

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería de Minas



**“EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LOS SISTEMAS
INTELIGENTES DE TRANSPORTE (ITS) DE PERU PARA MEJORAR LA
SEGURIDAD DEL TRANSPORTE DE CONCENTRADO DE COBRE, ELIMINANDO
O MITIGANDO CAUSAS DE ACCIDENTES, EN LA CARRETERA AREQUIPA-
MATARANI PERIODO 2018-2019”**

Tesis Presentada por el Bachiller:

**Torres Escalante, Mauricio
Sebastian**

Para optar por el Título Profesional de:

Ingeniero de Minas

Asesor:

MSc. Ing. Bernedo Tito, Edwin José

Arequipa- Perú

2020

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA DE MINAS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR DE TESIS

Arequipa, 03 de Agosto del 2020

Dictamen: 001523-C-EPIM-2020

Visto el borrador de tesis del expediente 001523, presentado por:

2012220201 - TORRES ESCALANTE MAURICIO SEBASTIAN

Titulado:

**?EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE
TRANSPORTE (ITS) DE PERU PARA MEJORAR LA SEGURIDAD DEL TRANSPORTE DE
CONCENTRADO DE COBRE, ELIMINANDO O MITIGANDO CAUSAS DE ACCIDENTES, EN LA
CARRETERA AREQUIPA MATARANI PERIODO 2018-2019?**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**9368 - LUZA HUILLCA CARLOS ALBERTO
DICTAMINADOR**



**9571 - BERNEDO TITO EDWIN JOSE
DICTAMINADOR**

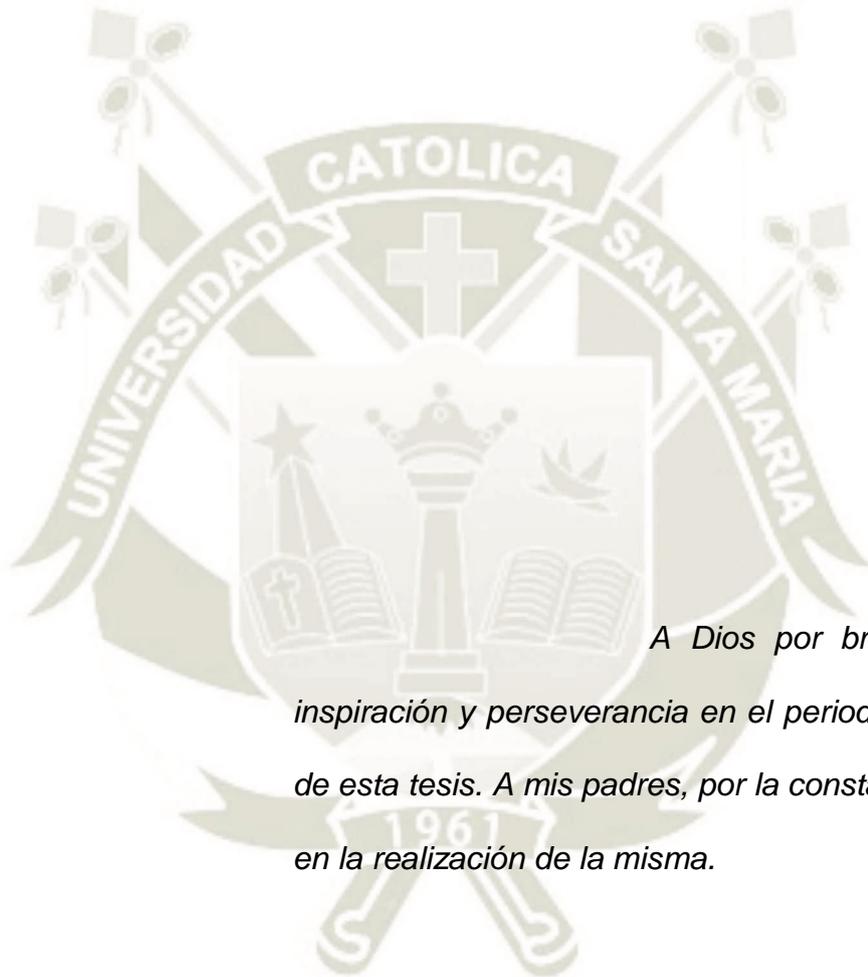


Dedicatorias

El presente trabajo de grado va dedicado a Dios y a mis padres por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.



Agradecimiento



*A Dios por brindarme salud,
inspiración y perseverancia en el periodo de desarrollo
de esta tesis. A mis padres, por la constante motivación
en la realización de la misma.*

RESUMEN

Los grandes proyectos cupríferos ubicados en las regiones de Arequipa, Abancay y Cusco contratan los servicios de empresas transportistas para llevar el concentrado de cobre hacia el puerto de Matarani. Los vehículos de carga utilizados sufren periódicamente accidentes de tránsito con consecuencias como pérdidas humanas, pérdidas económicas e interrupción en el servicio de transporte.

El objetivo principal de la presente investigación es la evaluación y selección de tecnologías de los sistemas inteligentes de transporte (ITS) de Perú para mejorar la seguridad del transporte de concentrado de cobre, eliminando o mitigando causas de accidentes, en la carretera Arequipa-Matarani. Con este fin la pregunta de investigación es: ¿Cómo la aplicación de las tecnologías existentes de los sistemas ITS de Perú puede eliminar o mitigar las causas de accidentes en el transporte de concentrado de cobre?

La pregunta de investigación se responde a través de la metodología propuesta en el capítulo 3. En la cual se utilizan las tecnologías ITS para mitigar las causas principales de los accidentes que les puedan ocurrir a los vehículos utilizados por las empresas de transporte. Los resultados obtenidos al aplicar la metodología en la empresa caso de estudio, muestran que las tecnologías sistema CCTV y sensores a bordo mitigan las causas de mayor frecuencia, las cuales son: imprudencia del conductor y falla mecánica. Esto fue comprobado estadísticamente mediante el método chi-cuadrado.

Teniendo esto en cuenta, se recomienda que las empresas dedicadas al transporte de concentrado de cobre implementen las tecnologías de los sistemas ITS que eliminen las causas principales de los accidentes para mejorar el servicio ofrecido y la seguridad de sus colaboradores.

Palabras Clave:

Mejora de la seguridad, Transporte de concentrado de cobre, accidentes, causas, mitigación, tecnologías y sistemas inteligentes de transportes.



ABSTRACT

The large copper projects located in the regions of Arequipa, Abancay and Cusco contract the services of transport companies to bring the copper concentrate to the Matarani port. Freight vehicles used periodically suffer traffic accidents with consequences such as human losses, economic losses and interruption in the transport service.

The main objective of this research is the evaluation and selection of technologies of the intelligent transport systems (ITS) of Peru to improve the safety of the transport of copper concentrate, eliminating or mitigating causes of accidents, on the Arequipa-Matarani highway. To this end, the research question is: How can the application of existing technologies of Peru's ITS systems eliminate or mitigate the causes of accidents in the transport of copper concentrate?

The research question is answered through the methodology proposed in Chapter 3. In which ITS technologies are used to mitigate the main causes of accidents that may occur to vehicles used by transport companies.

The results obtained by applying the methodology in the company case study, show that the CCTV system technologies and on-board sensors mitigate the causes of greatest recurrence, which are: driver recklessness and mechanical failure. This was statistically verified using the chi-square method.

With this in mind, it is recommended that companies dedicated to the transport of copper concentrate implement the technologies of ITS systems that eliminate the main causes of accidents to improve the service offered and the safety of their employees.

Keywords:

Improving safety, Transportation of copper concentrate, accidents, causes, mitigation, technologies, and intelligent transportation systems.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existen proyectos mineros en etapa de explotación ubicados en las provincias de Arequipa, Abancay y Espinar; que producen concentrado de mineral en grandes volúmenes. Posteriormente es transportado hacia el puerto de Matarani, por empresas de transporte de concentrado, utilizando vehículos de carga o transporte bimodal mediante la vía de penetración de la panamericana Sur hacia Arequipa y la vía Arequipa-Cusco. Donde se han producido accidentes de tránsito con consecuencias funestas, debido al alto nivel de tránsito vehicular, en especial vehículos de carga pesada.

El objetivo principal del presente trabajo es mejorar la seguridad en el transporte de concentrado de cobre, mediante la implementación de los sistemas inteligentes de transporte (ITS) de Perú, que permitan eliminar o mitigar las causas de accidentes vehiculares.

Así mismo, los objetivos específicos son: determinar las causas más frecuentes de los accidentes en el transporte, realizar la selección, evaluación técnica y económica de las tecnologías existentes del sistema ITS del Perú a utilizar para cada mitigar y eliminar las causas de accidentes.

El desarrollo de este trabajo estará basado en la recolección y análisis de datos estadísticos brindada por una empresa dedicada al rubro de transporte de concentrado de cobre, lo cual permitirá conocer cuáles son las causas más comunes de accidentes en la región Arequipa.

El trabajo está dividido en 4 capítulos, el capítulo I se refiere al planteamiento metodológico donde se describe el problema, los objetivos y delimitación de la

investigación. En el capítulo II se desarrolla el marco teórico donde se revisan los antecedentes de la investigación, las bases teóricas de accidentes de tránsito y las tecnologías que permiten mejorar la seguridad del transporte; seguido del capítulo III que propone la metodología para evaluar las causas de los accidentes y la aplicación de cada tecnología para cada causa de accidente; El capítulo IV está conformado por la aplicación del modelo de seguridad en la empresa caso de estudio. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendación formuladas.



Tabla de Contenido

Dedicatorias	
Agradecimiento	
Resumen	v
Abstract	vi
Introducción	vii
Capítulo I	16
1. Planteamiento del Problema	16
1.1 Descripción de la Realidad Problemática.....	16
1.2 Formulación del Problema.....	16
1.3 Justificación de la Investigación.....	17
1.4 Objetivos de la Investigación.....	18
1.4.1 Objetivo General.....	18
1.4.2 Objetivos Específicos.....	18
1.5 Alcances y Limitaciones.....	19
1.5.1 Alcances de la Investigación.....	19
1.5.2 Limitaciones de la Investigación.....	19
1.6 Hipótesis de la Investigación.....	19
1.7 Variables e Indicadores.....	19
1.8 Delimitación de la Investigación.....	20
1.8.1 Delimitación Espacial.....	20
1.8.2 Delimitación Temporal.....	20
1.8.3 Delimitación Cuantitativa.....	20

1.9 Tipo y Nivel de Investigación.....	21
1.9.1 Tipo de Investigación.....	21
1.9.2 Nivel de Investigación.....	21
1.10 Técnica Estadística para el Procesamiento de la Información.....	22
1.11 Método y Diseño de la Investigación.....	22
1.11.1 Método de la Investigación.....	22
1.11.2 Diseño de la Investigación.....	22
1.12 Diseño de la Ejecución.....	22
1.12.1 Población y Muestra.....	22
1.12.2 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	23
Capítulo II.....	25
2. Marco Teórico.....	25
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	25
2.2 Legislación del Transporte de Mineral.....	26
2.3 Medios de Transporte de Concentrado.....	27
2.3.1 Mineroducto.....	28
2.3.2 Unimodal.....	28
2.3.3 Bimodal.....	28
2.4 Accidentes de Tránsito.....	29
2.4.1 Tipos de Accidentes.....	29
2.4.1.1 Accidentes de tránsito simple.....	29
2.4.1.2 Accidentes de Tránsito Múltiple.....	30
2.4.1.3 Accidentes de Tránsito en Cadena.....	31

2.4.1.4 Estadísticas a Nivel Nacionales	31
2.4.2 Causas de Accidente	32
2.4.3 Estadísticas	33
2.4.3.1 Accidentes Mortales en el Sector Minero	33
2.4.3.2 Causas de Accidentes de Tránsito a Nivel nacional	34
2.4.3.3 Personas Heridas en Accidentes de Tránsito	35
2.4.3.4 Personas Fallecidas en Accidentes de Tránsito	36
2.5 <i>Sistemas Inteligentes de Tránsito (ITS)</i>	37
2.5.1 Definición	37
2.5.2 Función	37
2.5.3 Aplicaciones ITS	38
2.5.4 Arquitectura de los Sistemas Inteligentes de Tránsito ITS	38
2.6 <i>Identificación y Descripción de las Tecnologías</i>	39
2.7 <i>Evaluación de Tecnologías Mitigantes a Través del Marco COBIT</i>	42
Capítulo III.....	43
3. Metodología	43
3.1 <i>Modelo de Seguridad del Transporte Terrestre</i>	43
3.2 <i>Comprobación de la Correlación Causa-Accidente</i>	45
3.3 <i>Análisis de Indicadores de Accidentes</i>	46
3.4 <i>Análisis de Tipos de Accidentes</i>	48
3.4.1 Tipo de Accidentes	48
3.4.2 Tipo de Accidentes por Operador	49
3.4.3 Accidentes por Unidad	49

3.4.4 Distribución por Tipo de Accidentes	50
3.5 <i>Análisis de Causas de Accidentes</i>	50
3.5.1 Causas de Accidentes	50
3.5.2 Causas de Accidentes por Tipo de Accidente	51
3.5.3 Causas de Accidentes por Unidades	52
3.5.4 Causas de Accidentes por Operadores	52
3.6 <i>Evaluación y Selección de Tecnologías para Eliminar o Mitigar Causas de Accidentes</i>	53
3.7 <i>Evaluación de Aplicación de Tecnologías Seleccionadas Utilizando COBIT</i>	55
3.7.1 Determinación de Niveles de Madurez y Brechas Existentes	56
3.7.2 Planes de Acción Relacionados a las Tecnologías Seleccionadas	60
3.7.3 Nivel de Mitigación de Accidentes Aplicando Tecnologías ITS	60
3.8 <i>Evaluación Económica de la Aplicación de Tecnologías ITS Seleccionadas</i>	60
3.8.1 Costos de Adquisición e Instalación	61
3.8.2 Pérdidas Económicas por Accidentes	61
3.8.3 Cálculo del Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno	62
3.9 <i>Comprobación Estadística de la Eliminación o Mitigación de Accidentes</i>	62
Capítulo IV	66
4. Análisis e Interpretación de Resultado	66
4.1 <i>Descripción de la Empresa</i>	66
4.1.1 Universo y Muestra de los Datos a Procesar	67
4.2 <i>Aplicación del Modelo de Seguridad del Transporte Terrestre</i>	67
4.2.1 Comprobación Correlación entre las Variables Accidentes y Causas	67
4.2.2 Análisis de Indicadores de Accidentes	69

4.2.3	Análisis de Tipos de Accidentes.....	72
4.2.3.1	Tipos de Accidentes	72
4.2.3.2	Tipos de Accidentes por Operador	73
4.2.3.3	Accidentes por Unidad.....	75
4.2.3.4	Distribución por Tipo de Accidentes	76
4.2.4	Análisis de Causas de Accidentes	78
4.2.4.1	Causas de Accidentes.....	78
4.2.4.2	Causas de Accidentes por Tipo de Accidente.....	78
4.2.4.3	Causas de Accidentes por Unidades	79
4.2.4.4	Causas de Accidentes por Operadores	80
4.2.5	Evaluación y Selección de Tecnologías para Eliminar o Mitigar Causas de Accidentes.....	81
4.2.6	Evaluación de Aplicación de Tecnologías Utilizando el Marco COBIT	82
4.2.6.1	Determinación de los Niveles de Madurez y Brechas Existentes de las Tecnologías, CCTV y Sensor Abordo	82
4.2.6.2	Planes de Acción Relacionados a las Tecnologías CCTV y Sensor Abordo	87
4.2.6.3	Determinación de los Niveles de Madurez y Brechas Existentes de la Tecnología Sensores a Bordo	89
4.2.6.4	Planes de Acción Relacionados a la Tecnología Sensores a Bordo	93
4.2.6.5	Nivel de Mitigación de Accidentes Aplicando Tecnologías ITS	94
4.2.7	Evaluación Económica de la Aplicación de las Tecnologías ITS Seleccionadas.....	96
4.2.7.1	Costos de Adquisición e Instalación.....	96
4.2.7.1.1	Sistema CCTV y Sensores de Retroceso.....	96
4.2.7.1.2	Sensores de Presión y Temperatura.....	97
4.2.7.2	Pérdidas Económicas por Accidentes.	98
4.2.7.3	Cálculo del Valor actual Neto y Tasa interna de Retorno	100

4.2.7.3.1 Sistema CCTV y sensores de retroceso	100
4.2.7.3.2 Sensores de presión y temperatura:	100
4.2.8 Comprobación Estadística de la Eliminación o Mitigación de Accidentes	101
Conclusiones	105
Recomendaciones	107
Referencias	108
Anexos	110
<i>Anexo 1 Matriz de Consistencia</i>	<i>110</i>
<i>Anexo 2 Índice de Participación en Accidentes de Tránsito (ipa)</i>	<i>112</i>
<i>Anexo 3 Accidentes de Tránsito a Nivel Nacional: 2008</i>	<i>114</i>
<i>Anexo 5 Base de Datos de Accidentes.</i>	<i>115</i>
<i>Anexo 6 Modelo de Entrevista para Recolección de Datos.</i>	<i>117</i>
<i>Anexo 7 Encuesta sobre la aplicación de tecnologías ITS para la eliminación o mitigación de causas de accidentes</i>	<i>119</i>
<i>Anexo 8 Resultados de la encuesta sobre el uso de Tecnologías ITS aplicada a los operadores</i>	<i>121</i>
<i>Anexo 9 Distribución Chi - Cuadrado</i>	<i>125</i>

Capítulo I

1. Planteamiento del Problema

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

Las unidades vehiculares utilizadas para el transporte de concentrado de minerales son conducidas por personas que pueden cometer errores o negligencias. No todos los accidentes son influenciados por el factor humano, en ocasiones las unidades presentan fallas o defectos durante el trayecto, también pueden toparse con obstáculos en las carreteras lo cual posiblemente conllevara a accidentes mortales, pérdidas económicas y afectando al medio ambiente. Actualmente existen proyectos mineros en etapa de explotación ubicados en las provincias de Arequipa, Abancay y Espinar que producen concentrado de minerales en grandes volúmenes. El cual luego debe ser transportado hacia el puerto de Matarani por empresas de transporte unimodal y transporte bimodal. Los tracto-remolcadores que recorren la panamericana Sur hacia Arequipa y la vía Arequipa llevando concentrado de mineral han sufrido numerosos accidentes de tránsito con consecuencias funestas y enormes pérdidas económicas. Debido a que la vía es altamente transitada por vehículos pesados y curvas cerradas.

1.2 Formulación del Problema

- **Problema principal:**

¿Cómo la aplicación de las tecnologías existentes de los sistemas ITS de Perú puede eliminar o mitigar las causas de accidentes en el transporte de concentrado de cobre?

- **Problema específico:**

¿Cuáles son las causas de los accidentes?

¿Cuáles son las tecnologías existentes de los sistemas ITS de Perú que ayudarían a reducir accidentes?

1.3 Justificación de la Investigación

Actualmente las limitaciones y riesgos del transporte terrestre de minerales conllevan como consecuencias: incidencias, demoras en el servicio de entrega de la carga, accidentes con pérdidas económicas, pérdidas humanas o contaminación medioambiental.

La revolución tecnológica para el transporte es creciente. Fabricantes de vehículos de carga vienen desarrollando sistemas que ayuden a detectar fallas tempranas y durante el trayecto en las unidades, con el fin de alarmar al operador y evitar accidentes. Incluyendo también el registro de datos de la conducción de las unidades, así como su comunicación en línea a los centros de control de las empresas de transporte.

La instalación de sensores de diferentes tipos es una de las tecnologías que viene siendo utilizada con mayor frecuencia, esto debido a que se adquieren con mayor facilidad y bajo costo a través de tiendas en línea, ya que los productos son en su mayoría son enviados desde países del continente asiático.

En la actualidad no existe un modelo para evaluar las causas de accidentes en el transporte terrestre de concentrado de cobre y las diferentes tecnologías con potencial para eliminar o mitigar los accidentes, determinar los costos, viabilidad de instalación y la eficiencia en el manejo de las tecnologías seleccionadas.

El presente trabajo de investigación propondrá un modelo para evaluar y seleccionar tecnologías de los sistemas inteligentes de transporte de Perú para mejorar la seguridad del transporte de concentrado de cobre, eliminando o mitigando causas de accidentes y a la vez ayuden a reducir pérdidas humanas, pérdidas económicas y el impacto al medio ambiente.

El uso de las tecnologías existentes de los sistemas ITS de Perú permitirá a las empresas de transporte:

- Reducir o eliminar los atrasos en la entrega de la carga por incidencias en el transporte.
- Reducir los accidentes fatales pérdidas humanas.
- Reducir las pérdidas económicas por afectación a los activos de las empresas o de terceros.
- Reducir la contaminación ambiental, por derrame de concentrado de cobre.
- Mejorar la calidad del servicio.

1.4 Objetivos de la Investigación

1.4.1 Objetivo General

Mejorar la seguridad en el transporte de concentrado de cobre, aplicando tecnologías existentes de los sistemas inteligentes de tránsito (ITS) de Perú, que permitan eliminar o mitigar las causas de accidentes vehiculares.

1.4.2 Objetivos Específicos

- a) Determinar las causas más frecuentes de los accidentes en el transporte de concentrado de cobre, basado en los registros de las empresas de transportes.
- b) Determinar las tecnologías existentes de los sistemas inteligentes de tránsito (ITS) de Perú que eliminen o mitiguen cada una de las diferentes causas más frecuentes en el transporte de concentrado de cobre.
- c) Evaluar la eficiencia de la utilización de las tecnologías de los sistemas inteligentes de tránsito (ITS) de Perú en la eliminación o mitigación de las causas de los accidentes.
- d) Evaluar económicamente las tecnologías existentes de los sistemas inteligentes de tránsito (ITS) de Perú que ayuden a mitigar y eliminar las causas de accidentes.

1.5 Alcances y Limitaciones

1.5.1 Alcances de la Investigación

- El presente estudio explorara la mejora de la seguridad en el transporte aplicando tecnologías ITS de Perú, para las empresas dedicadas al transporte vehicular de concentrado de cobre.
- La investigación abarca únicamente a las empresas dedicadas al transporte vehicular que operen en la carretera Arequipa-Matarani, región Arequipa.

1.5.2 Limitaciones de la Investigación

- Información confidencial sobre la seguridad en las empresas privadas de transporte.
- Poco acceso a la información de la implementación nacional de los sistemas inteligentes de tránsito (ITS) de Perú.

1.6 Hipótesis de la Investigación

Es posible mejorar la seguridad del transporte vehicular de concentrado de cobre en el tramo de la carretera Arequipa-Matarani, eliminando o mitigando causas de accidentes, aplicando las tecnologías existentes de los sistemas inteligentes de tránsito (ITS) de Perú.

1.7 Variables e Indicadores

- **Variable independiente (X):** Las tecnologías de los sistemas inteligentes de tránsito (ITS) de Perú para la eliminación y/o mitigación de causas de accidentes en el transporte de concentrado de cobre, en el tramo Arequipa-Matarani.
- **Variable dependiente (Y):** La seguridad del transporte vehicular de concentrado de cobre, en el tramo de la carretera Arequipa-Matarani.

Tabla 1

Dimensiones e indicadores

Dimensión	Indicador
Accidentabilidad	Accidentes por Kilómetros Recorridos. Accidentes por Número de Unidades. Accidentes por Número de Operador. Accidentes por Tipo. Causas de accidentes.
Eficiencia de la utilización de las tecnologías ITS del Perú	Nivel de Eliminación o Mitigación de causas de accidentes. Costo/Beneficio de la aplicación de las tecnologías.

Fuente: Elaboración Propia.

1.8 Delimitación de la Investigación

1.8.1 Delimitación Espacial

El presente trabajo de investigación se delimitará a identificar las tecnologías existentes de los sistemas inteligentes de tránsito (ITS) de Perú que se puedan implementar en vehículos que transporten concentrado de cobre por la carretera Arequipa-Matarani de la región Arequipa.

1.8.2 Delimitación Temporal

Este trabajo de investigación se realiza a partir del 2018 considerando las limitaciones que presenta el transporte de Minerales y tecnologías existentes de los sistemas inteligentes de tránsito (ITS) de Perú hasta el año 2019.

1.8.3 Delimitación Cuantitativa

El universo son todas las empresas de transporte de mineral por carretera en la región Arequipa y la muestra es la aplicación a una empresa de transportes de concentrado de cobre entre Arequipa y el puerto de Matarani.

En Arequipa existen 183 empresas de transporte, y 7 empresas de transporte de minerales que son las siguientes:

- Perurail S.A

- Transaltisa
- Servicios Polux
- DCR Minería y Construcción Perú
- Transporte Wari
- SERVOSA
- Servicios Generales Saturno S.A

1.9 Tipo y Nivel de Investigación

1.9.1 Tipo de Investigación

Por la naturaleza de la investigación, es cuantitativa y transversal.

Cuantitativa porque para realizar los diferentes análisis de los indicadores, evaluaciones de tecnologías, evaluación técnica y evaluación económica se utilizara herramientas de informática (hoja de cálculo), estadísticas e indicadores financieros.

Es transversal porque los datos utilizados corresponden a los años 2018 y 2019 y que ha servido para establecer las diferentes relaciones entre las variables estudiadas como son; accidentes y causas, tecnologías y causas, tecnologías y costos.

1.9.2 Nivel de Investigación

La presente investigación reúne las condiciones metodológicas de un nivel exploratorio.

No existe registro de investigaciones relacionadas al tema central de la investigación, la mejora de la seguridad en el transporte de concentrado de cobre aplicando los sistemas inteligentes de tránsito (ITS) de Perú.

1.10 Técnica Estadística para el Procesamiento de la Información

Los datos obtenidos mediante las técnicas e Instrumentos de recolección de datos, serán ingresados y procesados mediante la hoja de cálculo Excel, para su análisis estadístico correspondiente.

Para la comprobación estadística de la hipótesis del presente trabajo se aplicará el método de chi-cuadrado.

1.11 Método y Diseño de la Investigación

1.11.1 Método de la Investigación

Se utilizará el método analítico y explicativo para determinar las limitaciones del transporte terrestre de minerales y las tecnologías emergentes que ayuden a mitigar o eliminar los riesgos y restricciones.

1.11.2 Diseño de la Investigación

El Diseño propuesto para este trabajo será experimental, se evaluará que tecnologías existentes de los sistemas inteligentes de tránsito (ITS) de Perú ayudaran a eliminar o mitigar las restricciones y riesgos del transporte.

1.12 Diseño de la Ejecución

1.12.1 Población y Muestra

- **Población:** Empresas de transporte terrestre de concentrado de cobre en la provincia de Arequipa, representada por 7 empresas de transporte de minerales definidas en el punto 1.8.3.
- **Muestra:** Una empresa de transporte de concentrado de cobre ubicada en la provincia de Arequipa, que por razones de la confidencialidad de la información no se revelara su razón social. Solo se estudiará el caso de una empresa por tener limitaciones de acceso a la información.

1.12.2 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Las técnicas a utilizar mostradas en la tabla 2, cuentan con instrumentos y fuentes que permitirán la recolección de datos acerca de los dominios de las variables. Cada instrumento cuenta con una fuente adecuada para obtener información precisa y veraz.

Tabla 2

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica	Instrumento	Fuentes
Análisis Documental	Fichas de Resumen. Fichas Textuales. Recolección de Datos.	Libros de sobre Comunicaciones radiales satelitales y otras tecnologías. Normativas y Documentos. Internet. Otras Instituciones.
Entrevistas	Guía de Entrevistas. Encuesta	Funcionarios de la empresa de transporte. Operadores de vehículos de carga.

Fuente: Elaboración Propia.

Las técnicas a utilizar serán el análisis documental y las entrevistas, las cuales se definen a continuación.

a) análisis documental: Utilizará como instrumentos: recolección de datos, fichas de resumen y fichas textuales.

Como fuentes se utilizará libros Comunicaciones radiales satelitales y otras tecnologías, documentos e informes de: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Policía Nacional del Perú (PNP) y Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

b) Entrevista: Utilizará como instrumentos: la guía de entrevista.

La fuente serán los funcionarios de la empresa de transporte tomada como muestra de la población para el caso de estudio.

La entrevista será aplicada al Encargado de Transportes en forma presencial y verbal, la entrevista estuvo circunscrita a los siguientes temas:

- Tipo de productos o materiales transportan
- Accidentes o incidentes en sus servicios de transporte
- Impacto de los accidentes en sus servicios de transporte
- Registros de accidentes o incidentes
- Análisis las causas de los accidentes o incidentes
- Aplicación de tecnologías que les ayude a eliminar o disminuir los accidente o incidentes.

La información recopilada de la empresa caso de estudio es la base para el desarrollo del presente trabajo, la base de datos de accidentes es la mostrada en el anexo 5. El formato utilizado para realizar la entrevista es el presentado en el Anexo 6.

Capítulo II

2. Marco Teórico

2.1 Antecedentes de la Investigación

El primer trabajo “Una propuesta de implementación de un sistema inteligente de transporte para la mejora de las condiciones viales en el tramo de la panamericana norte entre Av. Los Alisos y Av. Abancay. Lima, Perú” (Del Aguila, 2017).

Proponer qué tecnologías inteligentes de transporte pueden utilizarse para aliviar los problemas identificados en la Panamericana Norte en el tramo desde Av. Abancay hasta la Av. Los Alisos para mejorar la transitabilidad de los usuarios. Validar esto mediante un modelo simulando las condiciones reales en la actualidad de la vía en estudio contrastándolo con las mejoras propuestas en el presente proyecto. Para la validación del objetivo general se realizará una simulación mediante el uso del software AIMSUN v8.1.

El estudio concluye que: debido a la problemática actual, se ve necesario la implementación de medidas correctivas innovadoras como son los ITS, que aportan una mejoría en la gestión del tráfico. El comportamiento de los conductores mejora si se implementa medidas tecnológicas como son los ITS para mejorar las condiciones viales de la zona en estudio y en un futuro aplicarlo a una zona más amplia.

Los ITS que se emplean en el estudio de la presente tesis son: Cámaras de CCTV, espiras electromagnéticas, paneles de mensaje variable, postes SOS, un centro de control, todo esto comunicado por medio físico con protocolos TCP/IP.

El segundo trabajo “Mejoramiento de la movilidad y el tránsito en la ciudad de Santiago de Cali a través de la planeación y diseño de dos servicios basados en tic. Cali, Colombia” (Liscano, 2014).

La investigación fue presentada en la facultad de ingeniería departamento académico de tecnologías de información y comunicaciones de la universidad Ices en

Cali, Colombia. La finalidad de la investigación es la integración y aplicación de la arquitectura ITS nacional en Cali, para lo cual plantea una serie de pasos a seguir para desarrollar propuestas de servicios para el sistema ITS de la ciudad. Dichos pasos son respaldados por la arquitectura ITS nacional de Colombia y también en la americana. En el documento, se plantean dos propuestas de servicios: el suministro de información al viajero y la gestión de estacionamiento, con el propósito de aportar positivamente a la movilidad de la ciudad.

El tercer antecedente “Informe N° 6: Plan maestro ITS, Desarrollo de la Arquitectura y Plan de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) de Perú” (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014).

El objetivo principal del informe el desarrollo ordenado de los sistemas ITS que permite a los diferentes usuarios estar mejor informados y hacer un uso más seguro, coordinado e inteligente de las redes de transporte.

El informe explica que los servicios ITS definen, en términos de requerimientos funcionales, las actividades a desarrollar por los sistemas ITS, esto no supone una indicación de la solución tecnológica a aplicar para el desarrollo de un proyecto. Para la implementación de estos servicios en un marco temporal y geográfico se utilizan las tecnologías como medio de solución de la funcionalidad original. De este modo, se requiere un proceso de vinculación entre las necesidades origen y las tecnologías que den solución.

2.2 Legislación del Transporte de Mineral

(LEY N° 28256,2004) ley que regula el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos. Con alcance al transporte de concentrado de mineral. El Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería es el encargado de supervisar y fiscalizar el cumplimiento de las prácticas de almacenamiento, transporte y manipuleo de estos productos (Ministerio del Medio Ambiente

(D.S. N° 021-2008-MTC, 2008) por medio del cual se expide el reglamento nacional de transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos., tiene por objeto establecer las normas y procedimientos que regulan las actividades, procesos y operaciones del transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos, con sujeción a los principios de prevención y de protección de las personas, el ambiente y la propiedad.

(LEY N° 27181,1999) ley general de transporte y tránsito terrestre. Ley establece los lineamientos generales económicos, organizacionales y reglamentarios del transporte y tránsito terrestre y rige en todo el territorio de la República.

(D.S. N°017-2009-MTC, 2009) reglamento nacional de administración de transporte. El presente Reglamento tiene por objeto regular el servicio de transporte terrestre de personas y mercancías de conformidad con los lineamientos previstos en la Ley.

2.3 Medios de Transporte de Concentrado

Comparado con otros países Perú registra uno de los costos logísticos más elevados de la región, por lo que constituye una proporción representativa de los precios de los productos. Esto incluye los costos asociados con el transporte de concentrado de mineral del proyecto minero al litoral, los cuales son altamente representativos debido a la diversidad geográfica del trayecto.

Dicho transporte puede ser tanto por medios continuos como medios discontinuos, siendo los siguientes los utilizados actualmente por los proyectos mineros de mayor envergadura en el la región sur del país.

2.3.1 Mineroducto

Es un medio de transporte continuo, consisten en tuberías fijas sobre o bajo tierra por donde se transporta pulpa de concentrado. A través de tuberías de Acero con una vida de entre 15 a 20 años. Esta tarea es llevada a cabo con la fuerza de la gravedad, bombas o presión negativa. El espesor y el diámetro de la tubería dependerán del mineral y el caudal que se planea transportar.

Actualmente el mineroducto del proyecto minero Antamina es el de mayor envergadura en el país con 302 km y 8 pulgadas de diámetro. Este mineroducto va desde la planta concentradora de la mina hasta el puerto de Lobitos ubicado en la ciudad de Huarmey donde posteriormente será refinado y embarcado.

2.3.2 Unimodal

Medio discontinuo, efectuado usando un único medio de transporte para realizar el trayecto. El transporte de concentrados en territorio nacional mediante tracto remolcador es el medio más común, debido al difícil acceso a algunos proyectos mineros suele ser la única opción.

Este modo de transporte es el utilizado por el proyecto minero Constancia, quien emplea tracto-remolcadores con tolva para el transporte del concentrado de cobre desde su planta concentradora hasta el puerto de Matarani donde es almacenado y embarcado.

2.3.3 Bimodal

Medio discontinuo, efectuado usando dos medios de transporte diferentes para realizar el trayecto. Para el transporte de concentrado de mineral bimodal, los medios comúnmente utilizados son tracto remolcador y ferrocarril.

La compañía minera Cerro Verde utiliza este modo para transportar su concentrado mineral hasta el puerto de Matarani. El concentrado es transportado en

contenedores cilíndricos por tracto remolcadores hasta la estación La Joya, donde los contenedores son transferidos a los planos del tren. Una vez llenos todos los planos el tren se traslada hacia el puerto, donde los contenedores son vaciados y el concentrado almacenado para ser embarcado posteriormente.

Otro ejemplo es la compañía minera Las Bambas, que también utilizan tracto-remolcadores cargados con contenedores cuadrados que son llenados de concentrado de cobre para luego ser transportados a la estación ferroviaria kilómetro 99, donde se transfiere los contenedores a los planos del tren. Posteriormente el tren cargado parte hacia el puerto de Matarani donde los contenedores son vaciados, luego el concentrado será embarcado y enviado al país de destino.

2.4 Accidentes de Tránsito

2.4.1 Tipos de Accidentes

Los accidentes de tránsito se clasifican en:

2.4.1.1 Accidentes de tránsito simple

Son todos aquellos en los que participa un solo vehículo en movimiento sobre la vía de circulación y con una relación directa o indirecta del elemento hombre, entre los que se encuentra:

- **Choque:** Colisión de un vehículo en movimiento con un objeto fijo o contra otro vehículo estacionado. Por su naturaleza se clasifican en: choque frontal, choque angular, choque lateral, choque posterior (Huamancayo, 2012).
- **Volcadura:** Según Huamancayo (2012) es el vuelco que sufre un vehículo cuando se encuentra en traslación (movimiento),

pudiendo hacerlo por cualquiera de sus lados por delante o hacia atrás. Existen volcaduras tipo tonel y tipo campana.

- **Incendio:** Según Huamancayo (2012) se produce cuando el vehículo se encuentra en movimiento y el incendio se da por falta de orden eléctrico y/o mecánico. Es el accidente que consiste en la inflamación total o parcial de un vehículo, suele tener como causa un fallo de orden mecánico, la rotura de la alimentación de combustible, un fallo de explosión que devuelve combustible por cualquier circunstancia generalmente en forma casual.
- **Despiste:** Es cuando una o más neumáticos del vehículo salen de la vía perdiendo contacto con el pavimento. Según Huamancayo (2012) puede ser parcial cuando no todos los neumáticos salen de la vía o total cuando todos los neumáticos lo hacen.

2.4.1.2 Accidentes de Tránsito Múltiple

Son en los cuales intervienen dos o más vehículos en movimiento o un vehículo y un peatón. Se clasifican en:

- **Choque:** “Es la colisión de dos vehículos en movimiento. un Entre los cuales se encuentran: Choque Frontal, choque por Embiste, choque por Alcance y choque Lateral” (Huamancayo, 2012).
- **Caída de pasajero:** En el cual el pasajero cae del vehículo ya sea en movimiento o estacionado. Este tipo de accidentes suele ser más frecuente a la hora de que los pasajeros suben o bajan del vehículo.

2.4.1.3 Accidentes de Tránsito en Cadena

“Son aquellos accidentes donde participan por lo menos tres vehículos, los que entran en contacto uno de tras de otro” (Huamanacayo, 2012).

2.4.1.4 Estadísticas a Nivel Nacionales

Como lo muestra la tabla 3 elaborada por INEI (2019), los tipos de accidentes de tránsito más frecuentes fueron:

- Atropello
- Choque
- Volcadura
- Caída de pasajero
- Colisión
- Despiste
- Incendio de vehículo

Tabla 3

Tipos de accidentes a nivel nacional según INEI (2019)

Año / Bimestre	Total	Tipo de accidente				
		Atropello 1/	Choque 2/	Volcadura	Caída de pasajero	Otros 3/
Información Anual						
2012	121 621	24 814	21 825	1 445	4 098	69 439
2013	118 809	22 624	35 203	1 387	3 836	55 759
2014	123 786	24 574	31 881	1 384	4 752	61 195
2015	117 048	21 772	31 430	1 091	4 800	57 955
2016	116 659	21 602	33 385	1 336	4 210	56 126
2017	107 913	19 901	30 045	1 072	4 098	52 797
2018	90 056	15 973	49 278	1 253	2 297	21 255

Fuente: Tomado de: “Estadísticas de Seguridad Ciudadana setiembre 2018 - febrero 2019”, por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2019.

Nota: 1/ Incluye atropello y fuga, 2/ Incluye choque y fuga, 3/ Incluye choque y atropello.

2.4.2 Causas de Accidente

Estas pueden ser:

- **Debidas a factores ambientales:** como lluvia, niebla, neblina, tormentas de arena, luz entre otros.
- **Debido a fallas mecánicas:** Estas pueden ser falla en los frenos, falla de dirección, sobre calentamiento de neumáticos, falta de presión en neumáticos, etc.
- **Causas debidas a factores humanos:** Somnolencia, imprudencia, exceso de confianza o sobre confianza, uso de sustancias psicoactivas, maniobras bruscas, maniobras ilegales.

2.4.3 Estadísticas

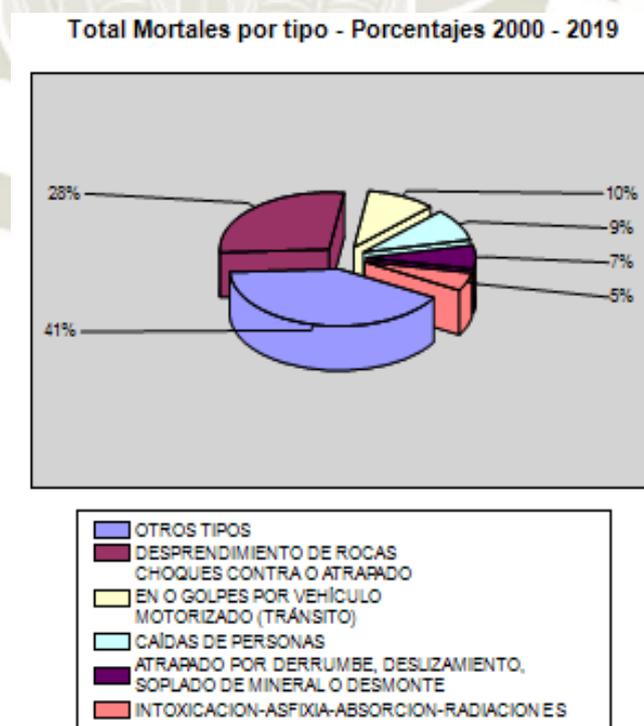
Las estadísticas referentes a accidentes en el sector minero son brindadas por el Ministerio de Energía y Minas, mientras que las estadísticas de los accidentes de tránsito a nivel nacional son elaboradas por el Instituto Nacional de Estadística e Informática.

2.4.3.1 Accidentes Mortales en el Sector Minero

Anualmente el Ministerio de Energía y Minas emite un reporte con información preliminar, que es elaborado por la Dirección de Técnica Minera, respecto a los accidentes mortales reportados en nuestro país. Dicho reporte es publicado por el ministerio a través de su página web. Las figuras 1 y 2 se obtuvieron del cuadro estadístico de accidentes mortales entre los años 2000-2019.

Figura 1

Accidentes mortales periodo 2000-2019



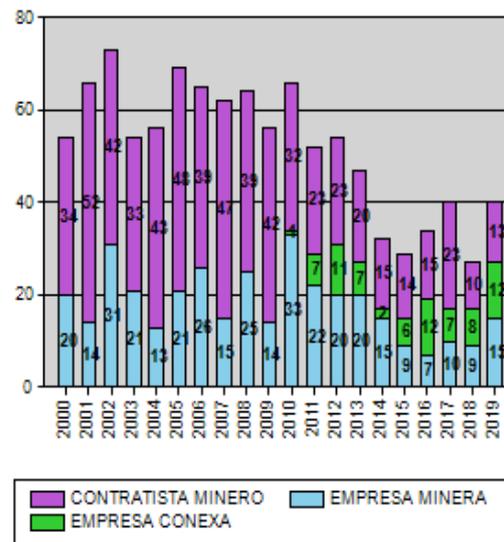
Fuente: Tomada de “Estadística de accidentes mortales en el sector minero año 2019”, por el Ministerio de Energía y Minas, 2019.

Nota: En el sector minero entre los años señalados, el porcentaje de muertes ocasionadas por vehículos motorizados alcanza el 10%, siendo el segundo motivo específico después de muertes ocasionadas por desprendimientos de rocas.

Figura 2

Evolución de accidentes mortales periodo 2000-2019

**Evolución Accidentes Mortales
Empresa Minera - Contratista Minero 2000 - 2019**



Fuente: Tomada de “Estadística de accidentes mortales en el sector minero año 2019”, por el Ministerio de Energía y Minas, 2019.

Causas de Accidentes

2.4.3.2 Causas de Accidentes de Tránsito a Nivel nacional

Como lo indica (INEI, 2019) en las estadísticas de seguridad ciudadana de setiembre 2018 a febrero 2019, las causas de accidentes de tránsito más frecuentes mostradas en la tabla 4, son:

- a) Exceso de Velocidad
- b) Imprudencia del conductor
- c) Ebriedad del conductor
- d) Exceso de Carga
- e) Desacato Señal de Tránsito
- f) Falla Mecánica

- g) Falla de Luces
- h) Pista en mal estado
- i) Señalización defectuosa
- j) Invasión de Carril
- k) Vehículo mal Estacionado
- l) Factor Ambiental
- m) Otros (fatiga, somnolencia)

Tabla 4

Causas de accidentes de tránsito en el Perú, año 2012-2018

Año: 2012 - 2018 y Bimestre: 2018

Año / Bimestre	Causa del accidente						
	Total	Exceso de velocidad	Imprudencia / ebriedad del conductor	Imprudencia del peatón / pasajero	Falla mecánica / falta de luces	Desacato señal de tránsito	Otras 1/
Información Anual							
2012	121 621	68 453	67 421	1 188	3 869	30 135	15 153
2013	118 809	50 770	45 971	708	3 362	29 012	12 578
2014	123 786	53 164	57 217	1 172	4 267	31 335	17 339
2015	117 048	29 497	40 132	8 482	3 198	4 436	50 629
2016	116 659	27 892	31 654	7 678	2 950	2 845	67 850
2017	107 913	25 396	30 282 a/	6 823	3 023	2 358	65 295
2018	90 056	25 048	32 460	6 811	2 334	1 218	22 185

Fuente: Tomado de: “Estadísticas de Seguridad Ciudadana setiembre 2018 - febrero 2019”, por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2019.

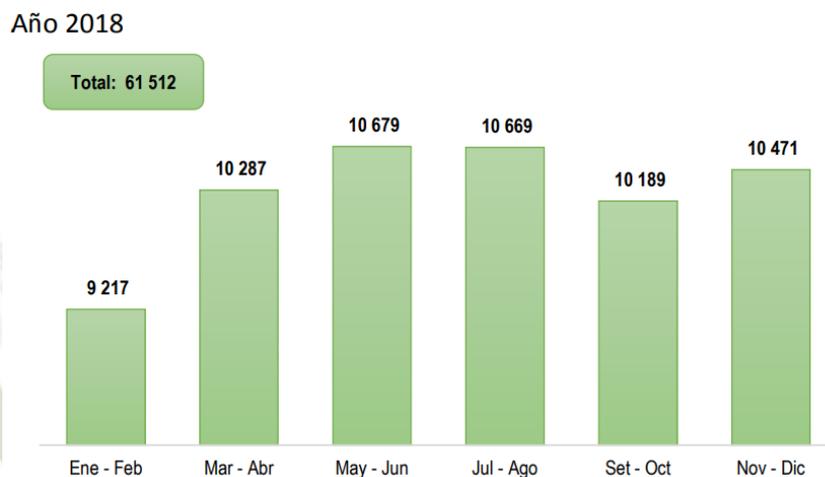
Nota: La fuente de información para los años 2011-2017, es el Censo Nacional de Comisariías. Para el año 2018 se está considerando la información remitida por el Ministerio del Interior.

2.4.3.3 Personas Heridas en Accidentes de Tránsito

Según las estadísticas publicadas por el INEI (2019), en el año 2018 las personas heridas en accidentes de tránsito fueron 61 mil 512; la mayoría de los accidentes se dieron en el bimestre mayo-junio con un total de 10 mil 679 personas, como se puede apreciar en la figura 3.

Figura 3

Accidentes no fatales en el 2018



Fuente: Tomado de: “Estadísticas de Seguridad Ciudadana setiembre 2018 - febrero 2019”, por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2019.

Nota: En la temporada de invierno los accidentes se dan con más frecuencia.

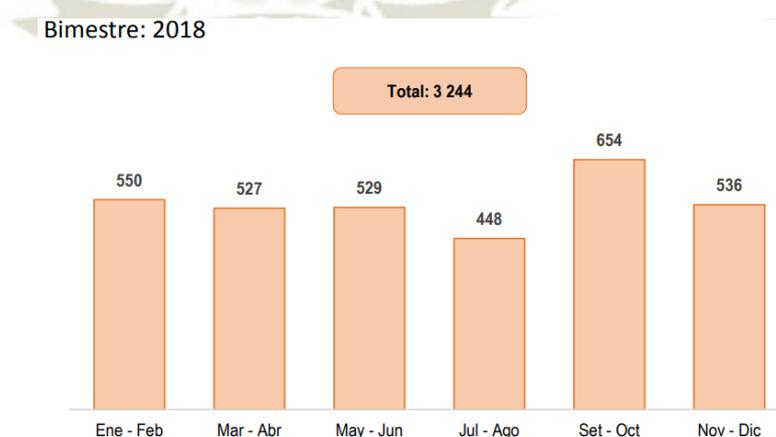
2.4.3.4 Personas Fallecidas en Accidentes de Tránsito

Según las estadísticas publicadas por el INEI (2019), La figura 4 muestra que el número de personas fallecidas fue de 3 mil 244 en el año 2018.

De los cuales 2 mil 466 eran hombres y 778 mujeres.

Figura 4

Accidentes fatales en el 2018



Fuente: Tomado de: “Estadísticas de Seguridad Ciudadana setiembre 2018 - febrero 2019”, por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2019.

Nota: Se observa que el número de varones fallecidos es mayor que el de las damas, ya que la mayor parte de operadores de vehículos de carga son hombres.

2.5 Sistemas Inteligentes de Transito (ITS)

La Sociedad Americana de Transporte Inteligente define ITS como "gente usando tecnología en transportes para salvar vidas, tiempo y dinero".

2.5.1 Definición

Los ITS son sistemas utilizados para controlar y recolectar información, utilizando las tecnologías existentes para el control de vehículos y el procesamiento de información como las tecnologías de comunicación, posicionamiento global, procesamiento de datos y diagnósticos en tiempo real. Según el MTC (2014) su fin es el de:

- Optimizar el desplazamiento de vehículos.
- Aumentar la seguridad, reducir la congestión del tránsito y permitir la eficaz gestión de incidentes.
- Cumplir los objetivos y metas de las políticas de transporte, tales como las medidas de gestión de la demanda o de prioridad del transporte público.

2.5.2 Función

El plan maestro de sistemas inteligentes de transporte de Perú publicado por el MTC (2014) define que su principal acción es la de generar y administrar el intercambio de información, en tiempo real, entre los conductores y la infraestructura. De esta forma los usuarios tienen fácil acceso a la información en tiempo real sobre el tráfico, rutas y fenómenos meteorológicos. Con la aplicación de los sistemas ITS también es posible detectar fallas anticipadas en los vehículos y automatizar el control del vehículo.

El objetivo de los sistemas ITS es brindar mayor seguridad y comodidad para los usuarios de las vías como también que las empresas transportistas operen óptimamente.

La implementación de ITS es comúnmente incentivada por intereses comerciales o políticos. Buscando poder mejorar las prácticas comerciales en la región.

2.5.3 Aplicaciones ITS

Actualmente los ITS tienen la capacidad de mitigar muchos de los problemas que más afectan al transporte vehicular en el país. Según el MTC (2014) las aplicaciones de ITS tienen la capacidad de:

- mejorar el flujo de tránsito mediante la reducción de la congestión.
- detectar los incidentes rápidamente y responder a ellos en forma adecuada.
- mejorar la calidad del aire mediante la reducción de los niveles de contaminación local y la minimización de las demoras de viaje.
- mejorar la seguridad proporcionando una alerta anticipada ante potenciales situaciones de siniestros. Tanto en la ruta como también en el estado del vehículo.
- minimizar el impacto de los factores ambientales, de las autopistas y humanos que contribuyen a los siniestros.

Cabe resaltar que los ITS también proporcionan información precisa y en tiempo real a los conductores sobre el estado tanto de la carretera como del tráfico en la ruta. Con lo cual no solo mejora la seguridad vial sino también fomenta el crecimiento económico ya que los tiempos de viaje se reducen. Esto significa un menor costo de combustible y personal para las empresas dedicadas al rubro del transporte terrestre.

2.5.4 Arquitectura de los Sistemas Inteligentes de Tránsito ITS

Las arquitecturas desarrolladas por cada país actúan como marco de referencia para lograr una visión nacional del ITS. Países líderes en el desarrollo tecnológico como Estados Unidos, China, Japón y la Unión Europea, llevan la delantera en la implementación de tecnologías que permitan una mayor fluidez del tráfico y a la vez mejoren la seguridad para los usuarios. Los principales organismos a nivel mundial son:

- European Road Transport Intelligent Commission, comisión conocida como ERTICO por sus siglas en inglés. Cuenta con la participación de los países

miembros de la Unión Europea y otros países aspirantes como Rumania y Hungría.

- Intelligent Transportation Society of America, sociedad conocida Como ITS América por sus siglas en inglés. Rige en los Estados Unidos de Norteamérica y cuenta con una sede en cada estado.
- Vehicle, Road and Traffic Intelligence Society, conocida formalmente como VERTIS por sus siglas en inglés, es liderada por Japón e incluye a la mayoría de países de Asia y Oceanía, conocida también como ITS Japón.

2.6 Identificación y Descripción de las Tecnologías

Dentro de los ITS se encuentran tanto tecnologías de la información como de telecomunicaciones. Esto ha permitido desarrollar un amplio marco referencial. Según el MTC (2014) existen tres conjuntos tecnológicos:

- **Equipamiento:** Conformado por diferentes equipos distribuidos en las vías y en los vehículos.
- **Sistemas de comunicaciones:** Conformados por infraestructuras de comunicación, utilizadas para una mejor comunicación y el transporte de la información.
- **Aplicaciones correspondientes al software:** Permiten un acceso rápido a información relevante mediante aplicativos para dispositivos móviles o páginas web.

Como se puede apreciar en la tabla 5, cada conjunto está conformado de diferentes tecnologías. Las cuales cumplen una función específica en la tarea de mejorar la seguridad y la eficiencia en el transporte vehicular.

Tabla 5

Descripción de las tecnologías de los ITS

ITS	TECNOLOGIA	FUNCIÓN
1.- Equipamiento		
Sistema Circuito Cerrado de Televisión (CCTV).	<ul style="list-style-type: none"> • Cámaras analógicas. • Cámaras IP. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es utilizado para monitorear el tránsito en línea.
Sistema de sensores para gestión del tránsito.	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnologías intrusivas • Tecnologías no intrusivas 	<ul style="list-style-type: none"> • Detectan la presencia vehicular para: conteo, clasificación, determinación de velocidad, detención en barredas.
Sistema automático de identificación de vehículos.	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología de radio frecuencia. • Tecnología Infrarrojos Infra Rojo. • Tecnología de reconocimiento de matrículas automático 	<ul style="list-style-type: none"> • Detección, clasificación y seguimiento de movimiento de vehículos
Paneles de Mensajes Variables.	<ul style="list-style-type: none"> • Carteles • Tableros Electrónicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Da información a los conductores sobre el estado de las vías, condiciones climáticas, accidentes, congestión de vehículos, etc.
Sistema semafórico.	<ul style="list-style-type: none"> • Intersecciones viales en urbano. • Intersecciones con otros medios de transporte (trenes). 	<ul style="list-style-type: none"> • Regula el tránsito para mejorar la seguridad y fluidez del tránsito en las zonas urbanas.
Sistemas de Posicionamiento Geográfico (GPS).	<ul style="list-style-type: none"> • Para Vehículos. • De Campo. • Integrado en Smartphone. 	<ul style="list-style-type: none"> • Permiten conocer la ubicación geográfica de un vehículo.
Sistema de pesaje dinámico.	<ul style="list-style-type: none"> • Para Carreteras. • Para Ferrocarriles. 	<ul style="list-style-type: none"> • Registra el peso vehículo en movimiento por eje y su peso total.
Sensores a bordo de vehículos.	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas avanzados de asistencia a la conducción. • Sistemas de información en el vehículo. • Sistemas de diagnóstico a bordo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dan seguridad al conductor, mejora la conducción, previenen fallas y dan información del estado del vehículo.
2.- Sistemas de comunicaciones		
Tecnologías alámbricas.	<ul style="list-style-type: none"> • Cables de cobre 	<ul style="list-style-type: none"> • Se utilizan para transferir voz y datos de entre centro de gestión públicos o privados.

	<ul style="list-style-type: none"> • Cable coaxial • Fibra óptica 	
Tecnologías inalámbricas.	<ul style="list-style-type: none"> • Corto Alcance (Radio Frecuencia, Bluetooth, WIFI Infrarrojos, NFC) • Largo Alcance (GSM, 3G, 4G, LTE) 	<ul style="list-style-type: none"> • Se utilizan para transmitir voz y datos de un vehículo a un centro de gestión o a otro vehículo
3.- Aplicativos		
Sistema de información geográfica (GIS).	<ul style="list-style-type: none"> • Gis Vectorial. • Gis Raster. 	<ul style="list-style-type: none"> • Permite visualizar y analizar la información de una localización geográfica
Terminales móviles.	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicaciones nativas. • Aplicaciones web. • Aplicaciones híbridas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Da información a los usuarios de: Estado de congestión vehicular, rutas alternas. Detección de accidentes de tránsito. Informe de zonas de peligro.
Portal web	<ul style="list-style-type: none"> • Enlaces. • Buscadores. • Foros. • Documentos. • Aplicaciones. • Compra electrónica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Permite el acceso al usuario a servicios como: Información del tránsito. Información de accidentes. Rutas cerradas o en reparación. Transporte público. Pago de peajes. Otros.

Fuente: “Plan maestro de sistemas inteligentes de transporte (ITS) de Perú”, por el MTC, 2014. Elaboración propia

2.7 Evaluación de Tecnologías Mitigantes a Través del Marco COBIT

Considerando que las tecnologías que serán utilizadas son tecnologías de la información y comunicaciones, para su evaluación se utilizará el marco de referencia COBIT, que proporcionará los criterios de información para definir lo que la empresa requiere de las tecnologías de la información, en cuanto a: aplicaciones, información, infraestructura y personas.

Según el Governance Institute (2007), el marco referencial COBIT agrupa sus procesos en cuatro dominios: planificar y organizar, adquirir e implementar, entregar y dar soporte, evaluar y monitorear. Debido a que el alcance del presente trabajo de investigación es implementar tecnologías de ITS, solo serán utilizados los procesos del dominio adquirir e implementar representados en la tabla 6.

Este dominio identifica, desarrolla e implementa soluciones de Tecnologías de Información para alcanzar la estrategia empresarial. Así mismo gestiona los cambios y el mantenimiento de la tecnología de la información durante su ciclo de vida, conformado por los siguientes procesos como lo define IT Governance Institute (2007):

Tabla 6

Procesos del dominio adquirir e implementar

N° Proceso	Proceso
1	Identificar soluciones automatizadas.
2	Adquirir y mantener software de aplicación
3	Adquirir y mantener infraestructura tecnológica
4	Facilitar la operación y el uso de la tecnología
5	Adquirir recursos de tecnología de la información
6	Administrar cambios de la tecnología de la información
7	Instalar y acreditar soluciones y cambios de la tecnología

Fuente: "Cobit 4.1", por IT Governance Institute, 2007. Elaboración Propia.

Capítulo III

3. Metodología

3.1 Modelo de Seguridad del Transporte Terrestre

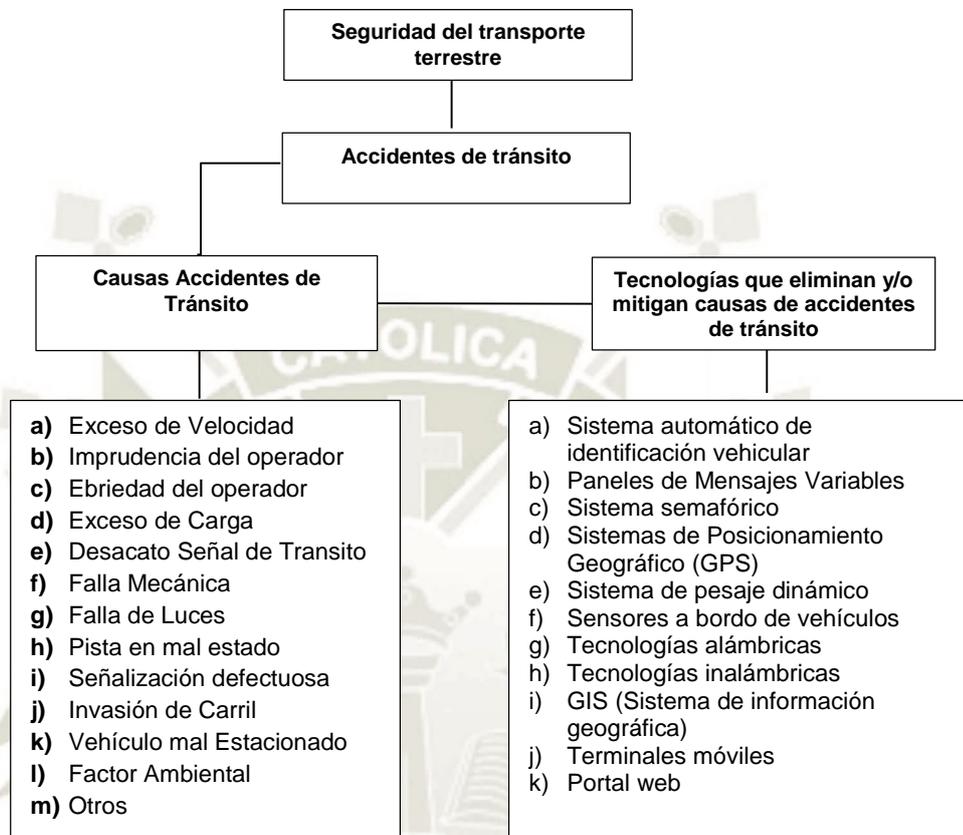
El método del análisis causa raíz, será el utilizado para identificar las causas que al ser eliminadas o mitigadas, será posible evitar accidentes y mejorar la seguridad de transporte terrestre.

El informe N°6: Plan maestro ITS, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones Peruano. Los sistemas inteligentes de tránsito mejoran la seguridad vial.

Siendo el objetivo de la investigación mejorar la seguridad en el transporte de concentrado de cobre. El modelo propuesto en la figura 5 considera eliminar o mitigar las causas de accidentes de tránsito aplicando las tecnologías de los ITS de Perú.

Figura 5

Modelo de Seguridad del transporte terrestre



Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Las causas propuestas fueron emitidas por el INEI, siendo las más frecuentes entre los años 2012-2018.

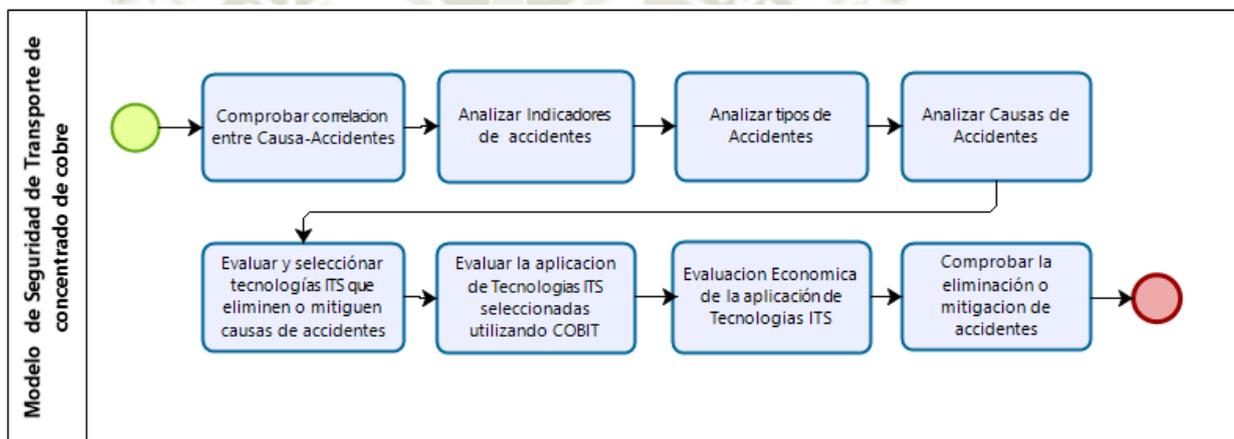
El diagrama de proceso del modelo presentado en la figura 6, consta de las siguientes etapas:

- a) Comprobar correlación entre causa-accidente, con la finalidad de confirmar si eliminando la causa se elimina determinado tipo de accidentes, utilizando el método estadístico de correlación de Pearson.
- b) Analizar los indicadores de gestión de seguridad, para evaluar su impacto en el transporte de concentrado de cobre.
- c) Analizar los tipos de accidentes de tránsito que se pueden producir en el transporte de concentrado de cobre.
- d) Analizar las causas de los accidentes según el tipo de accidente.

- e) Evaluar y seleccionar las tecnologías ITS que eliminen o mitiguen las causas de accidentes.
- f) Evaluar la aplicación de tecnologías ITS seleccionadas utilizando el marco COBIT.
- g) Evaluación económica de la aplicación de las tecnologías ITS.
- h) Comprobación de la eliminación o mitigación de accidentes implementando tecnologías de los ITS.

Figura 6

Diagrama de proceso del modelo



Fuente: Elaboración Propia.

3.2 Comprobación de la Correlación Causa-Accidente

El cálculo del coeficiente de correlación es necesario para establecer que existe relación entre causas y accidentes.

Para hallar el coeficiente de correlación entre las causas y accidentes se utilizará el coeficiente de correlación de Pearson, el cual viene definido por la siguiente expresión:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

Dicho coeficiente de correlación se refiere a la media de los productos cruzados de las puntuaciones estandarizadas de X y de Y. Esta fórmula reúne algunas propiedades

que la hacen preferible a otras. Los valores pueden oscilar entre 0 y 1. Siendo 1 el valor que representa una correlación perfecta y 0 una correlación inexistente. Para la presente investigación se espera obtener un valor de 1, que representaría una correlación perfecta entre causa y accidente, es decir si se elimina una causa se elimina o mitiga un accidente.

3.3 Análisis de Indicadores de Accidentes

Para el análisis y evaluación se recomienda tomar como mínimo dos periodos para tener una mejor precisión en las estimaciones a realizar.

Los siguientes indicadores definidos conformarán la línea base de accidentes y fatalidades, los cuales serán mejorados implementando las tecnologías de los ITS, que se calculan post implantación.

- a) Análisis de accidentes por kilómetros recorridos:** Utilizando la tabla 7 se establecerá el indicador de cada cuántos kilómetros recorridos se produce un accidente, la variación del indicador entre periodos y la existencia de fatalidades.

Tabla 7

Análisis de Accidentes por Kilómetros Recorridos

Accidentes	Año 1			Año 2		
	Cantidad	Kilómetros Recorridos	Indicador	Cantidad	Kilómetros Recorridos	Indicador
Accidentes no Fatales						
Fatalidades Fatales						

Fuente: Elaboración Propia.

Indicadores:

$$\text{Accidentes por Kilometro Recorrido no Fatales} = \frac{\text{Kilometros Recorridos}}{\text{Cantidad de Accidentes No Fatales}}$$

$$\text{Accidentes por Kilometro Recorrido Fatales} = \frac{\text{Kilometros Recorridos}}{\text{Cantidad de Accidentes Fatales}}$$

b) Análisis de accidentes por número de unidades: Utilizando la tabla 8 se lograra establecer el indicador de cuantos accidentes se produce por unidad en cada periodo, la variación del indicador entre periodos y la existencia de fatalidades.

Tabla 8

Análisis de Accidentes por Número de Unidades

Accidentes	Año 1			Año 2		
	Cantidad	Cantidad de Unidades	Indicador	Cantidad	Cantidad de Unidades	Indicador
Accidentes Fatales						
Fatalidades no Fatales						

Fuente: Elaboración Propia.

Indicadores:

$$\text{Accidentes no Fatales por Numero unidades} = \frac{\text{Cantidad de Accidentes No Fatales}}{\text{Cantidad de Unidades}}$$

$$\text{Accidentes Fatales por Numero Unidades} = \frac{\text{Cantidad de Accidentes Fatales}}{\text{Cantidad de Unidades}}$$

c) Análisis de accidentes por número de operadores: Completando la tabla 9 se establecerá el indicador de cuantos accidentes ocurren por operador en cada periodo, la variación entre periodos y la existencia de fatalidades.

Tabla 9

Análisis de Accidentes por Número de Operadores

Accidentes	Año 1			Año 2		
	Cantidad	Cantidad de operadores	Indicador	Cantidad	Cantidad de operadores	Indicador
Accidentes no fatales						
Fatalidades fatales						

Fuente: Elaboración Propia.

Indicadores:

$$\text{Accidentes no Fatales por Numero de Operadores} = \frac{\text{Cantidad de Accidentes no Fatales}}{\text{Cantidad de Operadores}}$$

$$\text{Accidentes Fatales por Numero de Operadores} = \frac{\text{Cantidad de Accidentes Fatales}}{\text{Cantidad de Operadores}}$$

d) Análisis de operadores accidentados: la tabla 10 establecerá la accidentabilidad del total de operadores. El indicador es el porcentaje de operadores accidentados del total de operadores.

Tabla 10

Análisis de operadores accidentados del total de operadores

Accidentes	Año 1			Año 2		
	Cantidad	Número de operadores	Indicador	Cantidad	Número de operadores	Indicador
Accidentes no Fatales						
Accidentes Fatales						

Fuente: Elaboración Propia.

Indicador:

$$\text{Accidentabilidad en operadores} = \frac{\text{Cantidad de Operadores Accidentados}}{\text{Cantidad Total de Operadores}}$$

3.4 Análisis de Tipos de Accidentes

Para llevar a cabo el análisis es necesario tipificar y cuantificar los accidentes que sufren las unidades de la empresa caso de estudio en función a la clasificación definida por el INEI. Es recomendable utilizar dos periodos o más para contar con mayor precisión en las estimaciones a realizar. Los análisis a realizar se indican a continuación.

3.4.1 Tipo de Accidentes

Utilizando la tabla 11 se lograra establecer los siguientes indicadores: Número de accidentes por cada tipo de accidente y cantidad de accidentes por año. El indicador

de tipos de accidentes por año permitirá conocer si existe una correlación entre los tipos de accidentes y los periodos.

Tabla 11

Tipo de accidentes

Tipo de accidente	Año 1	Año 2	Total
Total general			

Fuente: Elaboración Propia.

Indicador:

$$\text{Tipo de Accidentes Anual} = \frac{\text{Cantidad de Accidentes por Tipo}}{\text{Cantidad de Accidentes}}$$

3.4.2 Tipo de Accidentes por Operador

Se evaluará el tipo de accidentes por operador con respecto a cada año utilizando la tabla 12. Así, se lograra establecer si existe alguna correlación de accidentes por operadores en el tiempo.

Tabla 12

Tipo de accidentes por operador

Tipo de Accidente	Operador	Año 1	Año 2	Total
Total general				

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.3 Accidentes por Unidad

Utilizando la tabla 13 se evaluara la cantidad de accidentes que ha sufrido cada unidad en cada periodo. Así, se determinara si existe un nivel de incidencia relacionada con el funcionamiento u operatividad de la unidad.

Tabla 13

Accidentes por Unidad

Unidad										Tota Año
Año 1										
Año 2										

Fuente: Elaboración Propia.

3.4.4 Distribución por Tipo de Accidentes

Para establecer cuáles son los accidentes con mayor frecuencia en los periodos analizados se utilizará el diagrama de Pareto. Para la construcción de dicho diagrama se utilizarán los datos obtenidos en la tabla número 14 como referencia.

Tabla 14

Frecuencia de Accidentes por Tipo

Tipo de Accidente	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado

Fuente: Elaboración Propia.

3.5 Análisis de Causas de Accidentes

Para el análisis y la evaluación de las causas de accidentes se deben clasificar y cuantificar en función a las clasificaciones del INE, Es recomendable utilizar dos periodos o más para contar con mayor precisión en las estimaciones a realizar.

3.5.1 Causas de Accidentes

Utilizando la tabla 15 se determinará cuáles de las causas son las que se dan con mayor frecuencia en la empresa caso de estudio para el total de periodos muestreados. Dicha tabla está compuesta por las causas de accidentes más comunes a nivel nacional reportadas por el INEI en el año 2019.

Tabla 15

Causas de accidentes

Causas de Accidentes	Cantidad
Exceso de Velocidad	
Imprudencia del operador	
Ebriedad del operador	
Exceso de Carga	
Desacato Señal de Transito	
Falla Mecánica	
Falla de Luces	
Pista en mal estado	
Señalización Defectuosa	
Invasión de Carril	
Vehículo en mal estado	
Factor Ambiental	
Otros (fatiga, somnolencia)	

Fuente: Elaboración Propia.

3.5.2 Causas de Accidentes por Tipo de Accidente

Con la tabla 16 se determinará cuáles son las causas más frecuentes para cada tipo de accidente que haya ocurrido en la empresa caso de estudio. Dichas causas serán seleccionadas para posteriormente ser mitigadas utilizando sistemas inteligentes de transporte.

Tabla 16

Causas de accidentes por tipo de accidente

Tipo Accidente	Causa Accidente	Cantidad

Fuente: Elaboración Propia.

3.5.3 Causas de Accidentes por Unidades

Utilizando la tabla 17 se determinará cuál es la frecuencia de causas de accidentes por unidad. También se establecerá si existe o no una correlación entre causa y unidad referida a su operatividad.

Tabla 17

Evaluación de Causas de accidentes Por número de Unidades

Causas de Accidentes	Unidad	Cantidad
Exceso de Velocidad		
Imprudencia del operador		
Ebriedad del operador		
Exceso de Carga		
Desacato Señal de Transito		
Falla Mecánica		
Falla de Luces		
Pista en mal estado		
Señalización defectuosa		
Invasión de Carril		
Vehículo en mal estado		
Factor Ambiental		
Otros (fatiga, somnolencia)		

Fuente: Elaboración Propia.

3.5.4 Causas de Accidentes por Operadores

Con la ayuda de la tabla 18 se determinara cuáles son las causas de accidentes con mayor frecuencia por conductores y se establecerá si existe o no una correlación entre causa y conductor.

Tabla 18

Evaluación de Causas de accidentes por Operadores

Causas de Accidentes	Operadores	Cantidad
Exceso de Velocidad		
Imprudencia del operador		
Ebriedad del operador		
Exceso de Carga		
Desacato Señal de Transito		
Falla Mecánica		
Falla de Luces		
Pista en mal estado		
Señalización defectuosa		
Invasión de Carril		
Vehículo en mal estado		
Factor Ambiental		
Otros (fatiga, somnolencia)		
Exceso de Velocidad		

Fuente: Elaboración Propia.

3.6 Evaluación y Selección de Tecnologías para Eliminar o Mitigar Causas de Accidentes

Según el MTC (2014) las tecnologías que se pueden utilizar para eliminar o mitigar las causas de accidentes son las que se muestran en la tabla 19.

Dependiendo de la causa de accidente que se requiere mitigar se seleccionara una o varias tecnologías. Algunas de estas tecnologías pueden mitigar una o más causas.

Tabla 19*Evaluación de las tecnologías para eliminar o mitigar causas de accidentes*

Tecnologías	Sistema CCTV	Sistema de sensores para gestión del tránsito	Sistema automático de identificación vehicular	Paneles de Mensajes Variables	Sistema semafórico	Sistemas de Posicionamiento Geográfico	Sistema de pesaje dinámico	Sensores a borde de vehículos	Sistemas de comunicaciones	Aplicativos
Causas de Accidentes										
Exceso de Velocidad				X	X	X		X	X	X
Imprudencia del operador	X	X	X			X		X	X	X
Ebriedad del operador										X
Exceso de Carga							X			X
Desacato Señal de Tránsito	X	X			X			X		
Falla Mecánica								X		X
Falla de Luces										X
Pista en mal estado	X			X		X		X	X	
Señalización defectuosa	X									
Invasión de Carril	X					X		X		X
Vehículo en mal estado		X								
Factor Ambiental	X			X		X			X	X
Otros								X		X

Fuente: Elaboración Propia.

3.7 Evaluación de Aplicación de Tecnologías Seleccionadas Utilizando COBIT

El marco de referencia COBIT se aplicará a cada tecnología que eliminará o mitigará causas de accidentes. Solo se evaluará el dominio adquirir e implementar, porque este tiene como objetivo identificar, desarrollar, adquirir, implementarse e integrar soluciones de TI en el proceso de negocio, los procesos definidos por IT Governance Institute (2007) a evaluar son los siguientes:

- A11 Identificar soluciones automatizadas
- A12 Adquirir y mantener software aplicativo
- A13 Adquirir y mantener infraestructura tecnológica
- A14 Facilitar la operación y el uso
- A15 Adquirir recursos de TI
- A16 Administrar cambios
- A17 Instalar y acreditar soluciones y cambios

Los indicadores para el análisis y determinación de los niveles de madurez y brechas existentes en el dominio Adquirir e Implementar del COBIT 4.1 definidos por Agreda (2016), son los siguientes:

- **Nivel “Mínimo aceptable”:** Nivel que no necesariamente es el óptimo, pero asegura cubrir los requerimientos clave del negocio.
Nivel mínimo aceptable establecido: 3
- **Nivel “óptimo”:** Nivel que cumple con a la más alta expectativa gerencial. Requiere superar los requerimientos del negocio en cuanto a calidad y beneficios.
Nivel óptimo establecido: 4

Luego de revisar el dominio Adquirir e Implementar se obtendrá el “nivel observado”. Se considerara que el indicador ha tenido éxito cuando este supere el nivel mínimo aceptable previamente acordado de 3.

Dicha afirmación está basada en los atributos genéricos de capacidad de proceso establecido por COBIT PAM (Agreda, 2016).

3.7.1 Determinación de Niveles de Madurez y Brechas Existentes

Para la definición e identificación de niveles de madurez y brechas se ha aplicado la escala PAM (Process Assessment Model). Como se establece en la tabla 20 las brechas se clasifican como: significativas, moderadas o mínimas.

Tabla 20

Criterios de evaluación y determinación de brechas

Número de Nivel	Nivel Observado	Descripción Nivel Observado	Nivel Mínimo Aceptable (NMA)	Definición de brechas
0	Incompleto	El proceso no está implementado o no alcanza su propósito. Hay evidencia suficiente de logro sistemático del propósito del proceso.	3	Si $NMA - NO = 3$ Brecha significativa
1	Ejecutado	El proceso implementado alcanza su propósito.	3	Si $NMA - NO = 2$ Brecha moderada
2	Administrado	El proceso ejecutado está implementado de forma gestionada (planificado, supervisado y ajustado) Los resultados de su ejecución están establecidos, controlados y mantenidos apropiadamente.	3	Si $NMA - NO = 1$ Brecha mínima
3	Establecido	El proceso gestionado d está implementado usando un proceso definido capaz de alcanzar sus resultados del proceso.	3	Si $NMA - NO \leq 0$ Brecha mínima
4	Predecible	El proceso establecido se ejecuta dentro de límites definidos para alcanzar sus resultados del proceso.	3	Si $NMA - NO \leq 0$ Brecha mínima

5	Optimizado	El proceso predecible es mejorado de forma continua para cumplir con los objetivos y metas empresariales.	3	Si NMA – NO \leq 0 Brecha mínima
---	------------	---	---	---------------------------------------

Fuente: Adaptada de “*Modelo para la evaluación del nivel de capacidad de los procesos de TI...*”, por Agreda M, 2016. Elaboración Propia.

Una vez identificado el nivel de madurez para el dominio Adquirir e Implementar de COBIT se determinará las brechas existentes. Para la evaluación de procesos se utilizara la tabla 21, con la cual se determinara si el nivel observado cumple con el nivel mínimo aceptable. Esto permitirá atacar las debilidades observadas de cada tecnología implementando planes de acción.



Tabla 21

Niveles de madurez y brechas existentes

N° Proceso	Objetivos de Control	Nivel de madurez observado	Nivel Mínimo Aceptable (NMA)	Nivel Observado (NO)	Definición de brechas
1	1. Definición y actualización de requisitos funcionales y técnicos del negocio. 2. Informe del análisis de riesgos. 3. Estudio de factibilidad y formulación de alternativas de acción. 4. Requisitos y decisión de factibilidad y aprobación.	-	3		
2	1. Diseño de alto nivel. 2. Diseño detallado. 3. Control y factibilidad de auditar las aplicaciones 4. Seguridad y disponibilidad de las aplicaciones 5. Configuración e Implantación de las aplicaciones adquiridas. 6. Actualizaciones de los sistemas actuales. 7. Desarrollo de aplicaciones. 8. Aseguramiento de la calidad del software. 9. Administración de los requerimientos de aplicaciones. 10. Mantenimiento de aplicaciones.	-	3		
3	1. Plan de adquisición de infraestructura de tecnología. 2. Protección y disponibilidad del recurso de infraestructura. 3. Mantenimiento de la infraestructura tecnológica. 4. Ambiente de prueba de factibilidad.	-	3		

4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plan de soluciones de operación. 2. Transferencia de conocimiento a la gerencia del negocio. 3. Transferencia del conocimiento a usuarios. 4. Transferencia del conocimiento a usuarios de operaciones y soporte. 	-	3		
5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Control de compras. 2. Administración de contratos con proveedores. 3. Selección de proveedores. 4. Adquisición de recursos de tecnologías de Información. 	-	3		
6	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estándares y procedimientos para cambios. 2. Evaluación del impacto, priorización y autorización. 3. Cambios de emergencia. 4. Seguimiento y estatus de Cambios. 5. Cierre y documentación de Cambios. 	-	3		
7	<ol style="list-style-type: none"> 1. Entrenamiento. 2. Plan de pruebas. 3. Plan de implementación. 4. Ambiente de pruebas. 5. Conversión de sistemas y datos. 6. Pruebas de cambios 7. Prueba de aceptación. 8. Puesta en producción. 9. Revisión post Implantación. 	-	3		

Fuente: Elaboración Propia.

3.7.2 Planes de Acción Relacionados a las Tecnologías Seleccionadas

Para atender las debilidades encontradas, los criterios que tengan una brecha significativa o moderada requerirán un plan de acción. El modelo a utilizar para los planes de acción, está definido en la tabla 22.

Tabla 22

Planes de acción

Plan de Acción	Proceso	Descripción	Actividades
1			-
2			-
3			-

Fuente: Elaboración Propia.

3.7.3 Nivel de Mitigación de Accidentes Aplicando Tecnologías ITS

Utilizando la tabla 23, se obtendrá el nivel de mitigación de accidentes al aplicar las tecnologías ITS. Para hallar nivel de mitigación de accidentes se utilizó la siguiente formula:

Tabla 23

Nivel de Mitigación de Accidentes Aplicando Tecnologías ITS

Tipo Accidente	Causas de accidentes	Cantidad	Tecnología a Implementar	Nivel %

Fuente: Elaboración Propia.

$$\text{Nivel de Mitigación de Accidentes} = \frac{\text{Accidentes eliminando o mitigando su causa}}{\text{Cantidad Total de Accidentes}}$$

3.8 Evaluación Económica de la Aplicación de Tecnologías ITS Seleccionadas

Para la evaluación económica se determinaran los costos de la adquisición de las tecnologías seleccionadas y de su instalación.

También se determinara las pérdidas económicas o gastos por reparaciones incurridas cuando se accidenta una unidad. Estos nos representaran los beneficios que

se obtendrán como productos de la aplicación de las tecnologías que evitaban las pérdidas económicas.

Se utilizaran dos indicadores financieros para realizar la factibilidad económica: Valor actual neto (VAN) y Tasa interna de Retorno (TIR).

3.8.1 Costos de Adquisición e Instalación

Para hallar los costos de implementación de cada tecnología en la totalidad de la flota se utilizara la tabla 24. Donde se deben incluir todos los gastos de adquisición, instalación y otros.

Tabla 24

Costos de adquisición e instalación

Descripción de la partida	Costo
Costo de Equipo e instalación por unidad	
Costo Total Flota US\$	

Fuente: Elaboración Propia.

3.8.2 Pérdidas Económicas por Accidentes

Para hallar los gastos por pérdidas económicas en la totalidad de la flota se utilizara la tabla 25. Donde se deben incluir todos los gastos por pérdidas materiales, asistencia médica, reparaciones y otros que genere el accidente.

Tabla 25

Pérdidas económicas por accidentes

Descripción de la partida	Gastos
Total año 1 y año 2	
Promedio por año	

Fuente: Elaboración Propia.

3.8.3 Cálculo del Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno

La evaluación económica de la aplicación de las tecnologías propuestas para eliminar o mitigar los accidentes en la empresa caso de estudio, se realizará utilizando como referencia el VAN y la TIR.

Para el Cálculo del VAN se aplicará la siguiente formula:

F_t: Flujos de dinero en cada periodo **t**
I₀: Inversión realiza en el momento inicial (**t = 0**)
N: Número de periodos de tiempo
K: Tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Para el cálculo de la TIR se aplicará la siguiente formula:

F_n: Flujo de dinero en el periodo **n**.
N: Número de períodos.
I: Valor de la inversión inicial.

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{F_n}{(1+i)^n} = 0$$

El interés aplicado para el cálculo del VAN y TIR es de 10% anual, tasa que es usado por la empresa caso de estudio para sus inversiones.

3.9 Comprobación Estadística de la Eliminación o Mitigación de Accidentes

La prueba de asociación chi-cuadrado contrastara las frecuencias observadas con las frecuencias esperadas en la hipótesis nula. Se utilizará para determinar si la variable causas de accidentes está asociada a la variable del número de accidentes.

La hipótesis nula es cuando X e Y son independientes y la hipótesis alternativa cuando X e Y no son independientes. Sin considerar la relación que mantengan ni el grado de esta.

El modelo estadístico será desarrollado en la hoja de cálculo Excel. Las siguientes formulas serán las utilizadas para hallar los valores de:

- Grados de Libertad = $(N^{\circ} \text{Columnas} - 1) + (N^{\circ} \text{filas} - 1)$
- Chi-Tabla = Según Anexo 9 para un nivel de error de 0.05%.
- P (probabilidad) = Función PRUEBA.CHI de la hoja de cálculo, Excel.
- Chi-prueba = Función PRUEBA.CHI.INV de la hoja de cálculo, Excel.

Los datos con los que se contarán serán ingresados a la tabla N° 26, tabla de valores observados. Estos datos son el número de accidentes observados y el número de accidentes esperados por los operadores según la encuesta del anexo 7 y sus resultados del anexo 8.

Tabla 26

Tabla de valores Observados

Causas	Accidentes		Total
	Actual	Según Encuesta	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 27 se calcularán las frecuencias esperadas. Estas son las frecuencias que debieran darse si las variables fueran independientes, es decir, si fuera cierta la hipótesis nula.

Tabla 27

Tabla de Valores Esperados

Causas	Accidentes		Total
	Actual	Según Encuesta	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 28 se calculará el chi-cuadrado, el cual compara las frecuencias observadas con las frecuencias esperadas.

Tabla 28

Tabla de Valores Absolutos

Causas	Accidentes	
	Actual	Según Encuesta
Total		

Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente se utilizara la tabla 29 para comparar los resultados obtenidos por el método chi-cuadrado con los valores chi-tabla. Con lo cual se lograra aceptar o rechazar la hipótesis nula. Los valores de chi-tabla están establecidos en la tabla adjunta en el anexo 9.

Tabla 29

Resultados del método estadístico chi-cuadrado

Grados de Libertad	
Chi-Tabla	
p (probabilidad)	
Chi Prueba	

Fuente: Elaboración Propia.

Las recomendaciones propuestas en la tabla 30 dependerán del valor de la probabilidad obtenido mediante el método chi-cuadrado.

Tabla 30

Recomendaciones según el valor de la probabilidad

Valor de P	Recomendación
< 0,05	Existe una fuerte evidencia en contra de la hipótesis nula
0,05 < P < 0,15	Evidencia es inconclusa y se necesitan más datos
P > 0,15	No hay evidencia en contra de la hipótesis nula

Fuente: Elaboración Propia.

Para que la hipótesis nula sea rechazada el valor de chi-prueba deber ser mayor al valor de chi-tabla. Al ser rechazada, la hipótesis alterna es aceptada.

Para la obtención de las frecuencias esperadas se aplicara la encuesta de elaboración propia del anexo 7 a quince operadores de las unidades vehiculares de la empresa caso de estudio. Lo que nos darán su evaluación del nivel de eliminación o mitigación de las causas aplicando las tecnologías ITS.

El tamaño de la muestra se calcula por la siguiente formula estadística.

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

En donde:

N = tamaño de la población

Z = nivel de confianza,

P = probabilidad de éxito, o proporción esperada

Q = probabilidad de fracaso

D = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción).

Capítulo IV

4. Análisis e Interpretación de Resultado

4.1 Descripción de la Empresa

La empresa caso de estudio brinda un medio de transporte bimodal. Se encuentra ubicada en el departamento de Arequipa, provincia de Arequipa, su giro de negocio es el transporte de carga en la zona sur del Perú. Tiene como principal producto de carga el concentrado de mineral de cobre proveniente los principales proyectos mineros ubicados en la zona sur del país.

Para la prestación de este servicio de carga de mineral tiene una flota de 30 unidades vehiculares construidas especialmente para el transporte de mineral a fin cumplir con el reglamento de carga peligrosa. Como se muestra en la tabla 31, la cantidad de personal asignado para este servicio es de 90 operadores que laboran en 3 turnos, las 24 horas. Recorriendo cada unidad anualmente un total de 112,420 kilómetros.

Cumpliendo con la ley N° 29733, ley de protección de datos personales, se mantendrá en reserva la razón social de la empresa caso de estudio y de la empresa a la cual le presta servicios.

Tabla 31

Variables del Sistema de Transporte empresa caso de estudio

Variables	2018	2019
Número de unidades operativas	30	30
Número de operadores	90	90
Kilómetros recorridos por unidad anual	112,420	112,420

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: las unidades vehiculares cuentan con un sistema de monitoreo de flota que les permite saber la velocidad, ubicación de cada una de sus unidades durante el recorrido de su ruta.

4.1.1 Universo y Muestra de los Datos a Procesar

El universo de los datos son todos los accidentes y sus causas que se encuentran registrado en la base datos de la empresa caso de estudio con un total de 20 accidentes con cinco causas y la muestra será el 100% del universo.

Para la evaluación y selección de las tecnologías ITS, se aplicara el teorema de Pareto para evaluar las causas con mayor incidencia.

4.2 Aplicación del Modelo de Seguridad del Transporte Terrestre

La fuente de información para la aplicación del modelo de seguridad del transporte terrestre son los registros de la base de datos de los accidentes en el transporte de carga proporcionado por la empresa tomada como caso de estudio que serán utilizados para determinar los indicadores de la variable de la seguridad del sistema de transporte, tipos de accidentes y sus causas.

Se aplicará a continuación la metodología propuesta en el Capítulo III

4.2.1 Comprobación Correlación entre las Variables Accidentes y Causas

El cálculo del coeficiente de correlación Causa-Accidente se realizó en base a la información presentada en la tabla 32. Tomando en cuenta el 100% de los datos y utilizará la función COEF.DE.CORREL () del software Excel, se obtuvo el grafico de dispersión de la figura 7.

Así mismo se halló la desviación y el coeficiente de correlación con la ayuda de las funciones del software Excel. Los resultados son los presentados en la tabla 33.

Tabla 32

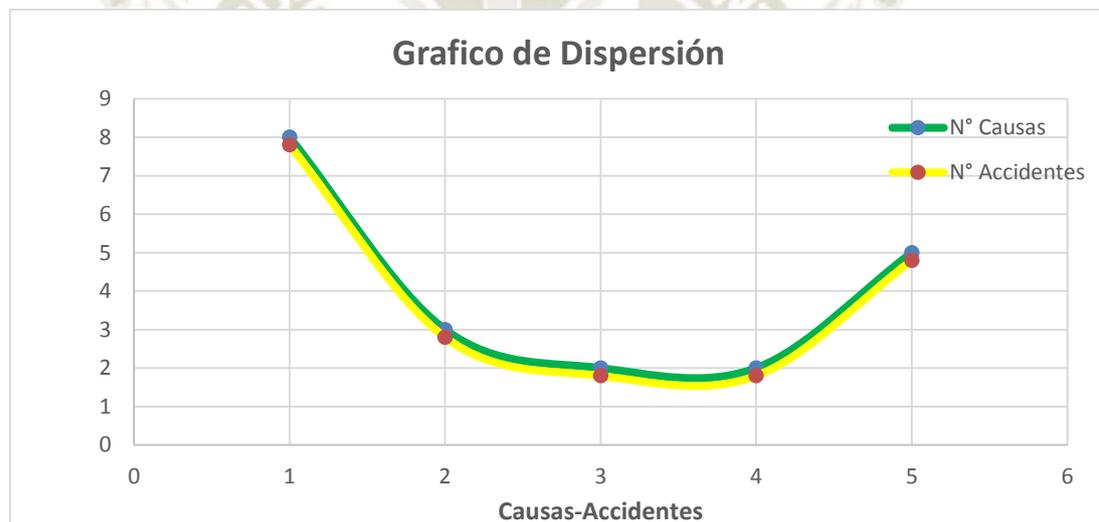
Coefficiente de correlación causa-accidentes

Causas	Cantidad Causas	Cantidad Accidentes
Imprudencia del Conductor	8	8
Sobre Calentamiento	3	3
Falta de Presión	2	2
Falla Mecánica	2	2
Factor Humano	5	5

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 7

Gráfico de dispersión



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 33

Desviaciones y coeficiente de correlación

Covarianza S_{xy}	5.2
Desviación Típica de X S_x	2.28
Desviación Típica de y S_y	2.28
Coefficiente de Correlación R_{xy}	1.00

Fuente: Elaboración Propia.

Dado que el coeficiente de correlación es igual a 1 se cumple con las características de una correlación perfecta y directa, esto quiere decir que al hacer un cambio en una variable (causas) se puede predecir perfectamente el cambio en la otra (accidente).

4.2.2 Análisis de Indicadores de Accidentes

Los siguientes indicadores fueron calculados con la finalidad de identificar la frecuencia con la que ocurren los accidentes.

a) Análisis de accidentes por kilómetros recorridos

Como lo indica la tabla 34, el total de unidad es 30. Cada unidad recorre anualmente 112,420 km. Siendo en total 337,260 km los recorridos por todas las unidades anualmente.

Tabla 34

Indicador de Accidentes por Kilómetros Recorridos

Accidentes	Año 2018			Año 2019		
	Cantidad	Kilómetros Recorridos	Indicador	Cantidad	Kilómetros Recorridos	Indicador
Accidentes no fatales	10	3'372,600	337,260	10	3'372,600	337,260
Accidentes Fatales	0	3'372,600		0	3'372,600	0

Fuente: Elaboración Propia.

Indicadores:

$$\text{Accidentes por Kilometro Recorrido no Fatales} = \frac{3'372,600}{10}$$

$$\text{Accidentes por Kilometro Recorrido no Fatales} = 337,260$$

El indicador establece que cada 337,260 kilómetros recorridos por las unidades se ha producido un accidente no fatal y cero accidentes fatales.

b) Análisis de accidentes por número de unidades: Como se refiere en la tabla 35, se tomó en cuenta la totalidad de las unidades y el número de unidades que sufrieron accidentes, las cuales fueron 10. Para obtener el

porcentaje de unidades accidentadas sin fatalidades se utilizó la siguiente formula.

$$\text{Accidentes no Fatales por Numero unidades} = \frac{\text{Cantidad de Accidentes No Fatales}}{\text{Cantidad de Unidades}}$$

Tabla 35

Indicador de Accidentes por número de unidades

Accidentes	Año 2018			Año 2019		
	Cantidad	Cantidad de Unidades	Indicador	Cantidad	Cantidad de Unidades	Indicador
Accidentes no Fatales	10	30	33%	10	30	33%
Accidentes Fatales	0	30	0%	0	30	0%

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: El 33% de las unidades ha sufrido por lo menos un accidente, sin presentarse accidentes fatales.

Indicador:

$$\text{Accidentes no Fatales por Numero unidades} = \frac{10}{30}$$

$$\text{Accidentes no Fatales por Numero unidades} = 33\%$$

c) Análisis de accidentes por número de operadores: El indicador desarrollado en la tabla 36 comprende la cantidad de accidentes y el número total de operadores. Con lo cual se obtuvo el porcentaje de los operados accidentados.

Tabla 36

Indicador de Accidentes

Accidentes	Año Base 2018			Año de Evaluación 2019		
	Cantidad	Número de operadores	Indicador	Cantidad	Número de operadores	Indicador
Accidentes no Fatales	10	90	11%	10	90	11%
Accidentes Fatales	0	90	0%	0	90	0%

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: El 11% de los operadores ha sufrido por lo menos un accidente no fatal, sin presentarse accidentes fatales.

Indicador:

$$\text{Accidentes no Fatales por Numero de Operadores} = \frac{\text{Cantidad de Accidentes no Fatales}}{\text{Cantidad de Operadores}}$$

$$\text{Accidentes no Fatales por Numero de Operadores} = \frac{10}{90}$$

$$\text{Accidentes no Fatales por Numero de Operadores} = 11\%$$

d) Análisis de operadores accidentados: Para este indicador desarrollado en la tabla 37, se utilizó la cantidad de conductores que sufrieron accidentes y la cantidad total de conductores.

Tabla 37

Análisis de *operadores accidentados del total de operadores*

Accidentes	Año 2018			Año 2019		
	Cantidad	Número de operadores	Indicador	Cantidad	Número de operadores	Indicador
Accidentes no Fatales	8	90	9%	9	90	10%
Accidentes Fatales	0	90	0	0	90	0

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: El 9% de los operadores se han accidentado en el periodo 2018 y el 10% en el año 2019, sin consecuencias fatales.

En el año 2018 y 2019 existen operadores que han sufrido más de un accidente.

Indicadores:

$$\text{Operadores accidentados} = \frac{\text{Cantidad de Operadores Accidentados}}{\text{Cantidad Total de Operadores}}$$

$$\text{Operadores Accidentados 2018} = \frac{8}{90}$$

$$\text{Operadores Accidentados 2018} = 9\%$$

$$\text{Operadores Accidentados 2019} = \frac{9}{90}$$

$$\text{Operadores Accidentados 2019} = 10\%$$

4.2.3 Análisis de Tipos de Accidentes

4.2.3.1 Tipos de Accidentes

La cantidad de accidentes que hubo anualmente fue evaluada en la tabla 38 para establecer si existe alguna correlación del número de accidentes en el tiempo. Los resultados son los plasmados en la figura 8.

Tabla 38

Accidentes por tipo y año

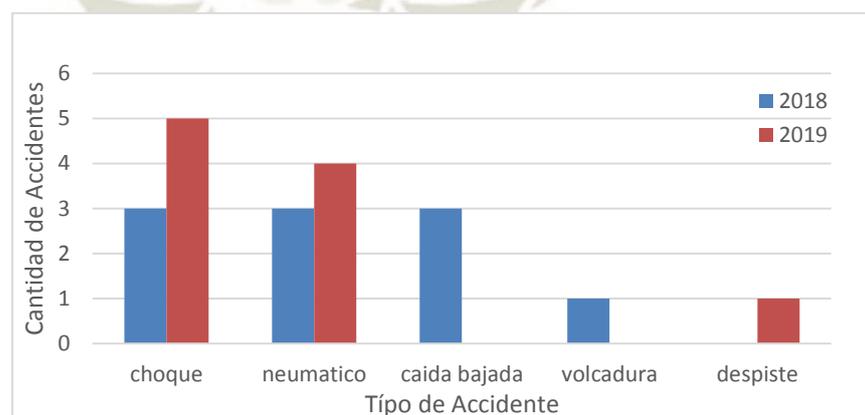
Tipos de Accidente	2018	2019
Choque	3	5
Neumático	3	4
Caída al bajar	3	
Volcadura	1	
Despiste		1
Total general	10	10

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: En ambos años hubo la misma cantidad de accidentes, no se puede establecer que el número de accidentes está relacionado con el tiempo. Sin embargo que el tipo de accidente Caída al bajar y volcadura no sucedieron en el año 2019 e incrementándose los accidentes por Choque y Neumáticos.

Figura 8

Accidentes por tipo y año



Fuente: Elaboración Propia

Nota: En el periodo 2018 los accidentes con mayor incidencia son: choque, neumáticos y caída al bajar. En el periodo 2019 los accidentes por choque y neumático siguen siendo los con mayor ocurrencia.

4.2.3.2 Tipos de Accidentes por Operador

Se evaluó el número de operadores accidentados por cada tipo de accidente en los años 2018 y 2019 como lo muestra la tabla 39. Con lo que se estableció si existe alguna correlación entre los tipos de accidente y los operadores accidentados en el tiempo. Los resultados del año 2018 fueron graficados en la figura 9 y los del año 2019 en la imagen 10.

Tabla 39

Tipo de accidente por operador

Tipo de Accidente	Operador	Año		Total
		2018	2019	
Caída al bajar	24	1		1
	30	1		1
	39	1		1
Choque	12		1	1
	18		1	1
	24	1		1
	27		1	1
	66	1	1	2
	75		1	1
	81	1		1
	57		1	1
	24	1		1
Neumático	27		1	1
	54		1	1
	72	1		1
	84		1	1
	48		1	1
	57	1		1
Volcadura	6	1		1
Total general		10	10	20

Fuente: Elaboración Propia.

a) Año 2018

Figura 9

Accidentes por Operador en el 2018



Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se observa que el año 2018 el operador 24 tuvo 3 accidentes es el que tiene mayor cantidad de accidentes.

b) Año 2019

Figura 10

Accidentes por Operador en el 2019



Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se observa que en el año 2019 el operador con mayor cantidad de accidentes es el operador 27, la probable causa es el operador.

4.2.3.3 Accidentes por Unidad

El número de accidentes que ha sufrido cada unidad en el año 2018 se evaluó en la tabla 40 y sus resultados son los plasmados en la figura 11. Para el año 2019 el número de los accidentes sufridos por cada unidad se evaluó en la tabla 41 y sus resultados graficados en la figura 12. Con esto se determinó si existe algún nivel de incidencia en alguna unidad.

a) Año 2018

Tabla 40

Accidentes por unidad en el 2018

Unidad	30	40	44	61	62	68	69	72	73	Total
2018	1	1	1	1	1	1	1	2	1	10

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: La unidad 72 es la que mayor cantidad de accidentes ha sufrido, pero la diferencia no es significativa con respecto a las demás unidades.

Figura 11

Accidentes por unidad en el 2018



Fuente: Elaboración Propia

Nota: La unidad 72 es la que mayor cantidad de accidentes ha sufrido, pero la diferencia no es significativa con respecto a las demás unidades.

b) Año 2019

Tabla 41

Accidentes por unidad en el 2019

Unidad	33	38	54	58	65	66	67	68	74	75	Total
2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Todas unidades que han sufrido accidentes solo tuvieron un accidente. En los periodos 2018 y 2019 las unidades que tuvieron más accidentes son las unidades 68 y 72 ambas con dos accidentes.

Figura 12

Accidentes por unidad en el 2019



Fuente: Elaboración Propia.

Nota: En los años 2018 y 2019 no se muestran unidades con alta incidencia de accidentes.

4.2.3.4 Distribución por Tipo de Accidentes

Para establecer mediante la distribución ABC o diagrama de Pareto cuáles son los accidentes con mayor relevancia en los periodos analizados. Se utilizó la información presentada en la tabla 42. El diagrama resultante es el presentado en la figura 13.

Tabla 42

Frecuencia por Tipo de Accidente

Tipo de Accidente	Frecuencia	Frecuencia Acumulada	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
Choque	8	8	40%	40%
Neumático	7	15	35%	75%
Caída al bajar	3	18	15%	90%
Volcadura	1	19	5%	95%
Despiste	1	20	5%	100%

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se observa que el tipo de accidente Choque y Neumáticos tienen la mayor frecuencia de accidentes.

Figura 13

Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia.

Nota: El 80% de los accidentes su causa es de tipo choque y Neumático. Para el presente caso de estudio se utilizará los dos tipos de accidentes para la aplicación de tecnologías ITS de Perú que las puedan eliminar o mitigar.

4.2.4 Análisis de Causas de Accidentes

4.2.4.1 Causas de Accidentes

Las causas de los accidentes que se dieron en los dos años muestreados son las presentadas en la tabla 43.

Tabla 43

Causas de accidentes en la empresa caso de estudio

Causa de accidentes	Cantidad
Imprudencia del Operador	8
Falla Mecánica (incluye Sobre Calentamiento, Falta de Presión neumáticos)	7
Otros (Factor Humano)	5

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se puede apreciar que las causas con mayor frecuencia son las causas Imprudencia del Operador y Falla Mecánica

4.2.4.2 Causas de Accidentes por Tipo de Accidente

Los tipos de accidentes que se dieron en los dos años muestreados fueron ocasionados por las causas mostradas en la tabla 44.

Tabla 44

Causas de accidentes por tipo de accidente

Tipo de Accidente	Causas de accidentes	Cantidad
Choque	Imprudencia del Operador	8
Neumáticos	Falla Mecánica (incluye Sobre Calentamiento, Falta de Presión neumáticos)	7
Caída al bajar	Otros (Factor Humano)	3
Volcadura	Otros (Factor Humano)	1
Despiste	Otros (Factor Humano)	1

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Las causas más concurrentes de choque es por imprudencia del operador y falta de visibilidad. Mientras que la causa principal de Neumáticos es por sobrecalentamiento seguido por falta de presión y falla mecánica.

4.2.4.3 Causas de Accidentes por Unidades

Se determinó cuál es la frecuencia de causas de accidentes por unidad en la tabla 45. Se observa que ninguna unidad se accidentó dos veces o más por una misma causa.

Tabla 45

Evaluación de las causas de accidentes por número de unidades

Causas de accidentes	Unidad	Cantidad
Falla Mecánica	40	1
	54	1
	62	1
	65	1
	66	1
	67	1
	72	1
Total Falla Mecánica		7
Imprudencia del operador	33	1
	38	1
	44	1
	68	1
	69	1
	73	1
	74	1
Total Imprudencia del operador		8
Otros	30	1
	58	1
	61	1
	68	1
	72	1
Total Otros		5
Total		20

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se observa que la unidad la unidad 72 tuvo dos accidentes una por causa de falla mecánica y una por otra causa, la unidad 68 tuvo dos accidentes una por causa de imprudencia de operador y una por otra causa. Las demás unidades no muestran mayor recurrencia de causas de accidentes.

4.2.4.4 Causas de Accidentes por Operadores

Se determinó cuáles son las causas más frecuentes para cada tipo de accidente que haya ocurrido en la empresa caso de estudio como lo muestra la tabla 46.

Tabla 46

Evaluación de las causas de accidentes por operadores

Causa de accidentes	Operador	Cantidad
Falla Mecánica	24	1
	27	1
	48	1
	54	1
	57	1
	72	1
	84	1
Total Falla Mecánica		7
Imprudencia del operador	12	1
	18	1
	24	1
	27	1
	66	2
	75	1
	81	1
Total Imprudencia del operador		8
Otros	6	1
	24	1
	30	1
	39	1
	57	1
Total Otros		5
Total		20

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se observa que el Operador 66 tuvo dos accidentes por causa de Imprudencia del Operador. El operador 24 tiene tres accidentes por causa Imprudencia del Operador, Falla Mecánica y Otras causas, se sugiere que estos operadores pasen por una capacitación que mejore sus capacidades de conducción.

El Operador 27 tuvo dos accidentes por causas de imprudencia del operador y otras causas.

4.2.5 Evaluación y Selección de Tecnologías para Eliminar o Mitigar Causas de Accidentes

Se determinó cuáles son las tecnologías que mitigan los accidentes causados por imprudencia del conductor y por falla mecánica. Siendo plasmados los resultados en la tabla 47.

Tabla 47

Evaluación de aplicación de tecnologías para eliminar o Mitigar causas de accidentes

Tecnologías	Sistema CCTV	Sistema de sensores para gestión del tránsito	Sistema automático de identificación vehicular	Paneles de Mensajes Variables	Sistema semafórico	Sistemas de Posicionamiento Geográfico	Sistema de pesaje dinámico	Sensores a bordo de vehículos	Sistemas de comunicaciones	Aplicativos
Causas de Accidentes										
Imprudencia del operador	X							X		
Falla Mecánica								X		

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Para la causa de accidente por imprudencia del operador según las tecnologías de ITS se usarán el sistema CCTV y sensores a bordo de vehículo (sensores de retroceso).

Para la causa de accidentes por falla mecánica según las tecnologías de ITS se usará sensor a bordo de vehículo (sensores de presión y temperatura de neumáticos).

4.2.6 Evaluación de Aplicación de Tecnologías Utilizando el Marco COBIT

4.2.6.1 Determinación de los Niveles de Madurez y Brechas Existentes de las Tecnologías, CCTV y Sensor Abordo

Para la evaluación de las tecnologías sistema CCTV y sensor abordo, se utilizó los criterios COBIT. Según la metodología propuesta en el capítulo 3, la evaluación se desarrolló en la tabla 48 y sus resultados graficados en la figura 14.

Tabla 48

Niveles de madurez y brechas existentes de la tecnología, CCTV y Sensor Abordo

Proceso	Objetivos de Control	Nivel de madurez observado	Nivel Mínimo Aceptable (NMA)	Nivel Observado (NO)	Definición de brechas
1	1. Definición y actualización de requisitos funcionales y técnicos del negocio. 2. Informe del análisis de riesgos. 3. Estudio de factibilidad y formulación de alternativas de acción. 4. Requisitos y decisión de factibilidad y aprobación.	<ul style="list-style-type: none"> - Los requisitos de las tecnologías fueron establecidos por los ITS. - Intervención en tablero de unidad. - Las alternativas de las tecnologías se tomaron de ITS. - Se realizarán pruebas en una unidad de prototipo. 	3	4	Si NMA – NO <= 0 Brecha mínima

2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño de alto nivel. 2. Diseño detallado. 3. Control y factibilidad de auditar las aplicaciones 4. Seguridad y disponibilidad de las aplicaciones 5. Configuración e Implantación de las aplicaciones adquiridas. 6. Actualizaciones de los sistemas actuales. 7. Desarrollo de aplicaciones. 8. Aseguramiento de la calidad del software. 9. Administración de los requerimientos de aplicaciones. <p>Mantenimiento de aplicaciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El diseño cumple con los parámetros. - El diseño es el requerido por los ITS. - El Software está integrado a la tecnología no es auditable. - El software está integrado y garantizado por el proveedor. - El software está integrado a la tecnología no requiere configuración ni implantación. - El proveedor realiza y garantiza las actualizaciones de la configuración del software por 5 años. - El proveedor garantiza actualizaciones del software integrado a la tecnología por 5 años. - La tecnología tiene certificación ISO. - El software de la tecnología es estándar no se requiere de cambios. - El mantenimiento del software es realizado por el proveedor, el cual también provee actualizaciones anuales. 	3	4	<p>Si NMA – NO <= 0 Brecha mínima</p>
3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plan de adquisición de infraestructura de tecnología. 2. Protección y disponibilidad del recurso de infraestructura. 3. Mantenimiento de la infraestructura tecnológica. 4. Ambiente de prueba de factibilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - El plan de adquisición incluirá la tecnología para todas las unidades y un lote de repuestos por importación. - Se certificará el correcto funcionamiento de la tecnología en todas las unidades. - El mantenimiento de la tecnología será incluido en el plan de mantenimiento preventivo de las unidades - Las pruebas de integración y desempeño serán realizadas en la unidad prototipo 	3	1	<p>Si NMA – NO = 2 Brecha moderada</p>

4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plan de soluciones de operación. 2. Transferencia de conocimiento a la gerencia del negocio. 3. Transferencia del conocimiento a usuarios. 4. Transferencia del conocimiento a usuarios de operaciones y soporte. 	<ul style="list-style-type: none"> - La operatividad de la tecnología será registrada en el informe diario de operatividad de la unidad. - La tecnología será propuesta a la dirección de la empresa para el conocimiento de sus beneficios. - Los operadores serán capacitados en el uso de la tecnología, entendiendo todos los beneficios de esta. - El fabricante capacitara al proveedor local encargado del manteamiento y a los supervisores de las unidades. 	3	0	Si NMA – NO = 3 Brecha significativa
5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Control de compras. 2. Administración de contratos con proveedores. 3. Selección de proveedores. 4. Adquisición de recursos de tecnologías de Información. 	<ul style="list-style-type: none"> - La adquisición será hara según los procedimientos de la empresa caso de estudio se cotizará la tecnología a proveedores reconocidos y que garanticen el producto. - La adquisición de la tecnología será bajo contrato con el proveedor que garantiza: mantenimiento, soporte por el plazo de 5 años y garantía de 2 años. - El procedimiento de proveedores será el utilizado por la empresa caso de estudio. - El contrato de adquisición de las tecnologías incluirá: software, infraestructura, soporte y servicios. 	3	1	Si NMA – NO = 2 Brecha moderada

6	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estándares y procedimientos para cambios. 2. Evaluación del impacto, priorización y autorización. 3. Cambios de emergencia. 4. Seguimiento y estatus de Cambios. 5. Cierre y documentación de Cambios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Las actualizaciones en la tecnología serían proporcionadas únicamente por el proveedor capacitado - La autorización para una actualización deberá ser brindada por la gerencia de la empresa caso de estudio. - La tecnología es estándar por lo cual no hay cambios en la tecnología, solo podría deshabilitarse. - La correcta actualización será certificada por el proveedor capacitado. El cual también es el encargado de enviar el informe del cambio en la tecnología a la gerencia de la empresa caso de estudio. 	3	4	<p style="text-align: center;">Si NMA – NO <= 0 Brecha mínima</p>
7	<ol style="list-style-type: none"> 1. Entrenamiento. 2. Plan de pruebas. 3. Plan de implementación. 4. Ambiente de pruebas. 5. Conversión de sistemas y datos. 6. Pruebas de cambios 7. Prueba de aceptación. 8. Puesta en producción. 9. Revisión post Implantación. 	<ul style="list-style-type: none"> - El productor capacitara a un proveedor local en la instalación, mantenimiento y soporte - Cada unidad que tenga la tecnología pasara las pruebas de funcionamiento antes de iniciar sus operaciones. - La instalación de la tecnología será realizará en una unidad piloto, si la tecnología cumple con las pruebas realizadas la tecnología será implantada en el resto de la flota. - El ambiente de prueba será el trayecto que una unidad recorre diariamente. - La información de las incidencias de las unidades se continuará registrando en el informe diario de operatividad de unidad. - Cada nueva actualización de la tecnología deberá pasar una prueba de funcionamiento en una unidad piloto para posteriormente ser instalada en toda la flota. - Se realizará un seguimiento continuo del funcionamiento de la tecnología y del rendimiento de las unidades implantadas. 	3	1	<p style="text-align: center;">Si NMA – NO = 2 Brecha moderada</p>

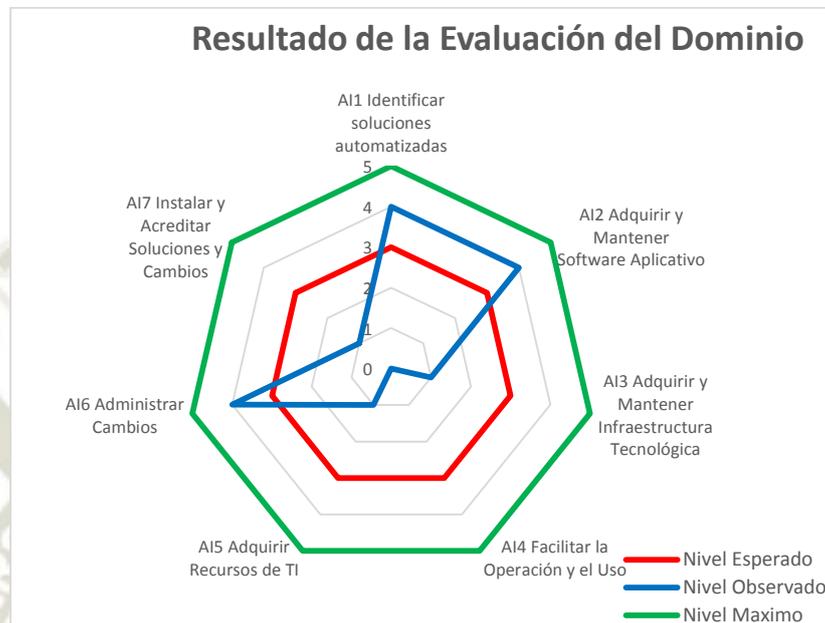
Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se observa que los procesos: Adquirir y Mantener Infraestructura Tecnológica, Adquirir Recursos de TI, Instalar y Acreditar Soluciones y Cambios, tienen brechas moderadas y el proceso Facilitar la Operación y el Uso tiene brecha significativa, que requieren un plan de acción para atender las debilidades encontradas.



Figura 14

Resultado de la Evaluación del Dominio



Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Los procesos Adquirir y Mantener Infraestructura Tecnológica, Adquirir Recursos de TI, Facilitar la Operación, Instalar y Acreditar Soluciones y Cambios, no logran el pasar el nivel esperado, por los que requieren un Plan de Acción para atender las debilidades encontradas.

4.2.6.2 Planes de Acción Relacionados a las Tecnologías CCTV y Sensor Abordo

De acuerdo a la evaluación del punto previo, los planes de contingencia presentados en la tabla 49 serán implementados para atender las siguientes debilidades encontradas:

- Adquirir y Mantener Infraestructura Tecnológica
- Facilitar la Operación y el Uso
- Adquirir Recursos de TI
- Instalar y Acreditar Soluciones y Cambios

Tabla 49

Planes de Acción para CCTV y sensores abordó

Plan de Acción	Proceso	Descripción	Actividades
1	Adquirir y Mantener Infraestructura Tecnológica	Importación de Tecnología	<ul style="list-style-type: none"> - Compra de Tecnología a proveedor reconocido - Carta Fianza durante el periodo de garantía - Capacitación a proveedor local y personal de la empresa caso de estudio
2	Facilitar la operación y utilización	Transferencia de conocimiento al personal de operativo y soporte.	Capacitación a los operadores, supervisores y personal de mantenimiento. Seguimiento del uso de la tecnología
3	Adquisición de recursos de tecnología de información	Administración de contratos con proveedores	Contrato y fianza de fiel cumplimiento durante el periodo de Garantía del funcionamiento, soporte y mantenimiento durante el periodo de vida de la tecnología
4	Instalar y certificar soluciones y cambios	Capacitación y Entrenamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Además de la capacitación a los operadores, supervisores y personal de mantenimiento se debe acordar con el proveedor capacitación remota a los operadores y supervisores durante la implementación.

Fuente: Elaboración Propia.

4.2.6.3 Determinación de los Niveles de Madurez y Brechas Existentes de la Tecnología Sensores a Bordo

Para la evaluación de la tecnología sensores abordo se utilizó los criterios COBIT. Según la metodología propuesta en el capítulo 3, la evaluación se desarrolló en la tabla 50 y sus resultados graficados en la figura 15.

Tabla 50

Niveles de madures y brechas existentes de la tecnología sensores a bordo del vehículo

Proceso	Objetivos de Control	Nivel de madurez observado	Nivel Mínimo Aceptable (NMA)	Nivel Observado (NO)	Definición de brechas
1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definición y actualización de requisitos funcionales y técnicos del negocio. 2. Informe del análisis de riesgos. 3. Estudio de factibilidad y formulación de alternativas de acción. 4. Requisitos y decisión de factibilidad y aprobación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Los requisitos de las tecnologías fueron establecidos por los ITS. - Intervención en tablero de unidad. - Las alternativas de las tecnologías se tomaron de ITS. - Se realizarán pruebas en una unidad de prototipo. 	3	4	<p>Si NMA – NO ≤ 0 Brecha mínima</p>

2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño de alto nivel. 2. Diseño detallado. 3. Control y factibilidad de auditar las aplicaciones 4. Seguridad y disponibilidad de las aplicaciones 5. Configuración e Implantación de las aplicaciones adquiridas. 6. Actualizaciones de los sistemas actuales. 7. Desarrollo de aplicaciones. 8. Aseguramiento de la calidad del software. 9. Administración de los requerimientos de aplicaciones. <p>Mantenimiento de aplicaciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El diseño cumple con los parámetros. - El diseño es el requerido por los ITS. - El Software está integrado a la tecnología no es auditable. - El software está integrado y garantizado por el proveedor. - El software está integrado a la tecnología no requiere configuración ni implantación. - El proveedor realiza y garantiza las actualizaciones de la configuración del software por 5 años. - El proveedor garantiza actualizaciones del software integrado a la tecnología por 5 años. - La tecnología tiene certificación ISO. - El software de la tecnología es estándar no se requiere de cambios. - El mantenimiento del software es realizado por el proveedor, el cual también provee actualizaciones anuales. 	3	4	<p style="text-align: center;">Si NMA – NO ≤ 0 Brecha mínima</p>
3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plan de adquisición de infraestructura de tecnología. 2. Protección y disponibilidad del recurso de infraestructura. 3. Mantenimiento de la infraestructura tecnológica. 4. Ambiente de prueba de factibilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - El plan de adquisición incluirá la tecnología para todas las unidades y un lote de repuestos por importación. - Se certificará el correcto funcionamiento de la tecnología en todas las unidades. - El mantenimiento de la tecnología será incluido en el plan de mantenimiento preventivo. - las pruebas de integración y desempeño serán realizadas en la unidad prototipo. La operatividad de la tecnología se registrará en el check-list del mantenimiento preventivo. 	3	1	<p style="text-align: center;">Si NMA – NO = 2 Brecha moderada</p>
4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plan de soluciones de operación. 2. Transferencia de conocimiento a la gerencia del negocio. 3. Transferencia del conocimiento a usuarios. 4. Transferencia del conocimiento a usuarios de operaciones y soporte. 	<ul style="list-style-type: none"> - La operatividad de la tecnología será registrada en el check-list de la unidad diariamente. - La tecnología será propuesta a la dirección de la empresa para el conocimiento de sus beneficios. - Los operadores serán capacitados en el uso de la tecnología, entendiendo todos los beneficios de esta. - El fabricante capacitara al proveedor local encargado del manteamiento y a los supervisores de las unidades. 	3	1	<p style="text-align: center;">Si NMA – NO = 2 Brecha moderada</p>

5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Control de compras. 2. Administración de contratos con proveedores. 3. Selección de proveedores. 4. Adquisición de recursos de tecnologías de Información. 	<ul style="list-style-type: none"> - La adquisición será de acuerdo a los procedimientos de la empresa caso de estudio se cotizará la tecnología a proveedores reconocidos y que garanticen el producto. - La adquisición de la tecnología será bajo contrato con el proveedor que garantiza: mantenimiento, soporte por el plazo de 5 años y garantía de 2 años. - El procedimiento de proveedores será el utilizado por la empresa caso de estudio. - El contrato de adquisición de las tecnologías incluirá: software, infraestructura, soporte y servicios. 	3	1	<p>Si NMA – NO = 2 Brecha moderada</p>
6	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estándares y procedimientos para cambios. 2. Evaluación del impacto, priorización y autorización. 3. Cambios de emergencia. 4. Seguimiento y estatus de Cambios. 5. Cierre y documentación de Cambios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Las actualizaciones en la tecnología serían proporcionadas únicamente por el proveedor capacitado - La autorización para una actualización deberá ser brindada por la gerencia de la empresa caso de estudio. - La tecnología es estándar por lo cual no hay cambios en la tecnología, solo podría deshabilitarse. - La correcta actualización será certificada por el proveedor capacitado. El cual también es el encargado de enviar el informe del cambio en la tecnología a la gerencia de la empresa caso de estudio. 	3	4	<p>Si NMA – NO <= 0 Brecha mínima</p>



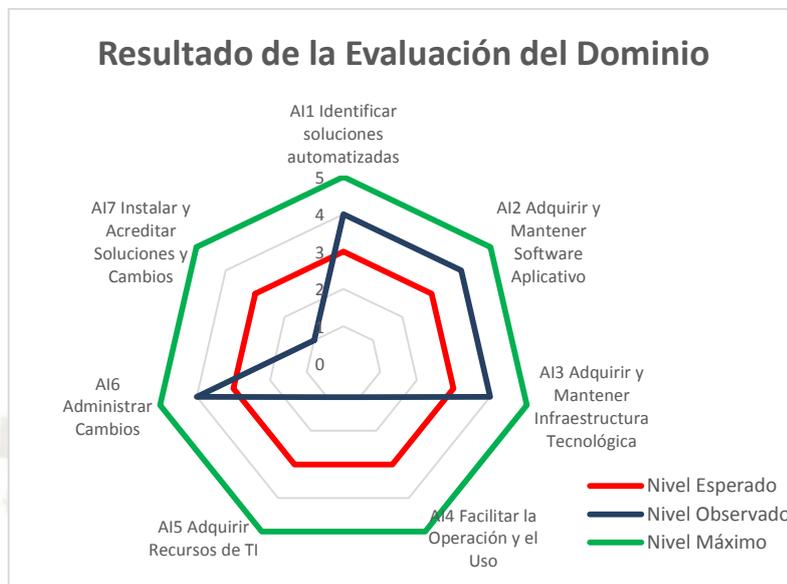
7	<ol style="list-style-type: none"> 1. Entrenamiento. 2. Plan de pruebas. 3. Plan de implementación. 4. Ambiente de pruebas. 5. Conversión de sistemas y datos. 6. Pruebas de cambios 7. Prueba de aceptación. 8. Puesta en producción. 9. Revisión post Implantación. 	<ul style="list-style-type: none"> - El productor capacitara a un proveedor local en la instalación, mantenimiento y soporte. Así mismo realizara capacitación remota a los operadores y supervisores durante la implementación. - Cada unidad que tenga la tecnología pasara las pruebas de funcionamiento antes de iniciar sus operaciones. - La instalación de la tecnología será realizará en una unidad piloto, si la tecnología cumple con las pruebas realizadas la tecnología será implantada en el resto de la flota. - El ambiente de prueba será el trayecto que una unidad recorre diariamente. - La información de las incidencias de las unidades se continuará haciendo mediante el sistema actual. - Cada actualización de la tecnología deberá pasar una prueba de funcionamiento en una unidad piloto para posteriormente ser instalada en toda la flota. - Se realizará un seguimiento continuo del funcionamiento de la tecnología y del rendimiento de las unidades implantadas. 	3	1	Si NMA – NO = 2 Brecha moderada
---	--	--	---	---	--

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Se observa que los procesos: Adquirir y Mantener Infraestructura Tecnológica, Facilitar la Operación y el Uso, Adquirir Recursos de TI, Instalar y Acreditar Soluciones y Cambios, tienen brechas moderadas, que requieren un plan de acción para atender las debilidades encontradas.

Figura 15

Resultado de la Evaluación del Dominio



Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Los procesos Adquirir y Mantener Infraestructura Tecnológica, Adquirir Recursos de TI, Facilitar la Operación, Instalar y Acreditar Soluciones y Cambios, no logran el pasar el nivel esperado, por los que requieren un Plan de Acción para atender las debilidades encontradas.

4.2.6.4 Planes de Acción Relacionados a la Tecnología Sensores a Bordo

De acuerdo a la evaluación del punto previo, los planes de contingencia presentados en la tabla 51 serán implementados para atender las siguientes debilidades encontradas:

- Adquirir y Mantener Infraestructura Tecnológica
- Adquirir Recursos de TI
- Facilitar la Operación
- Instalar y Acreditar Soluciones y Cambios

Tabla 51

Planes de acción para sensores a bordo del vehículo

Plan de Acción	Proceso	Descripción	Actividades
1	Adquirir y Mantener Infraestructura Tecnológica	Importación de Tecnología	<ul style="list-style-type: none"> - Compra de Tecnología a proveedor reconocido - Carta Fianza durante el periodo de garantía - Capacitación al personal de mantenimiento de neumáticos de la empresa caso de estudio
2	Facilitar la operación y utilización	Transferencia de conocimiento al personal de operativo y soporte.	<ul style="list-style-type: none"> - Capacitación a los operadores, supervisores y personal de mantenimiento de neumáticos.
3	Adquisición de recursos de tecnología de información	Administración de contratos con proveedores	<ul style="list-style-type: none"> - Contrato y fianza de fiel cumplimiento durante el periodo de Garantía - Garantía del funcionamiento, soporte y mantenimiento durante el periodo de vida de la tecnología
4	Instalar y certificar soluciones y cambios	Capacitación y Entrenamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Además de la capacitación a los operadores, supervisores y personal de mantenimiento se debe acordar con el proveedor capacitación remota a los operadores y supervisores durante la implementación.

Fuente: Elaboración Propia.

4.2.6.5 Nivel de Mitigación de Accidentes Aplicando Tecnologías ITS

Como se muestra en la tabla 42, el número de accidentes por choques que serán mitigados con la implementación de sensores a bordo y CCTV son 8.

La cantidad de accidentes por neumáticos que serán mitigados con la implementación de sensores de presión y temperaturas son 7, siendo un total de 15 los accidentes mitigados.

El nivel de mitigación de accidentes obtenidos en la tabla 52, es el resultado de los accidentes que se evitarían al ser implementadas las tecnologías. Este fue calculado utilizando la siguiente formula:

$$\text{Nivel de Mitigación de Accidentes} = \frac{\text{Accidentes eliminando o mitigando su causa}}{\text{Cantidad Total de Accidentes}}$$

$$\text{Nivel de Mitigación de Accidentes} = \frac{15}{20}$$

$$\text{Nivel de Mitigación de Accidentes} = 75\%$$

$$\text{Nivel de Mitigación de Accidentes (Choque)} = \frac{8}{20}$$

$$\text{Nivel de Mitigación de Accidentes (Choque)} = 40\%$$

$$\text{Nivel de Mitigación de Accidentes (Neumático)} = \frac{7}{20}$$

$$\text{Nivel de Mitigación de Accidentes (Neumatico)} = 35\%$$

El nivel de mitigación de accidentes por choque es de 40% mientras que el nivel de mitigación de accidentes por neumáticos es de 35%.

Tabla 52

Nivel de eliminación o mitigación de accidentes aplicando Tecnologías ITS

Tipo De Accidentes	Causas de accidentes	Cantidad	Tecnología a Implementar	Nivel %
Choque	Imprudencia del Operador	8	sensores a bordo de Vehículos (sensor de Proximidad o de estacionamiento)	40%
Neumático	Falla mecánica Sobre Calentamiento Falta de Presión	7	Sensor de Presión y Temperatura	35%
Caída al bajar	Otros (Factor Humano)	3	No aplica ninguna ITS del Perú	0%
Volcadura	Otros (Factor Humano)	1	No aplica ninguna ITS del Perú	0%
Despiste	Otros (Factor Humano)	1	No aplica ninguna ITS del Perú	0%
Total		20		

Fuente: Elaboración Propia.

4.2.7 Evaluación Económica de la Aplicación de las Tecnologías ITS Seleccionadas

Para la evaluación económica de las tecnologías se tomó como variables los costos de instalación y adquisición, así como las pérdidas económicas debido a los accidentes sufridos por las unidades.

Para determinar la rentabilidad de la inversión en las tecnologías propuestas se utilizó los indicadores financieros VAN y TIR, con una tasa del 10%. Esta es la más utilizada para este tipo de proyectos y también la utilizada por la empresa caso de estudio.

4.2.7.1 Costos de Adquisición e Instalación

4.2.7.1.1 Sistema CCTV y Sensores de Retroceso

- **Tiempos de instalación:** Los tiempos de instalación estimados por un proveedor local especializado en dichas tecnologías son los presentados en la tabla 53.

Tabla 53

Tiempo de instalación del sistema CCTV y los sensores de retroceso

Descripción de la partida	Horas
Instalación sensor a bordo	1
Pruebas	1
Certificación	1
Total	3

Fuente: Elaboración Propia.

- **Costos de Instalación:** Los costos de instalación estimados por un proveedor local especializado en la instalación de estas tecnologías son los presentados en la tabla 54.

Tabla 54

Costos de instalación del sistema CCTV y los sensores de retroceso

Descripción de la partida	Costo
Sistema de sensores de estacionamiento trasero para camiones con 4 sensores	135
Instalación (10 dólares la hora)	30
Costo de Equipo e instalación por unidad	165
Costo Total Flota US\$	4,950

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: La información de los costos se han tomado de las cotizaciones de los proveedores de la tecnología

4.2.7.1.2 Sensores de Presión y Temperatura

- **Tiempo de Instalación:** Los tiempos de instalación han sido estimados por un proveedor local especializado en esta tecnología, los que se detallan en tabla 55.

Tabla 55

Tiempo de instalación de los sensores de presión y temperatura

Descripción de la partida	Horas
Instalación sensor a bordo	3
Pruebas	1
Certificación	1
Total	5

Fuente: Elaboración Propia.

- **Costos de Instalación:** Los costos de instalación han sido estimados por un proveedor local especializado en la instalación de estas tecnologías, los cuales se detallan en la tabla 56.

Tabla 56

Costos de instalación de los sensores de presión y temperatura

Descripción de la partida	Precio
Paquete de 10 sensores para neumáticos inalámbricos	200
Pantalla	50
Instalación (10 dólares por hora)	50
Costo por Unidad	300
Costo Total Flota US\$	9,000

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: La información de los costos se han tomado de las cotizaciones de los proveedores de la tecnología.

4.2.7.2 Pérdidas Económicas por Accidentes.

La estimación para las pérdidas económicas en la totalidad de la flota mostrados fue realizada tomando en cuenta tanto el costo por los daños como el tiempo de para por cada unidad accidentada. En la tabla 57 se estimaron las pérdidas económicas por choque. Mientras que en la tabla 58 se estimaron las pérdidas económicas para los neumáticos que quedarían inservibles en los años 2018 y 2019.

- **Pérdidas por Choques**

Tabla 57

Pérdidas económicas por choque

Descripción de la partida	Costos
Cambio de parachoques	455
Reparación de muro y unidad	758
Cambio de parachoques y reparación de carreta	636
Reparación de parachoques y poste	697
Reparación de parachoques	300
Cambio de Faro posterior	182
Reparaciones luces de tracto	152
Cambio de Parachoques y mica de faro delantero	530
Costo de parada de unidad por reparación	2,304
Total años 2018 y 2019	6,014
Promedio por año	3,007

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Las unidades utilizadas por la empresa caso de estudio transportan 57.6 toneladas de concentrado de cobre, el costo de transporte por toneladas es de US\$ 10 y realizan 4 viajes en un día.

Para el cálculo para determinar las perdidas por los choques, son los incurridos por las reparaciones y que no son cubiertos por las pólizas de seguros.

- **Pérdidas por Neumáticos**

Tabla 58

Pérdidas por Neumáticos

Descripción de la partida	Precio
Costo de Llanta	1,052
Número de Llantas Perdidas año 2018 y 2019	7
Perdida de una vuelta	576
Total de Perdida de llantas	11,396
Promedio anual	5,698

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: Para el cálculo de pérdidas por llantas que quedan en estado inservible después de un incidente, se utilizó el costo de reposición de la llanta.

No se ha incluido los costos por cambio de llanta porque es parte de las funciones del personal de mantenimiento.

4.2.7.3 Cálculo del Valor actual Neto y Tasa interna de Retorno

4.2.7.3.1 Sistema CCTV y sensores de retroceso

Para el cálculo del VAN y la TIR se utilizó una tasa de interés del 10%, ya que es la utilizada por la empresa caso de estudio para sus inversiones. Siendo la inversión el costo de adquisición e instalación del sistema CCTV y los sensores de retroceso. Así mismo los flujos de dinero son los costos de las pérdidas por los accidentes que se eliminarán aplicando estas tecnologías.

Los cálculos se realizaron en el software Excel utilizando sus funciones VAN y TIR. Los resultados son los presentados en la tabla 59.

Tabla 59

VAN y TIR del sistema CCTV y sensores de retroceso

Periodo	Flujo de Dinero
0	-4,950
1	3,007
2	3,007
3	3,007
4	3,007
5	3,007

VAN US\$	6,449
TIR	54%

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: El valor actual neto de la inversión en este momento es 6,449 dólares. Como es positiva, conviene realizar la inversión.

La TIR es de 54%, se acepta el proyecto de inversión porque es superior a la tasa mínima de rentabilidad esperada.

4.2.7.3.2 Sensores de presión y temperatura:

Para el cálculo del VAN y la TIR se utilizó una tasa de interés del 10%, ya que es la utilizada por la empresa caso de estudio para sus inversiones. Siendo la inversión, el costo de adquisición e instalación de los sensores de presión y temperatura en los neumáticos. Así mismo los flujos

de dinero son los costos de las pérdidas por los accidentes que se eliminarán aplicando estas tecnologías.

Los cálculos se realizaron en el software Excel utilizando sus funciones VAN y TIR. Los resultados son los presentados en la tabla 60.

Tabla 60

VAN y TIR de los sensores de presión y temperatura

Periodo	Flujo de Dinero
0	9,000
1	5,698
2	5,698
3	5,698
4	5,698
5	5,698

VAN US\$	12,600
TIR	57%

Fuente: Elaboración Propia.

Nota: El valor actual neto de la inversión en este momento es 12,600 dólares. Como es positiva, conviene realizar la inversión.

La TIR es de 57%, se acepta el proyecto de inversión porque es superior a la tasa mínima de rentabilidad esperada.

4.2.8 Comprobación Estadística de la Eliminación o Mitigación de Accidentes

La comprobación estadística se realizó mediante el método chi-cuadrado, para aceptar o rechazar la Hipótesis nula. Se utilizará el 100% de los datos proporcionados por la empresa caso de estudio.

Para tener la información esperada se aplicó una encuesta de opinión a los operadores, como se muestra en el anexo 7. Tanto el tamaño de la muestra, como los resultados de la encuesta a los operadores se encuentran adjuntos en el anexo 8.

El método chi-cuadrado requiere establecer una hipótesis nula y una hipótesis alterna. Los resultados determinarán cuál de las dos hipótesis, es la aceptada.

- **Hipótesis Nula (H0):** No existe una relación entre las causas de accidentes y la mitigación de accidentes mediante la aplicación de tecnologías ITS de Perú.
- **Hipótesis Alterna (HA):** Existe una relación entre las causas de accidentes y la mitigación de accidentes mediante la aplicación de tecnologías ITS de Perú.

Los datos con los que se cuentan son ingresados a la tabla 61, tabla de valores observados. Estos datos son el número de accidentes observados y el número de accidentes esperados por los operadores según la encuesta del anexo 7.

Tabla 61

Tabla de valores Observados

Causas	Accidentes		Total
	Actual	Según Encuesta	
Imprudencia del Conductor	8	1	9
Sobre Calentamiento	3	1	4
Falta de Presión	2	1	3
Falla Mecánica	2	1	3
Factor Humano	5	4	9
	20	8	28
	0.71	0.29	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 62 se calculó las frecuencias esperadas. Estas son las frecuencias que debieran darse si las variables fueran independientes, es decir, si fuera cierta la hipótesis nula.

Tabla 62

Tabla de Valores Esperados

Causas	Accidentes		Total
	Actual	Según Encuesta	
Imprudencia del Conductor	6.43	0.29	6.71
Sobre Calentamiento	2.86	0.29	3.14
Falta de Presión	2.14	0.29	2.43
Falla Mecánica	2.14	0.29	2.43
Factor Humano	6.43	1.14	7.57
	20	2	22.29

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 63 se calculó el chi-cuadrado, el cual compara las frecuencias observadas con las frecuencias esperadas.

Tabla 63

Tabla de Valores Absolutos

Causas	Accidentes	
	Actual	Según Encuesta
Imprudencia del Conductor	0.38	1.79
Sobre Calentamiento	0.01	1.79
Falta de Presión	0.01	1.79
Falla Mecánica	0.01	1.79
Factor Humano	0.32	7.14
Total	0.73	14.29

Fuente: Elaboración Propia.

Los siguientes cálculos se realizaron en la hoja de cálculo Excel y las fórmulas a utilizar son las siguientes:

- Grados de libertad = $(N^{\circ} \text{Columnas} - 1) + (N^{\circ} \text{filas} - 1)$
- Chi-tabla = Según Anexo 9 para un nivel de error de 0.05%.
- P (probabilidad) = Función PRUEBA.CHI de la hoja de cálculo, Excel.
- Chi prueba = Función PRUEBA.CHI.INV de la hoja de cálculo, Excel.

Finalmente se utilizó la tabla 64 para comparar los resultados obtenidos por el método chi-cuadrado con los valores chi-tabla. Con lo cual se lograra aceptar o rechazar la hipótesis nula. Los valores de chi-tabla son los establecidos en la tabla adjunta en el anexo 9.

Tabla 64

Resultados del método estadístico chi-cuadrado

Grados de Libertad	4
Chi-Tabla	9.488
p (probabilidad)	0.005
Chi-Prueba	15.0135

Fuente: Elaboración Propia.

Según lo recomendado en la tabla 30 ubicada en el capítulo III, cuando la probabilidad obtenida es menor a 0.05, existe una fuerte evidencia en contra de la hipótesis nula. Los resultados obtenidos muestran que Chi-prueba (15.0135) es mayor que Chi-tabla (9.488) por lo cual la hipótesis nula es rechaza y la hipótesis alterna aceptada. Existe un 99.5% de nivel de confianza que el mismo resultado será obtenido si se repite el estudio

Conclusiones

- 1) La mejora de la seguridad del transporte de concentrado de cobre para el caso de estudio, se logra aplicando las tecnologías CCTV y sensores a bordo de vehículos (sensores de proximidad, sensores de presión y temperatura). Las cuales son parte de los sistemas ITS de Perú y a su vez eliminan las causas de los principales accidentes: la imprudencia del operador y las fallas mecánicas.
- 2) Se ha determinado que para el caso de estudio las causas de los accidentes más frecuentes en el transporte de concentrado de cobre son la imprudencia del operador y las fallas mecánicas. Representando el 40% la imprudencia del operador y el 35% las fallas mecánicas.
- 3) Se ha determinado que la aplicación de las tecnologías de los sistemas ITS de Perú, CCTV y sensores de retroceso, eliminarán los accidentes por imprudencia del operador. Mientras que los sensores de presión y temperatura en los neumáticos eliminarán los accidentes por falla mecánica.
- 4) Se ha determinado que económicamente la aplicación de las tecnologías de los sistemas ITS de Perú como son los CCTV y sensores a bordo de Vehículos (sensor de retroceso, Sensores de Presión y temperatura) son viables.

El VAN de implementación del sistema CCTV y los sensores de retroceso es de US\$ 6,449 y una TIR de 54%. Con lo cual se logrará eliminar los accidentes por imprudencia del operador

El VAN de la aplicación de Sensor de Presión y temperatura, es de US\$ 12,600 y una TIR de 57%. Con lo cual se logrará eliminar los accidentes por falla mecánica.
- 5) La hipótesis de este trabajo de investigación de: “Es posible mejorar la seguridad del transporte vehicular de concentrado de cobre en el tramo de la carretera Arequipa-Matarani, eliminando o mitigando causas de accidentes, aplicando las tecnologías existentes de los sistemas ITS de Perú.” ha sido validada con los resultados obtenidos

como es el nivel de eliminación o mitigación de causas de accidentes y en la prueba estadística.

6) En cuanto a las variables de la dimensión Accidentabilidad se concluye que:

- Cada 337,260 kilómetros recorridos hay 1 accidente.
- El 33% de las unidades ha sufrido un accidente anualmente.
- El 9% de los operadores ha sufrido un accidente.
- Los accidentes con mayor recurrencia son: choque y neumáticos.
- Las causas de accidentes con mayor recurrencia son Imprudencia operador y falla mecánica.

7) En cuanto a las variables de la dimensión Eficiencia de la utilización de las tecnologías ITS del Perú se concluye que: Nivel de Eliminación o Mitigación de causas de accidentes por imprudencia del operador será del 40% y del 35% por falla mecánica.

En cuanto al costo-beneficio de la aplicación de las tecnologías, el VAN y la TIR calculados para la implementación de las tecnologías ITS seleccionadas, demuestran su rentabilidad.

8) Se ha comprobado estadísticamente que la correlación entre accidentes y causas hay una correlación perfecta (1), entonces si se eliminan las causas de accidentes se eliminarán o mitigarán los accidentes.

9) Se ha comprobado estadísticamente la hipótesis del presente trabajo porque el Chi-Prueba (15.0135) calculado es mayor que Chi-tabla (9.488).

Recomendaciones

1. Utilizar la presente investigación como piloto para el desarrollo de nuevas investigaciones orientadas a las empresas de transporte de concentrado de cobre combinando diversos tipos de ITS y Tecnologías de la Información y comunicación ampliando así el uso y aplicación de nuevas tecnologías en las unidades vehiculares.
2. implementar capacitaciones gratuitas sobre ITS por parte del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Para profundizar el conocimiento de este a nivel de empresas e instituciones de transporte, con la finalidad de la cooperación y contribución de los distintos participantes.
3. A las empresas de transporte, utilizar el modelo propuesto en la presente investigación para mitigar o eliminar incidencias o accidentes.
4. Las tecnologías evaluadas deben ser actualizadas periódicamente, debido a que con el avance tecnológico se crean nuevas tecnologías y otras quedan obsoletas.
5. Se recomienda a los estudiantes de la escuela profesional de ingeniería de minas realizar investigaciones tomando como base los sistemas Inteligentes de Transporte del Perú, desde el punto de vista de los usuarios, así como también de las empresas de transporte públicas y privadas; debido a que actualmente existe escasa información y publicaciones (libros, tesis, artículos, etc.) acerca de este tipo de sistemas.

Referencias

- Agreda M. (2016). *Modelo para la evaluación del nivel de capacidad de los procesos de TI, mediante el marco de referencia COBIT PAM. Caso de estudio empresa Deltron SA – Sucursal Piura*. Tesis, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque. Recuperado de: <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/4634/BC-TES-3454%20AGREDA%20ABANTO.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Barfield, W. y Dingus, T. (1997). *Human Factors in Intelligent Transportation Systems*. Psychology Press.
- Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos de Madrid (2003). *Libro Verde de los sistemas inteligentes de transportes*. Autoedición.
- García, I., Hernandez-Jayo, U., Onieva, E. y Perallos, A. (2015). *Intelligent Transport Systems: Technologies and Applications*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Ghosh, S., Lee, T. (2010). *Intelligent Transportation Systems: Smart and Green Infrastructure Design*. CRC Press.
- Huamancayo, C. (2012). *Análisis Y Evaluación De Tramos De Concentración De Accidentes De Tránsito Y Propuesta De Mitigación En La Vía Libertadores - Ayacucho*. Tesis, Universidad Nacional De Ingeniería - Facultad De Ingeniería Civil, Lima. Recuperado de: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1334/1/huamancayo_qc.pdf
- IT Governance Institute (2007). *Cobit 4.1*. Illinois, Estados Unidos de América. Recuperado de: <https://biblioteca.info.unlp.edu.ar/uploads/docs/cobit.pdf>
- Ministerio de transportes y comunicaciones (2014). *Informe N° 6: Plan maestro ITS, Desarrollo de la Arquitectura y Plan de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) de*

Perú. Recuperado de:

https://portal.mtc.gob.pe/estadisticas/files/estudios/Informe_6 ITS.pdf

Ortiz, M.C. (2010). *Los Sistemas Inteligentes de Transporte. Su aplicación a los modos terrestre, marítimo y aéreo*. Centro de Publicaciones Secretaria General Técnica Ministerio de Fomento.



Anexos

Anexo 1 Matriz de Consistencia

Título del plan de tesis	Problema general	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores	Metodología	Instrumentos de recolección de datos
Evaluación y selección de tecnologías de los sistemas inteligentes de transporte (ITS Perú) para mejorar la seguridad del transporte de concentrado de cobre, eliminando o mitigando causas de accidentes, en la carretera Arequipa-Matarani periodo 2018-2019	<p>Problema principal ¿Cómo la aplicación de las tecnologías existentes de los sistemas ITS de Perú puede eliminar o mitigar las causas de accidentes en el transporte de concentrado de cobre?</p> <p>Problemas específico ¿Cuáles son las causas de los accidentes? ¿Cuáles son las tecnologías existentes de los sistemas ITS de Perú ayudarían a reducir accidentes?</p>	<p>Objetivo Principal Evaluar técnica y económicamente y seleccionar las tecnologías existentes de los sistemas ITS de Perú que puedan eliminar o mitigar las causas de accidentes en el transporte de concentrado de cobre, para así mejorar la seguridad del proceso.</p> <p>Objetivos Específicos Determinar las causas más frecuentes de los accidentes en el transporte de concentrado de cobre, basado en los registros de las empresas de transportes.</p>	Es posible mejorar la seguridad del transporte vehicular de concentrado de cobre en el tramo de la carretera Arequipa-Matarani, eliminando o mitigando causas de accidentes, aplicando las tecnologías existentes de los sistemas ITS de Perú.	<p>Variable independiente (X) Las tecnologías de los sistemas ITS de Perú para la eliminación y/o mitigación de causas de accidentes en el transporte de concentrado de cobre, en el tramo Arequipa-Matarani.</p> <p>Variable dependiente (Y) La seguridad del transporte vehicular de concentrado de cobre, en el tramo de la carretera Arequipa-Matarani.</p>	<p>Tipo de Investigación De acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación, es cuantitativa y transversal.</p> <p>Nivel de la Investigación La presente investigación reúne las condiciones metodológicas de una investigación Exploratoria.</p> <p>Método de la Investigación Se utilizará el método analítico y explicativo para determinar las limitaciones del transporte terrestre de minerales y las tecnologías emergentes que ayudaran a mitigar o eliminar los riesgos y restricciones.</p> <p>Diseño de la investigación El Diseño propuesto para este trabajo será experimental, se evaluará que tecnologías emergentes que ayuden a mitigar y/o eliminar las restricciones y riesgos del transporte.</p>	<p>Técnicas: análisis documental y entrevistas</p> <p>Instrumentos: Fichas de Resumen. Fichas Textuales. Recolección de Datos. Guía de Entrevistas.</p> <p>Fuentes: Bibliografía sobre comunicaciones radiales satelitales y otras tecnologías. Normativas y Documentos. Internet. Otras Instituciones. Funcionarios de la empresa de transporte.</p>

		<p>Determinar las tecnologías existentes de los sistemas ITS de Perú que eliminen o mitiguen cada una de las diferentes causas más frecuentes en el transporte de concentrado de cobre.</p> <p>Evaluar la eficiencia de la utilización de las tecnologías de los sistemas ITS de Perú en la mitigación o eliminación de las causas de los accidentes.</p> <p>Evaluar costos de las diferentes las tecnologías existentes de los sistemas ITS de Perú que ayuden a mitigar y eliminar las causas de accidentes.</p>				
--	--	--	--	--	--	--

Anexo 2 Índice de Participación en Accidentes de Tránsito (ipa)

Empresas de transporte de carga y mercancías año 2013

Nº	EMPRESAS DE TRANSPORTE DE CARGA Y MERCANCÍAS	CANT. DE ACC. (A)	M	H	FLOTA	IPA(1)
1	ALVARADO HEREDIA SULEMA	1	11	40	1	84.0
2	SOMOS DE CONSTRUCCIÓN S.R.L.	1	6	2	1	26.0
3	EMPRESA DE SERVICIOS EXPRESO NORTEÑO S.A.C.	1	3	27	2	19.5
4	COBA ARRIBASPLATA YOLANDA VIOLETA	1	4	3	1	19.0
5	TANTAQUILLA LOPEZ ALEJANDRO	1	1	15	1	19.0
6	QUIRITA PAREJA GUIDO	1	3	6	1	18.0
7	PERCY MUÑOZ OROSCO	1	1	14	1	18.0
8	VILLANUEVA MARTINEZ AGUSTIN	1	0	17	1	17.0
9	TRANSPORTES CONAR S.A.C. - TRANSCONAR S.A.C.	1	7	50	5	15.6
10	CHAMBI CHUQUICALLATA NILDA	1	2	7	1	15.0
11	AMERICA DEL SUR CARGO SOCIEDAD ANONIMA CERRADA	1	0	15	1	15.0
12	MARAZA BELTRAN LOURDES	1	3	0	1	12.0
13	TAIPE LANDEO FELIPE	1	1	8	1	12.0
14	SURTIDORES ACOSTA E.I.R.L.	1	2	2	1	10.0
15	LEDEZMA ALTAMIRANO LUIS RICARDO	1	0	9	1	9.0
16	VICOTRANSP WR4 S.A.C.	1	0	9	1	9.0
17	MAYORCA ZAVALA MODESTO JULIO	1	2	0	1	8.0
18	REBLOCK S.C.R.LTDA.	1	1	4	1	8.0
19	SANCHEZ LAZO JULIO CESAR	1	1	4	1	8.0
20	ZANABRIA MENDOZA FERNANDO PATRICIO	1	1	4	1	8.0
21	JARA TRUJILLO CESAR WILMER	1	3	3	2	7.5
22	COMERCIAL SERVICOMP E.I.R.L.	1	1	11	2	7.5
23	TRANSPORTES E INVERSIONES QUISPE S.A.C.	1	3	2	2	7.0
24	CONDORI QUISPE MARCO ANTONIO	1	1	3	1	7.0
25	TRANSPORTES HUGO GUTIERREZ E.I.R.L.	1	1	3	1	7.0

Nº	EMPRESAS DE TRANSPORTE DE CARGA Y MERCANCÍAS	CANT. DE ACC. (A)	M	H	FLOTA	IPA(1)
26	IMPORT HU COMPANY E.I.R.L.	1	0	14	2	7.0
27	AYRA RODRIGUEZ TEOFILLO CASARETO	1	0	7	1	7.0
28	TORRES JIMENEZ CESAR AGUSTIN	1	0	7	1	7.0
29	NORTH OIL SERVICES S.A.C.	1	3	1	2	6.5
30	ALHUAY MARQUINA PERCY BITALIANO	1	3	0	2	6.0
31	CALVAY BARRIOS JORGE	1	1	2	1	6.0
32	HUAMAN QUISPE NAZARIO ARTEMIO	1	1	2	1	6.0
33	PEREZ BALDOCEDA EDSON JULIO	1	0	6	1	6.0
34	RAMIREZ RAMIREZ SEBASTIAN FIDEL	1	0	6	1	6.0
35	TRANSPORTES MELCHORITA & ASOCIADOS SAC	1	4	1	3	5.7
36	INVERSIONES FERRE ELECTRICOS S.R.L.	1	5	13	6	5.5
37	CERES IMPORT EXPORT E.I.R.L.	1	9	0	7	5.1
38	TRANSPORTES GERALD HERMANOS E.I.R.L.	1	2	12	4	5.0
39	AROQUIPA ORTIZ CEFERINA	1	1	1	1	5.0
40	CORPORACION ROOTS S.A.	1	1	1	1	5.0
41	TRANSPORTES & SERVICIOS DAVILA E.I.R.L.	1	1	1	1	5.0
42	MEDINA BENDEZU OSCAR	1	0	5	1	5.0
43	SANCHEZ GARFIAS JUAN JOSE	1	0	5	1	5.0
44	CORPORACIÓN MARCOS CUEVA E HIJOS S.A.C.	2	2	1	4	4.5
45	GOBIERNO PROVINCIAL DE CHICLAYO	1	3	10	5	4.4
46	CHOQUE LUPACA QUINTIN	1	2	0	2	4.0
47	ARIAS HOLANDA JORGE ARMANDO	1	1	4	2	4.0
48	AGUILAR MIGUEL LUIS ORLANDO	1	1	0	1	4.0
49	ARMAS ARMAS MARIA ISOLINA	1	1	0	1	4.0
50	BERNABÉ QUISPE BERTHA REGINA	1	1	0	1	4.0

Fuente: tomado de: “Índice de participación en accidentes de tránsito (IPA) empresas de transporte de carga y mercancías” por la Superintendencia de Transporte Terrestre de. Personas, Carga y Mercancías, 2013.

Nota: índice de participación en accidentes de tránsito (IPA), creado según directiva N°. 002-2005-mtc/15, aprobada mediante resolución directoral N°. 6253-2005-mtc/15, donde a=cantidad de accidentes, m=fallecidos, h=heridos, flota= cantidad de vehículos habilitados por empresa. Flota de empresas de transporte de mercancías actualizado a marzo 2014 de acuerdo al registro del MTC.

Resumen

Cantidad de Accidentes	51
Muertes	100
Heridos	357
Flotas	86

Fuente: tomado de: “Índice de participación en accidentes de tránsito (IPA) empresas de transporte de carga y mercancías” por la Superintendencia de Transporte Terrestre de. Personas, Carga y Mercancías, 2013. Elaboración Propia.

Anexo 3 Accidentes de Tránsito a Nivel Nacional: 2008

Año: 2012 - 2018 y Bimestre: 2018

Año / Bimestre	Total	Tipo de accidente				
		Atropello 1/	Choque 2/	Volcadura	Caida de pasajero	Otros 3/
Información Anual						
2012	121 621	24 814	21 825	1 445	4 098	69 439
2013	118 809	22 624	35 203	1 387	3 836	55 759
2014	123 786	24 574	31 881	1 384	4 752	61 195
2015	117 048	21 772	31 430	1 091	4 800	57 955
2016	116 659	21 602	33 385	1 336	4 210	56 126
2017	107 913	19 901	30 045	1 072	4 098	52 797
2018	90 056	15 973	49 278	1 253	2 297	21 255
Información Bimestral						
2018						
Ene - Feb	13 283	2 298	7 255	184	373	3 173
Mar - Abr	15 009	2 762	8 091	225	397	3 534
May - Jun	15 796	2 950	8 523	214	378	3 731
Jul - Ago	15 254	2 669	8 411	208	352	3 614
Set - Oct	15 194	2 633	8 560	203	399	3 399
Nov - Dic	15 520	2 661	8 438	219	398	3 804
Variación Absoluta						
Nov - Dic 2018 / Set - Oct 2018	326	28	-122	16	-1	405

Fuente: Tomado de: “Estadísticas de Seguridad Ciudadana setiembre 2018 - febrero 2019”, por el Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2019.

Anexo 5 Base de Datos de Accidentes.

Fecha	Descripción	Tipo de Accidente	Causa	Unidad	Operador
26/02/2018	El operador 6, conducía la unidad N° 30 con dirección a planta Concentradora antes de llegar a zona de carga, el operador pierde el control de la unidad	Volcadura	Otros	30	6
2/04/2018	El Operador 72 estaciona la unidad 40 en el grifo para abastecer combustible, percibe un fuerte olor a quemado, al inspeccionar la unidad debajo de la cabina se percata de una llama de fuego que sofoca utilizando el extintor de la carreta.	Neumático	Falla Mecánica	40	72
1/05/2018	En momentos que el operador 66 libera los frenos para avanzar, la unidad retrocede e impacta a la unidad posterior.	Choque	Imprudencia del operador	44	66
20/06/2018	El operador 39 al realizar la acción de descender de la unidad 68 pierde el equilibrio y se precipita al suelo	Caída al bajar	Otros	68	39
5/07/2018	La unidad N° 69 en el momento del retroceso impacta contra el muro en el parqueo ocasionado daño al parachoques	Choque	Imprudencia del operador	69	81
28/08/2018	La llanta delantera de la unidad 62 pierde presión de manera repentina.	Neumático	Falla Mecánica	62	57
13/09/2018	El operador 30 queda colgado de los brazos al momento de bajar de la unidad 72	Caída al bajar	Otros	72	30
3/10/2018	Dos llantas del semirremolque de la unidad 72 revientan en km 29 Unidad conducida por el operador 24	Neumático	Falla Mecánica	72	24
20/11/2018	El Operador 24 cuando descendía de la unidad 61 resbala de la pisadera y producto del resbalón se lesiona mano izquierda y golpea la cabeza	Caída al bajar	Otros	61	24
29/12/2018	La unidad 73 conducida por el operador 24, cuando se estacionaba la unidad en retro impacto con la unidad 71	Choque	Imprudencia del operador	73	24
27/03/2019	Cuando la unidad N°67 conducida por el operador 54 se desplazaba hacia la zona de transferencia sufre desprendimiento del neumático del eje rebatible.	Neumático	Falla Mecánica	67	54
8/05/2019	La unidad 38 en el retroceso para estacionamiento impacta el parachoque de la carreta con poste de iluminación.	Choque	Imprudencia del operador	38	27
9/04/2019	Perforación de neumático por arrastre contra el asfalto, en la unidad N°54.	Neumático	Falla Mecánica	54	27
6/05/2019	Incendio en un neumático del ultimo eje de la unidad 65	Neumático	Falla Mecánica	65	84
24/06/2019	El operador 18 pierde la concentración y la conducción de la unidad 33 al intentar beber agua de una botella produciéndose un impacto entre el vehículo y la berrera de protección.	Choque	Imprudencia del operador	33	18

2/07/2019	La unidad 66 cuando transitaba con dirección a la planta vuela la llanta posición 07, al estacionarse vuela otra llanta de la posición 6.	Neumático	Falla Mecánica	66	48
26/08/2019	El operador 66 al momento de retroceder para estacionarse, impacta poste de alumbrado, abollando el soporte de luces de la unidad	Choque	Imprudencia del operador	74	66
22/11/2019	El operador 12 conduciendo la unidad 75 aplasta un cilindro de residuos orgánicos cuando retrocedía malogrando las luces de tracto	Choque	Imprudencia del operador	75	12
28/11/2019	Cuando procedía a iniciar marcha en la unidad N° 68 en la zona de parqueo impacta con la unidad N°66 que se encontraba estacionada, doblándose el parachoques de ambas unidades y rotura de faro delantero izquierdo.	Choque	Imprudencia del operador	68	75
27/12/2019	El operador 57 conduciendo la unidad 58 hacia la zona de transferencia se sale de la pista hacia la cuneta dañando aros y cuatro neumáticos	Despiste	Otros	58	57

Fuente: Empresa caso de estudio. Elaboración propia.



Anexo 6 Modelo de Entrevista para Recolección de Datos.

ENTREVISTA AL ENCARGADO DE TRANSPORTE EMPRESA CASO DE ESTUDIO

Esta entrevista tiene como objetivo conocer como se gestionan los accidentes en su empresa

¿Cuáles son los productos o materiales que transportan?

Tu respuesta

¿Han tenido accidentes o incidentes en sus servicios de transporte?

Tu respuesta

¿Han tenido accidentes o incidentes en sus servicios de transporte?

Tu respuesta

¿Cual Impacto de los accidentes en sus servicios de transporte?

Tu respuesta

¿Tiene Registros de accidentes o incidentes?

Tu respuesta

¿Realizan análisis de causas de los accidentes o incidentes?

Tu respuesta

¿Aplican de tecnologías que les ayude a eliminar o mitigar accidente o incidentes?

Tu respuesta

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La encuesta se realizó de forma virtual utilizando la plataforma Google Forms.



Anexo 7 Encuesta sobre la aplicación de tecnologías ITS para la eliminación o mitigación de causas de accidentes

Esta encuesta de elaboración propia tiene como objetivo investigar si el uso de los sistemas inteligentes de transporte (ITS) puede ayudar a eliminar o mitigar las causas de los accidentes en la empresa caso de estudio. Los participantes en la encuesta serán los operadores de las unidades vehiculares.

Encuesta Uso de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) para la eliminación o mitigación de causas de accidentes

Esta Encuesta tiene como objetivo Investigar si el uso de los sistemas inteligente de transporte (ITS), pueden ayudar a eliminar o mitigar las causas de accidentes.

***Obligatorio**

¿Se evitaría choques por Imprudencia del conductor si se instalará un sistema de CCTV con sensores de retroceso? El sistema alertaría de choques con otra unidad estacionada o con otros objetos durante las maniobras de estacionamiento. En una escala de 0 a 5 indique en que nivel nos ayudaría la tecnología. *

- Nada útil
- Poco útil
- Indiferente
- Util
- Muy útil

Para accidentes causados por sobre calentamiento o perdida de presión en neumáticos.¿Nos ayudaría la instalación de sensores de presión y temperatura en neumáticos para alertar anomalías? En una escala de 0 a 5 indique en que nivel nos ayudaría la tecnología. *

- Nada útil
- Poco útil
- Indiferente
- Util
- Muy útil

Existen otros accidentes como caídas al bajarse, choques o despistes de la unidad. ¿Cree que las tecnologías ITS ayudarían a eliminar o mitigar este tipo de accidentes? En una escala de 0 a 5 indique en que nivel nos ayudaría la tecnología. *

- Nada útil
- Poco útil
- Indiferente
- Util
- Muy útil

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La encuesta se realizó de forma virtual, utilizando la plataforma de Google Forms.

Anexo 8 Resultados de la encuesta sobre el uso de Tecnologías ITS aplicada a los operadores

- Calculo del tamaño de la muestra

$$n = \frac{N \times Z_a^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z_a^2 \times p \times q}$$

En donde

N = tamaño de la población (operadores)	90
Z = nivel de confianza,	0.95
p = probabilidad de éxito, o proporción esperada	0.95
q = probabilidad de fracaso	0.05
d = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción).	0.05
Tamaño de la muestra	15

Fuente: Elaboración: propia.

Resultados de la encuesta

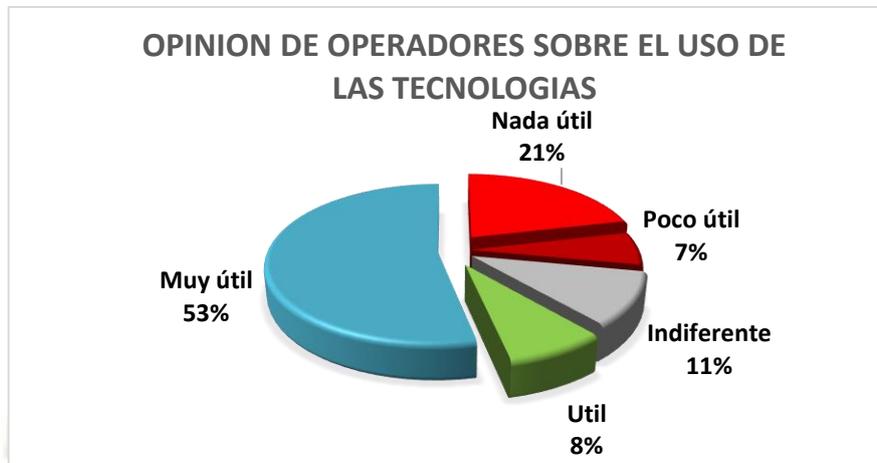
Causa \ Nivel	Imprudencia del Conductor	Sobre Calentamiento	Falta de Presión	Falla Mecánica	Factor Humano
Nada útil	1	2	1	2	10
Poco útil	0	0	1	1	3
Indiferente	2	0	3	1	2
Útil	0	2	2	2	0
Muy útil	12	11	8	9	0

Fuente: Elaboración: propia.

Nota: Muestra los resultados obtenidos de la encuesta realizada a operadores.

Figura 16

Opinión de operadores sobre el uso de las tecnologías



Fuente: Elaboración: propia.

Nota: El 53% de los encuestados opina que las tecnologías ITS serán útiles para la eliminación o mitigación de causas de accidentes, opinión que está alineada a la hipótesis del presente trabajo.

Figura 17

Imprudencia Conductor



Fuente: Elaboración: propia.

Nota: El 80% de los encuestados opina que las tecnologías ITS son muy útiles para eliminar o mitigar accidentes por causa de imprudencia del conductor.

Figura 18
Sobre Calentamiento

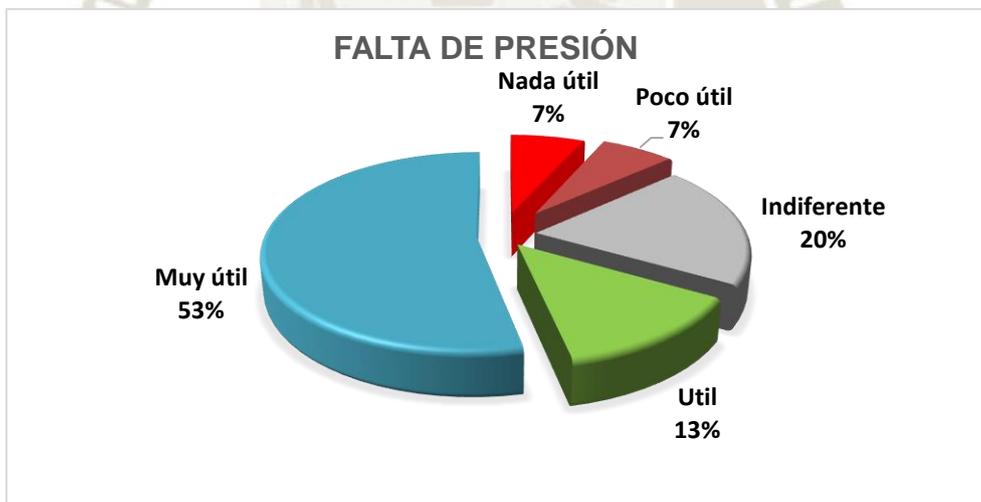


Fuente: Elaboración: propia.

Nota: El 73% de los encuestados opina que las tecnologías ITS son muy útiles para eliminar o mitigar accidentes por causa de sobrecalentamiento de neumáticos.

Figura 19

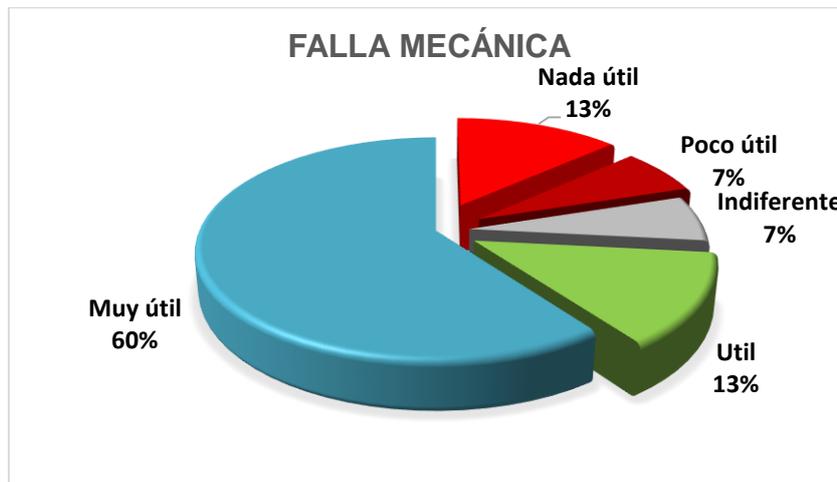
Falta de Presión



Fuente: Elaboración: propia.

Nota: El 53% de los encuestados opina que las tecnologías ITS son muy útiles para eliminar o mitigar accidentes por causa de falta de presión de neumáticos.

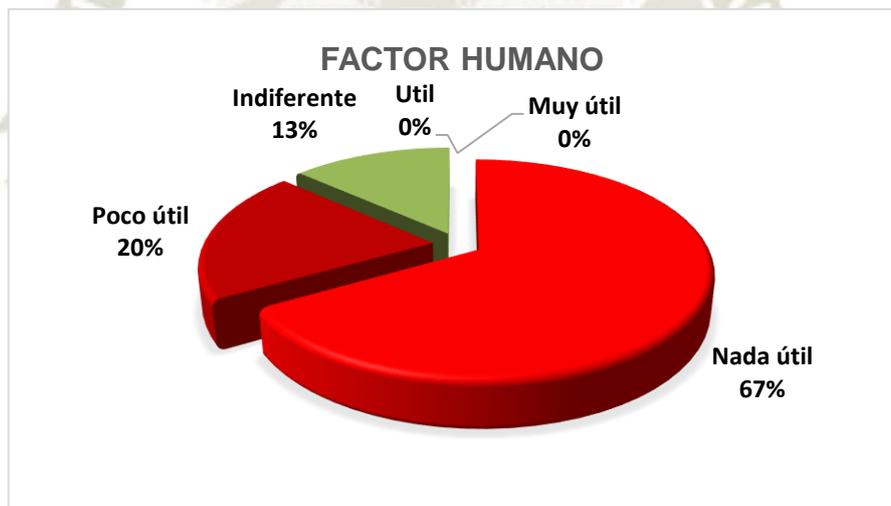
Figura 20
Falla Mecánica



Fuente: Elaboración: propia.

Nota: El 60% de los encuestados opina que las tecnologías ITS son muy útiles para eliminar o mitigar accidentes por causa de fallas mecánicas.

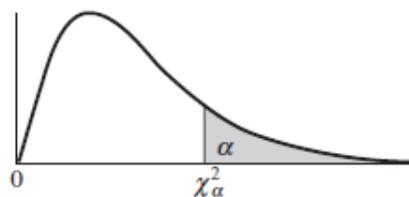
Figura 21
Factor Humano



Fuente: Elaboración: propia.

Nota: El 67% de los encuestados opina que las tecnologías ITS son nada útiles para eliminar o mitigar accidentes por causa de factor humano.

Anexo 9 Distribución Chi - Cuadrado



$\chi^2_{0.100}$	$\chi^2_{0.050}$	$\chi^2_{0.025}$	$\chi^2_{0.010}$	$\chi^2_{0.005}$	df
2.70554	3.84146	5.02389	6.63490	7.87944	1
4.60517	5.99147	7.37776	9.21034	10.5966	2
6.25139	7.81473	9.34840	11.3449	12.8381	3
7.77944	9.48773	11.1433	13.2767	14.8602	4
9.23635	11.0705	12.8325	15.0863	16.7496	5
10.6446	12.5916	14.4494	16.8119	18.5476	6
12.0170	14.0671	16.0128	18.4753	20.2777	7
13.3616	15.5073	17.5346	20.0902	21.9550	8
14.6837	16.9190	19.0228	21.6660	23.5893	9
15.9871	18.3070	20.4831	23.2093	25.1882	10
17.2750	19.6751	21.9200	24.7250	26.7569	11
18.5494	21.0261	23.3367	26.2170	28.2995	12
19.8119	22.3621	24.7356	27.6883	29.8194	13
21.0642	23.6848	26.1190	29.1413	31.3193	14

Fuente: Tomado de: “Tables of the Percentage Points of the χ^2 -Distribution”, por Catherine M. Thompson, Biometrika, Vol. 32 (1941), pag. 188–189.

Nota: los valores de la tabla a utilizar dependerán de cuantas variables tenga la matriz a evaluar y el margen de error precisado en porcentajes.

