 IEEE Sixth Conference on Human Factors and*

Power Plants, 1997. «Global Perspectives of Human Factors in Power Generation», 8/7-811.
<https://doi.org/10.1109/HFPP.1997.624856>

- Soriano, J., & Mejía, J. (2022). Modelado de ecuaciones estructurales en el campo de las Ciencias de la Administración. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*. <https://doi.org/10.46661/revmetodoscuanteconempresa.5414>
- Tarka, P. (2018). An overview of structural equation modeling: Its beginnings, historical development, usefulness and controversies in the social sciences. *Quality & Quantity*, 52(1), 313-354. <https://doi.org/10.1007/s11135-017-0469-8>
- Uribe, Y. (2021). *Modelos de Ecuaciones Estructurales: Conceptos y Aplicaciones* [Universidad Nacional de Colombia].
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/80064/1059705148.2021.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Wei, Z. (2014). Application of Structural Equation Model and AMOS Software. *Applied Mechanics and Materials*, 687-691, 1577-1579.
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.687-691.1577>
- Wyeld, T., & Nakayama, M. (2019). The Structural Equation Model Diagram as a Visualisation Tool. *2019 23rd International Conference in Information Visualization – Part II*, 78-81.
<https://doi.org/10.1109/IV-2.2019.00024>

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

**ENCUESTA DIRIGIDA AL PERSONAL ENCARGADO DEL ÁREA DE
MANTENIMIENTO PARA EVALUAR LA CONFIABILIDAD HUMANA**

Con el fin de cuantificar los factores que inciden en el error humano, para determinar cual de ellos tiene la mayor influencia de los elementos relacionados al mantenimiento.

Nombre de la institución o empresa a analizar: _____

Instrucciones:

Valore las siguientes cuestiones utilizando la siguiente escala para matizar su respuesta en cada una de ellas:

1= Totalmente en desacuerdo, **2=** En desacuerdo, **3=** Ni en acuerdo ni en desacuerdo, **4=** De acuerdo, **5=** Totalmente de acuerdo.

Anexo 1

Cuestionario del Proyecto

Fatiga	¿Siente dolor o fatiga durante el trabajo diario?	1	2	3	4	5
	¿Siente dolor o fatiga al terminar su trabajo?	1	2	3	4	5
	¿Otras actividades o personas perturban su concentración en el lugar de trabajo?	1	2	3	4	5
Creencias Personales	¿Tiene problemas con compañeros dentro de la organización?	1	2	3	4	5
	¿Su desempeño en el trabajo depende del turno?	1	2	3	4	5
	¿Se siente satisfecho con su trabajo en general?	1	2	3	4	5
Presiones de Tiempo	¿En situaciones normales usted siente presión en el trabajo?	1	2	3	4	5
	¿La presión es un factor de importancia en situaciones de emergencia?	1	2	3	4	5
	¿Está satisfecho con el tiempo de trabajo?	1	2	3	4	5
Comunicación y Coordinación	¿Existen canales de comunicación con sus supervisores?	1	2	3	4	5
	¿El intercambio de información y la comunicación con colegas fuera de la organización le ayudan en su trabajo?	1	2	3	4	5
	¿Está satisfecho con su salario?	1	2	3	4	5
Documentación	¿Recibe toda la información que necesita para poder realizar eficientemente su trabajo?	1	2	3	4	5
	¿Existe una facilidad de enlace con gerentes o supervisores para obtener información necesaria o requerida?	1	2	3	4	5
Experiencia Laboral	¿Dentro de su horario laboral usted analiza alguna situación inusual, lo cual lo lleva a replantear su enfoque laboral?	1	2	3	4	5
	¿En situaciones de emergencia para usted las normas y reglamentos de su organización están claras?	1	2	3	4	5
Procedimientos Erróneos	¿En situaciones normales usted tiene que violar las normas de seguridad debido a las presiones del trabajo?	1	2	3	4	5
	¿En situaciones de emergencia usted tiene que violar las normas de seguridad debido a las presiones del trabajo?	1	2	3	4	5
Uso de Procedimientos	¿Conoce claramente los procedimientos disponibles para sus actividades?	1	2	3	4	5
	¿Su gerente controla y monitorea sus trabajos?	1	2	3	4	5