



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE  
HUACARIZ”

**Tesis para optar el título profesional de:**

Ingeniero Civil

Autor:

Erik Ronald Sánchez Llanos

Asesor:

Dr. Miguel Ángel Mosqueira Moreno

Cajamarca - Perú

2019

## DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar a una de mis metas y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi tierna madre María Esperanza Llanos Colorado de Sánchez.

Por haberme apoyado desde un inicio, por sus sabios consejos, sus incalculables valores morales, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su sincero amor.

A mi honorable padre Julián Sánchez Novoa.

Por los implacables ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me han infundado siempre, por el valor mostrado para salir a delante y por su benevolente amor.

A mi estimada hermana Ana Elena Sánchez Llanos que ha sido como una segunda madre.

Por haberme siempre incentivado a la superación intelectual, haberme reforzado en mis principios de lucha y convicción intelectual, por haberme animado en los momentos tristes y desolados en mi vida, sus sabios consejos y sobre todo por su infinito y gran amor.

A mis amados hermanos.

Susana, Teresa, Ana, Félix, Marian, Steffanny, Jenifer, Giovanna, Fresia, por haberme dado el ejemplo de superación y perseverancia, donde, aprendí aciertos y de momentos difíciles salí victorioso como persona.

A mis queridos sobrinos.

Shirley, Jhogan, Alejandro, Jazmmy, Angelica, Alessandra, por haberme apoyado y ver el reflejo de superación, entusiasmo y su perseverancia de lograr sus metas.

## AGRADECIMIENTO

A mis maestros.

Ingenieros (as), por su gran esfuerzo de apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales, un agradecimiento especial al director de la carrera de Ingeniería Civil, Doctor Orlando Aguilar Aliaga y al Doctor Miguel Ángel Mosqueira Moreno, por la fortaleza para la elaboración de esta tesis.

A mis amigos.

Que nos apoyemos mutuamente en nuestra formación profesional y que, hasta ahora, seguimos siendo amigos: William, Oscar y Robert por haberme ayudado en este trabajo.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>1</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>2</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>9</b>
1.1. Realidad Problemática .....	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	36
1.3. OBJETIVOS .....	36
1.3.1. Objetivo general .....	36
1.3.2. Objetivos específicos.....	37
1.4. HIPÓTESIS .....	37
1.4.1. Hipótesis general.....	37
1.4.2. Hipótesis específicas .....	37
<b>CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>38</b>
2.1. POBLACIÓN Y MUESTRA (MATERIALES, INSTRUMENTOS Y MÉTODOS) .....	38
2.1.1. Materiales e instrumentos utilizados en la investigación .....	38
2.1.2. Procedimiento a seguir.....	39
2.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	42
2.1.1. Tipo de investigación.....	42
2.1.2. Ubicación geográfica de la investigación.....	42
2.1.3. Muestra de Estudio.....	43
2.1.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	44

2.1.5. Descripción de la superestructura investigada. ....	47
2.1.6. Resistencia de los elementos estructurales.....	48
2.1.7. Datos para el Nivel de confiabilidad estructural del puente losa....	49
<b>CAPÍTULO III. RESULTADOS .....</b>	<b>62</b>
3.1. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	62
3.1.1. Resistencia de los elementos estructurales .....	62
3.1.2. Modelo y análisis estructural de solicitaciones.....	63
3.2. Nivel de confiabilidad del puente.....	71
3.2.1. Modelo de Resistencia (R) .....	71
3.2.2. Modelo de Solicitación (S).....	72
3.2.3. Análisis de Confiabilidad: .....	73
3.2.4. Nivel de confiabilidad estructural.....	94
3.3. Análisis de Resultados: .....	95
3.3.1. Estudio de tránsito vehicular del puente Huacariz.....	95
3.3.2. Estudio de Nivel de confiabilidad del Puente Huacariz .....	111
<b>CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>114</b>
4.1. Discusión.....	114
4.2. Conclusiones.....	115
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>117</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>120</b>
Anexo N° 1: Estudio de Tránsito Vehicular .....	121
Anexo N° 2: Estudio de Esclerometría .....	127
Anexo N° 3: Nivel de Confiabilidad del Puente .....	131

Anexo N° 4: Panel Fotográfico .....	133
Anexo N° 5: Reglamento Nacional de Tránsito .....	151
Anexo N° 6: Planos .....	157

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Parámetros Estadísticos de tipo de Respuesta Resistente. (Nowak 1999).	22
Tabla 2	Parámetros Estadísticos de Carga estática. (Nowak, A. 1999).	27
Tabla 3	Parámetros estadísticos para carga de viva móvil y de impacto. (National Cooperative Highway Research Program 2003).	28
Tabla 4	Parámetros estadísticos para carga de viva móvil y de impacto para cargas diversas cargas móviles. (Adaptado de Nowak, A. 1993).	28
Tabla 5	Condiciones de evaluación de un puente. (MTC 2006).	30
Tabla 6	Niveles de seguridad admisibles en países diversos. (Zlatko Šavor y Marta Šavor 2014).	36
Tabla 7	Relación entre índice de confiabilidad ( $\beta$ ), probabilidad de falla ( $P_f$ ) y niveles de desempeño, (Adaptado de US Army Corps of Engineers 1997).	36
Tabla 8	Tipo de vehículos considerados en el estudio de tráfico del puente Huacariz.	41
Tabla 9	Información de ubicación geográfica del puente Huacariz. Datum WGS 84.	44
Tabla 10	Ficha de los ensayos de esclerometría utilizados en el puente Huacariz.	46
Tabla 11	Parámetros estadísticos seleccionados para cargas estáticas.	50
Tabla 12	Parámetros estadísticos seleccionados para cargas móviles.	52
Tabla 13	Parámetros estadísticos de la variación de dimensiones en los elementos estructurales (MacGregor y Cornell).	54
Tabla 14	Los Parámetros estadísticos de resistencia Nominal ( $R_n$ ), para la evaluación del diseño de los puentes investigados. (Nowak, A. 1999).	55
Tabla 15	Parámetros estadísticos de las propiedades mecánicas del Puente investigado.	55
Tabla 16	Resistencia de diseño de los elementos estructurales. (PROVIAS, 2009).	58

Tabla 17 Resistencia de los elementos estructurales de concreto armado, evaluados con esclerómetro.....	58
Tabla 18 Vehículos que transitan por el puente Hucaríz de la ciudad de Cajamarca.....	59
Tabla 19 Momentos y cortantes nominales resistentes, del puente Hucariz. ....	62
Tabla 20 Cargas asignadas para el análisis del puente. ....	63
Tabla 21 Resultado de los valores del análisis estructural en el software, del puente Huacariz. ....	70
Tabla 22 Factores de resistencia para evaluación del diseño. Puente Hucaríz.....	71
Tabla 23 Parámetros estadísticos del modelo de resistencia para evaluación del desempeño actual, Puente Huacariz. ....	72
Tabla 24 Variables de sollicitación, Puente Huacariz. ....	73
Tabla 25 Resultados análisis de confiabilidad del Puente Huacariz. ....	94
Tabla 26 Índices de seguridad método de confiabilidad, Puente Huacariz. ....	95
Tabla 27 Aforo del día de máxima vehicular (IMDS), semana 1 (Del 4 al 10 de diciembre del 2018).....	95
Tabla 28 Resumen de aforo diario semanal por tipo de Vehículo.....	98
Tabla 29 Aforo del día de máxima vehicular (IMDS), semana 2 (Del 11 al 17 de diciembre del 2018).....	100
Tabla 30 Resumen de aforo diario semanal por tipo de Vehículo.....	103
Tabla 31 Aforo del día de máxima vehicular (IMDS), semana 2 (Del 18 al 24 de diciembre del 2018).....	105
Tabla 32 Resumen de aforo diario semanal por tipo de vehículo. ....	108
Tabla 33 Niveles de confiabilidad propuestos por el Army Corps of Engineers (1997)...	112



Tabla 34 Grado de seguridad del puente investigado con la metodología de confiabilidad estructural. ....	113
Tabla 35 Tránsito vehicular del puente Huacariz (del 4 al 10 de diciembre del 2018)....	121
Tabla 36 Tránsito Vehicular del puente Huacariz (del 11 al 17 de diciembre del 2018)..	123
Tabla 37 Tránsito vehicular del puente Huacariz (del 18 al 24 de diciembre del 2018)..	125
Tabla 38 Ensayo de esclerometría, losa, lado derecho. ....	127
Tabla 39 Ensayo de esclerometría, losa, lado izquierdo.....	128
Tabla 40 Ensayo de esclerometría, aletas, lado derecho. ....	129
Tabla 41 Datos para el cálculo de momentos y cortantes.....	131
Tabla 42 Hoja de cálculo de las sollicitaciones o cargas, del Puente Huacariz.....	131
Tabla 43 Hoja de cálculo para el nivel de confiabilidad de la estructura. ....	132

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Curva de frecuencias para cargas, (Adaptado de Melchers R;Beck, A. 2018)....	18
<b>Figura 2</b> Curva de frecuencias para cargas, (Adaptado de Melchers R;Beck, A. 2018)....	19
<b>Figura 3</b> Curva de frecuencias del margen de seguridad estructural. (Adaptado de Melchers R; Beck, A. 2018).....	20
<b>Figura 4</b> Funciones de densidad $f_R$ y $f_S$ . (Tomado de Sánchez Silva, 2005 citado por Melchers, R. y Beck, A. 2018). ....	31
<b>Figura 5</b> Margen de seguridad e índice de confiabilidad estructural. (Melchers, R y Beck, A. 2018,).....	33
<b>Figura 6</b> Sistema en serie. (Adaptado de Nowak, A y Collins. K, 2000).....	35
<b>Figura 7</b> Ubicación geográfica del puente estudiado. ....	43
<b>Figura 8</b> Información de localización del puente Huacariz. Datum WG 84. ....	43
<b>Figura 9</b> Medición del ancho del Puente in Situ. ....	44
<b>Figura 10</b> Ensayos de esclerometría en elementos estructurales del puente. ....	45
<b>Figura 11</b> Recolección de información vehicular y tránsito in situ.....	47
<b>Figura 12</b> Vista isométrico de la losa del puente Huacariz. ....	47
<b>Figura 13</b> Elevación de la superestructura del puente Huacariz.....	48
<b>Figura 14</b> Camiones para evaluación de cargas de diseño. (Adaptado de AASHTO 2013). .....	51
<b>Figura 15</b> Factor bias ( $\lambda$ ) para cargas vehiculares. (Adaptado de Nowak, A. 1993).....	51
<b>Figura 16</b> Coeficiente de variación (CV) para cargas vehiculares (Adaptado de Nowak, A. 1993).....	52
<b>Figura 17</b> Vehículos pesados de la investigación.....	60
<b>Figura 18</b> Sección transversal del puente Huacariz.....	62

<b>Figura 19</b> Modelo estructural en elementos finitos.....	63
<b>Figura 20</b> Asignación de la carga muerta, que corresponde a carga producida por la vereda, sardinel y la baranda de seguridad.....	64
<b>Figura 21</b> Asignación de la carga superficie, que corresponde a carga producida por el peso de la carpeta rodadura.....	64
<b>Figura 22</b> Asignación de la carga peatonal, que corresponde a carga producida por el peso de la carga de los peatones en las veredas y sardinales.....	64
<b>Figura 23</b> Asignación de la carga viva vehicular, comprende el eje Tándem y el camión de diseño, vehículos de grupo HL-93.....	65
<b>Figura 24</b> Asignación de la carga viva vehicular local: a) Vehículo C2, b) Vehículo C3, c) Vehículo C4.....	67
<b>Figura 25</b> Deformada del puente losa.....	67
<b>Figura 26</b> Resultados gráficos del análisis estructural para cargas muertas.....	68
<b>Figura 27</b> Resultados Gráficos del análisis estructural para cargas de superficie.....	68
<b>Figura 28</b> Resultados gráficos del análisis estructural para cargas peatonales.....	69
<b>Figura 29</b> Resultados gráficos del análisis estructural para cargas viva vehicular, para la evaluación del diseño, con los vehículos HL-93.....	69
<b>Figura 30</b> Resultados Gráficos del análisis estructural para cargas viva vehicular, para la envolvente de los camiones pesados C2, C3 y C4.....	70
<b>Figura 31</b> Suposición: Carga Muerta (Concreto) - Momento Flector (Tn-m).....	74
<b>Figura 32</b> Suposición: Peso Superficie - Momento Flector (Tn-m).....	74
<b>Figura 33</b> Suposición: Peso Baranda - Momento Flector (Tn-m).....	75
<b>Figura 34</b> Suposición: Carga Peonatal - Momento Flector (Tn-m).....	75
<b>Figura 35</b> Suposición: Carga Viva - Diseño - Momento Flector (Tn-m).....	76

<b>Figura 36</b> Suposición: Carga Viva - Actual - Momento Flector (Tn-m).....	76
<b>Figura 37</b> Suposición: Momento Flector de Resistencia de Diseño (Tn-m). ....	77
<b>Figura 38</b> Pronóstico: Modelo Probabilístico de Resistencia (R) – Evaluación de Diseño – Franja Interior. ....	77
<b>Figura 39</b> Pronóstico: Solicitación de Diseño - Momento Flector (Tn-m). ....	78
<b>Figura 40</b> Superposición 1 – Momento Flector de Diseño.....	78
<b>Figura 41</b> Pronóstico: Índice de Seguridad · F.D.P.....	79
<b>Figura 42</b> Suposición de Momento Actual – Franja Interior.....	79
<b>Figura 43</b> Modelo de Resistencia Actual - Franja Interior. ....	80
<b>Figura 44</b> Modelo de Solicitación Actual - Franja Interior. ....	80
<b>Figura 45</b> Superposición R vs S. ....	81
<b>Figura 46</b> Análisis de Confiabilidad (G). ....	81
<b>Figura 47</b> Modelo de Resistencia de Diseño - Franja Exterior. ....	82
<b>Figura 48</b> Modelo de Solicitación de Diseño - Franja Exterior.....	82
<b>Figura 49</b> Superposición R vs S. ....	83
<b>Figura 50</b> Análisis de Confiabilidad (G). ....	83
<b>Figura 51</b> Modelo de Resistencia Actual – Momentos – Franja Exterior. ....	84
<b>Figura 52</b> Modelo de Solicitación Actual – Momentos – Franja Exterior. ....	84
<b>Figura 53</b> Superposición R vs S. ....	85
<b>Figura 54</b> Análisis de Confiabilidad (G). ....	85
<b>Figura 55</b> Modelo de Resistencia de Diseño – Cortantes – Franja Interior.....	86
<b>Figura 56</b> Modelo de Solicitación de Diseño – Cortantes – Franja Interior.....	86
<b>Figura 57</b> Superposición R vs S. ....	87
<b>Figura 58</b> Análisis de Confiabilidad (G). ....	87

<b>Figura 59</b> Modelo de Resistencia Actual – Cortantes – Franja Interior. ....	88
<b>Figura 60</b> Modelo de Solicitación Actual– Cortantes – Franja Interior. ....	88
<b>Figura 61</b> Superposición R vs S. ....	89
<b>Figura 62</b> Análisis de Confiabilidad (G). ....	89
<b>Figura 63</b> Modelo de Resistencia de Diseño – Cortantes – Franja Exterior. ....	90
<b>Figura 64</b> Modelo de Solicitación de Diseño – Cortantes – Franja Exterior. ....	90
<b>Figura 65</b> Superposición R vs S. ....	91
<b>Figura 66</b> Análisis de Confiabilidad (G). ....	91
<b>Figura 67</b> Modelo de Resistencia Actual – Cortantes – Franja Exterior. ....	92
<b>Figura 68</b> Modelo de Solicitación de Actual – Cortantes – Franja Exterior. ....	92
<b>Figura 69</b> Superposición R vs S. ....	93
<b>Figura 70</b> Análisis de Confiabilidad (G). ....	93
<b>Figura 71</b> Variación horaria en el día de máxima demanda. ....	97
<b>Figura 72</b> Participación Vehicular según tipo de Vehículos. ....	99
<b>Figura 73</b> Variación horaria en el día de máxima demanda. ....	102
<b>Figura 74</b> Participación Vehicular según tipo de Vehículos. ....	104
<b>Figura 75</b> Variación horaria en el día de máxima demanda. ....	107
<b>Figura 76</b> Participación vehicular según tipo de vehículos. ....	109
<b>Figura 77</b> Vehículos por semana, IMD. ....	110
<b>Figura 78</b> Participación Vehicular por semana (IMD). ....	110
<b>Figura 79</b> Ensayos de Esclerometría en el Puente Huacariz. ....	111
<b>Figura 80</b> Nivel de Confiabilidad del Puente Huacariz, Evaluación de Momentos. ....	112
<b>Figura 81</b> Nivel de Confiabilidad del Puente Huacariz, Evaluación de Cortantes. ....	113
<b>Figura 82</b> Ensayo de Esclerometría del puente Huacariz. ....	133

<b>Figura 83</b> Ensayo de Esclerometría del puente Huacariz, en diversos puntos. ....	1344
<b>Figura 84</b> Ensayo de Esclerometría de las Aletas. ....	1355
<b>Figura 85</b> Ensayo de Esclerometría, varios puntos - aletas. ....	1366
<b>Figura 86</b> Ensayo de Esclerometría, varios puntos - aletas. ....	1377
<b>Figura 87</b> Ensayos de Esclerometría – con escalera de apoyo. ....	1388
<b>Figura 88</b> Esclerómetro con el que se trabajo en campo. ....	1399
<b>Figura 89</b> Anotaciones de Valores hallados con Esclerómetro. ....	140
<b>Figura 90</b> Medición del Ancho de calzada del puente Huacariz. ....	141
<b>Figura 91</b> Medición de la luz del puente Huacariz, entre apoyos. ....	142
<b>Figura 92</b> Registro de las dimensiones del puente. ....	143
<b>Figura 93</b> Registro de tránsito vehicular del puente-1.....	144
<b>Figura 94</b> Registro de tránsito vehicular del puente-2.....	145
<b>Figura 95</b> Registro de tránsito vehicular del puente-3.....	146
<b>Figura 96</b> Registro de tránsito vehicular del puente-4.....	147
<b>Figura 97</b> Registro de tránsito vehicular del puente-5.....	148
<b>Figura 98</b> Registro de tránsito vehicular del puente-6.....	149
<b>Figura 99</b> Registro de tránsito vehicular del puente-6.....	150

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1:</b> Expresión de la Seguridad Estructural. ....	17
<b>Ecuación 2:</b> Modelo de Resistencia General. ....	18
<b>Ecuación 3:</b> Modelo de Resistencia propuesto por AASHTO LRFD. ....	19
<b>Ecuación 4:</b> Media de Resistencia, Factor Bias de Resistencia y Varianza de Resistencia. .....	19
<b>Ecuación 5:</b> Momento Nominal para elementos de concreto armado. ....	21
<b>Ecuación 6:</b> Cortante Nominal para Concreto Reforzado y Preesforzado. ....	22
<b>Ecuación 7:</b> Cortante Nominal para el caso de Puente Losa. ....	22
<b>Ecuación 8:</b> Resistencia cortante del Concreto. ....	23
<b>Ecuación 9:</b> Resistencia Cortante del Acero de Refuerzo. ....	23
<b>Ecuación 10:</b> Modelo de sollicitación o cargas general. ....	24
<b>Ecuación 11:</b> Media de Sollicitación, factor Bias y Coeficiente de Variación. ....	24
<b>Ecuación 12:</b> Probabilidad de falla de un elemento estructural. ....	28
<b>Ecuación 13:</b> índice de Confiabilidad $\beta$ . ....	30
<b>Ecuación 14:</b> Probabilidad de falla si se tiene un número representativo de resultados. ...	32
<b>Ecuación 15:</b> Probabilidad de falla para un sistema en paralelo. ....	33
<b>Ecuación 16:</b> Media y Desviación Estándar de la función de probabilidad de carga. ....	49
<b>Ecuación 17:</b> Modelo Matemático de Cargas. ....	53
<b>Ecuación 18:</b> Media y Desviación Estándar de la función de probabilidad de Resistencia. .....	52

## RESUMEN

Este trabajo de investigación, tuvo como objetivo encontrar el nivel de confiabilidad de la superestructura del puente Huacariz, ubicado al este de la Ciudad de Cajamarca, en la Av. San Martín de Porres cuadra número 24, Distrito, Provincia y Departamento de Cajamarca, utilizando el Manual de Puentes aprobado con la Resolución Directoral N° 019-2018-MTC/14, de fecha 20 de diciembre del 2018, publicado en el diario oficial “El Peruano” el día lunes 14 de enero 2019, entrando en vigencia el día martes 15 de enero de 2019 y la metodología del Nivel de confiabilidad estructural de Puentes. Se realizó el modelamiento estructural con el software CSI BRIDGE versión V20.2.0, con el que obtuvimos las solicitaciones a la que está expuesta el puente. Para determinar las cargas actuales por vehículos del puente, se llevó a cabo un estudio de tránsito vehicular, determinándose, los vehículos pesados y peatones que transitan por el puente (C2, C3, C4), y; para la evaluación de diseño se trabajó con el vehículo HL-93. Se determinó la resistencia del concreto en campo, con esclerómetro, encontrándose valores que oscilan entre 256.632 y 319.056 (kg/cm<sup>2</sup>), luego se determinó la Resistencia de los elementos, siguiendo los estudios de ingeniería estructural y la normativa. Obtenidos todos estos datos, procedemos a calcular el índice de seguridad, con la ayuda del Software Oracle Crystal Ball. Finalmente encontramos el nivel de confiabilidad actual del puente ( $\beta$ ), encontrándose un valor ( $\beta=4.59$ , para evaluación de cortante, y; un  $\beta=6.9$ , para evaluación de momentos), obteniendo un nivel de confiabilidad bueno, por análisis de Resistencia y Solicitación.

**Palabras clave:** Puente Huacariz, Nivel, Confiabilidad, Seguridad Estructural, Resistencia, Solicitación.



## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

La presente investigación tuvo el exclusivo propósito de verificar el entendimiento existente referente a los niveles de confiabilidad de un puente, señalados por diversos escritores, también es necesario contar con la investigación confiable y actualizada sobre los estudios de ingeniería estructural en puentes, en este sentido, tener conocimiento de posibles situaciones y consecuencias del comportamiento estructural ante los diferentes eventos que no fueron prevenidos en la etapa de diseño y estudios. Por estos argumentos y con el propósito de estimular la indagación del conocimiento en la rama de la ingeniería estructural, y cultivarme más en el grande e inmenso conocimiento de la ingeniería civil, citado por Silva, J. 2018.

La importancia de los puentes se evidencia en el desarrollo y progreso representado en las sociedades, teniendo en cuenta que permiten no sólo interconectar áreas específicas sino crear enlaces económicos, sociales y urbanísticos. De ahí, el gran hincapié que se realiza para impulsar la investigación de los mismos, con el fin de que esto permita una construcción y mantenimiento óptimo y apropiado de estas estructuras. Sin embargo, el transcurrir del tiempo y la incidencia de factores externos las deterioran comprometiendo tanto el aspecto estético como estructural, perdiendo su capacidad de resistencia, llegando inclusive a un colapso parcial o total. (Serpa & Samper, 2014).

El deterioro de un puente dificulta el desplazamiento vehicular y peatonal, ocasionando incomodidad y a la vez inseguridad para los usuarios, por lo cual se debe realizar trabajos de mantenimiento y conservación para garantizar el buen funcionamiento de éste. La infraestructura vial de una ciudad es parte fundamental de su desarrollo social, así como su conservación. Parte de esta lo conforman los puentes que constituyen una

estructura de conectividad, los cuales se deben programar para cumplir con nuevas exigencias de crecimiento y de desarrollo de la región. (Contreras Perez & Reyes Ravelo, 2014).

Un manejo de información limitada como longitud, tipo de puente, ubicación y el estado a nivel cualitativo (Bueno, Regular y Malo), según PROVIAS (2016), en su final inventario vial publicado en febrero del 2016 se tiene que 41% de puentes en el Perú que hace un total de 1163 puentes son adecuados para soportar niveles de tráfico, diseño y otras cuestiones estructurales, mientras que el otro 59% sobrante hace un total de 1646 puentes no cumple con requisitos antes mencionados (Provias, 2016 citado por Silva, J. 2018).

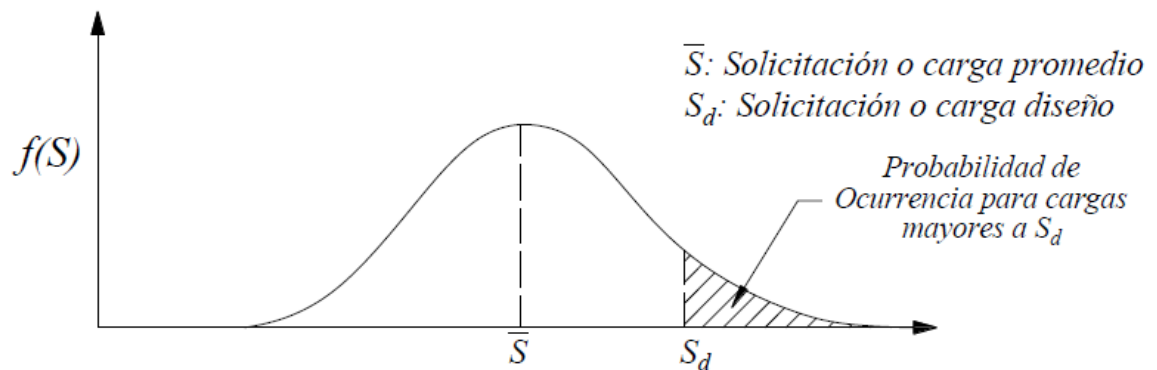
Las múltiples circunstancias de colapsos y deficiencias de puentes vehiculares y peatonales en nuestro propio territorio y a nivel mundial, esta dificultad es motivo de razonamiento y estudio por parte de la Ingeniería Civil para calcular el origen y posibles resultados. (Eduardo Francisco Arellanos Meza. Lima, 2008).

Son diversos los casos de colapsos y fallas de puentes vehiculares y peatonales en nuestro medio y a nivel mundial; este problema debe ser objeto de reflexión y análisis por parte de la Ingeniería Civil para determinar sus causas y posibles soluciones. La existencia de un gran número de puentes con importantes problemas patológicos fue la motivación para realizar esta investigación. (Muñoz E., 2001).

Una estructura debe ser segura. Por lógica siempre esperamos que nos lleven a mejorar nuestra calidad de vida y que tengan un largo periodo de funcionamiento. Todas las estructuras se diseñan buscando un punto óptimo estructural y económico. Si no fuese así, esto nos llevaría a tener dimensionamientos antieconómicos para la sociedad. Por ello, no se deben construir edificios ni puentes que duren toda la vida, sino que siempre existirá una probabilidad al fracaso. Pero este fracaso debe ser muy pequeño para que el diseño sea

confiable. La confiabilidad de una estructura se define como como la probabilidad de que un sistema llevará acabo la función requerida en condiciones de servicio especificadas durante un periodo de tiempo determinado (Lemaire, 2009).

Por lo que un modelo de probabilidad para la carga máxima puede representar una forma aproximada de la variabilidad de cargas y así deducirse a partir de una función de densidad probabilística para cargas, tal como se presenta en la curva de frecuencia de la figura 1:

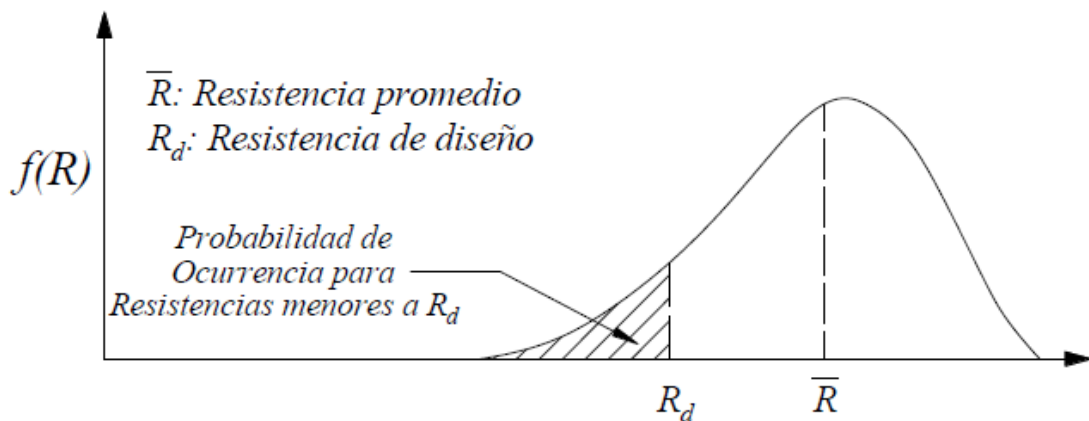


**Figura 1** Curva de frecuencias para cargas, (Adaptado de Melchers R; Beck A. 2018).

Las fuentes de Incertidumbre para la variabilidad de Cargas, provienen de:

- ✓ Las cargas o sollicitaciones reales pueden diferir de las supuestas en diseño.
- ✓ Las cargas reales pueden estar distribuidas de manera diferente a la supuesta.
- ✓ Las suposiciones y simplificaciones inherentes a cualquier análisis pueden resultar en efectos calculados, momentos, cortantes, etc., diferentes de aquellos que de hecho actúan sobre la estructura.

- ✓ **Resistencia (R):** Conforme a Melchers R.; Beck, A. (2018), la variedad de los materiales utilizados cumple conformando la resistencia de una estructura, aunque; las resistencias idóneas de los materiales no pueden conocerse en ciencia cierta, por lo cual constituyen unas variantes aleatorias. De tal manera, que la función de densidad probabilística evidenciada en la Figura 2 consigue graficar la resistencia de los elementos.



**Figura 2** Curva de frecuencias para resistencia, (Adaptado de Melchers R; Beck A. 2018).

Las fuentes de incertidumbre de resistencia provienen de: lo contemplado de (Taly, N. 2014 citado por Silva, J. 2018).

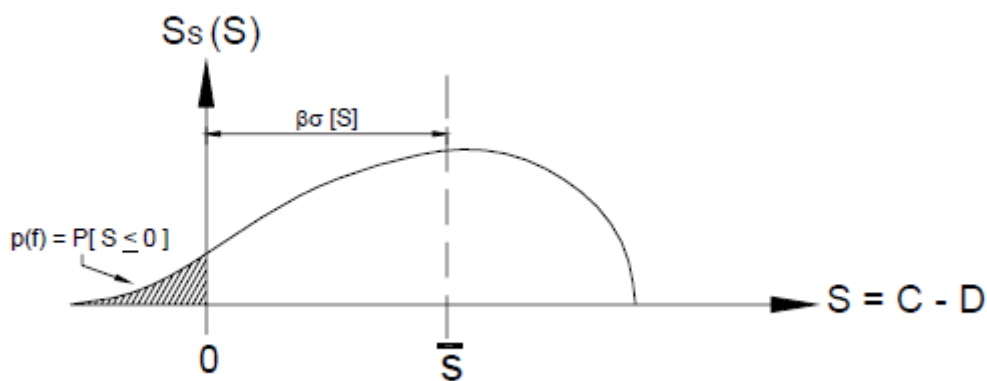
- ✓ Las magnitudes reales de los elementos pueden diferir de aquellas especificadas.
- ✓ El refuerzo puede no estar en la ubicación definida.
- ✓ Las resistencias reales de los materiales tienen la potestad diferir de aquellas especificadas.

Expresión de la Seguridad estructural: Según Melchers R. y Beck, A. (2018), el procedimiento matemático se expresa como:

**Ecuación 1:** Expresión de la Seguridad Estructural.

$$G = R - S$$

Debido a que  $R$  y  $S$  son variables aleatorias, cuando se realizan simulaciones de montecarlo, el margen de seguridad estructural  $G$  o  $S = R - S$  o  $(C-D)$ , es decir la diferencia de ambas funciones o valores también es una variable aleatoria, que se aproxima a lo real. La gráfica de la función de probabilidad de  $G$  se representa como en la *Figura 6*. La falla ocurre cuando  $G$  es menor que cero, es decir cuando en un modelo matemático existan valores de  $S > R$ , se puede decir que existe probabilidad de falla y está representada entonces por el área sombreada de la figura 3. Citado por Silva, J. 2018.



**Figura 3** Curva de frecuencias del margen de seguridad estructural. (Adaptado de Melchers R; Beck A. 2018).

Existen factores de incertidumbre en la resistencia, pueden ser divididos en tres categorías:

- ✓ *Material*: Representa la incertidumbre de la resistencia del material, esfuerzo de rotura, módulo de elasticidad y composición química.
- ✓ *Fabricación*: aspecto que abarca elaboración de los elementos estructurales en dimensiones, sección geométrica, momento de inercia y módulo de sección.
- ✓ *Análisis*: se tiene incertidumbre en los métodos aproximados para el análisis y la idealización de esfuerzos y deformaciones.

Por lo tanto, el modelo de resistencia (R) general se encuentra en función de:

**Ecuación 2:** Modelo de Resistencia General.

$$R(f'c, f'y', f'ps', b, d, bw, \dots)$$

Donde:

$f'c$  es el esfuerzo a compresión del concreto

$f'y$  esfuerzo de fluencia del acero de refuerzo

$f'ps$  esfuerzo de fluencia del acero de preesfuerzo

$b$ ,  $d$  y  $dw$  son dimensiones de una sección resistente.

El modelo de resistencia (R), propuesto por el código AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, simplifica los lineamientos de incertidumbre como el producto de Resistencia Nominal ( $R_n$ ) por el producto de tres factores que representan: la propiedad del material (M), F fabricación (F) y el análisis profesional (P). (AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, 2017, 1781 p.), citado por Silva, J. 2018.

**Ecuación 3:** Modelo de Resistencia propuesto por AASHTO LRFD.

$$R = R_n \cdot M \cdot F \cdot P$$

Las consideraciones de  $\mu R$  (media de la resistencia),  $\lambda R$  (factor bias de la resistencia) y  $VR$  (varianza de la resistencia), en función de los estadísticos de los factores M, F y P. Citado por Silva, J. 2018.

**Ecuación 4:** Media de Resistencia, Factor Bias de Resistencia y Varianza de Resistencia.

$$\mu R = R_n \cdot \mu M \cdot \mu F \cdot \mu P$$

$$\lambda R = \lambda M \cdot \lambda F \cdot \lambda P$$

$$VR = \sqrt{(VM)^2 + (VF)^2 + (VP)^2}$$

Los Parámetros Estadísticos de Resistencia a Nivel de Diseño en Estados Unidos, los parámetros estadísticos de los códigos de puentes, señalados en la norma AASHTO LRFD, donde se muestra como una de las principales novedades el comportamiento no lineal del concreto y el acero, por medio de curvas de Momento curvatura, de tal manera plasmar sus resultados en una tabla que sintetiza el efecto de los factores F.M (incidencia de la Fabricación y Material), P (incidencia del análisis profesional) y R (incidencia de los factores M, F y P), citado por Silva, J. 2018.

**Tabla 1:** *Parámetros Estadísticos de tipo de Respuesta Resistente. (Nowak, 1999).*

Tipo de Estructura	FM		P		R	
	$\lambda$	V	$\lambda$	V	$\lambda$	V
<b>Vigas de Vigas no Compuestas</b>						
Momento	1.095	0.075	1.02	0.06	1.12	0.10
Cortante	1.12	0.08	1.02	0.07	1.14	0.105
<b>Vigas de Vigas Compuestas</b>						
Momento	1.07	0.08	1.05	0.06	1.12	0.10
Cortante	1.12	0.08	1.02	0.07	1.14	0.105
<b>Concreto Reforzado</b>						
Momento	1.12	1.12	1.02	0.06	1.14	1.13
Cortante	1.12	1.12	1.075	0.10	1.20	0.155
<b>Concreto Preesforzado</b>						
Momento	1.04	0.045	1.01	0.06	1.05	0.075
Cortante	1.07	0.1	1.075	0.1	1.15	0.14

### Parámetros Estadísticos a Nivel de Evaluación

El modelo de resistencia es el producto de tres factores determinados, dichos factores han sido determinados para condiciones de fabricación y materiales de Estados Unidos, entonces en un contexto diferente, como otro país, estas condiciones varían dependiendo de la calidad y técnica para fabricar los materiales resistentes.

Por lo que se presenta a continuación los parámetros necesarios para un estudio a nivel de Evaluación.

### **Definición de Modelos para Estado Límite de Resistencia**

El uso de modelos de resistencia, para los estados límites, ya que se encuentran en función de ecuaciones de resistencia nominal ( $R_n$ ) para elementos de concreto armado, dado a que hace intervenir las propiedades del material y la geometría del elemento, citado por Silva, J. 2018.

**Resistencia a Flexión:** Se consideró elementos estructurales y secciones de acuerdo con las recomendaciones de análisis y diseño sugerido por la AASHTO LRFD (2017), y calculados con las expresiones matemáticas de la norma citada, elaborándose las respectivas simplificaciones dependiendo del elemento en estudio, se tiene las siguientes consideraciones para nuestro puente losa en estudio:

*Puente Losa: Elementos de Análisis:* Para el análisis de las superestructuras tipo losa, se siguió las recomendaciones de la norma AASHTO LRFD (2017) proponer un análisis de las franjas de borde o exterior y franja central o interior, citado por de Silva, J. 2018.

*Resistencia Nominal de los elementos:* Se calculó los momentos y cortantes nominales, para elementos solo de concreto armado.

**Ecuación 5:** Momento Nominal para elementos de concreto armado.

$$M_n = A_s * f_y * \left( d_s - \frac{a}{2} \right) + 0.85 * f'_c * b * h_f * \left( \frac{a}{2} - \frac{t}{2} \right)$$

Donde:

$M_n$  = Resistencia nominal a flexión de la sección determinada (Tn-m)

$A_s$  = área de acero no preesforzado (cm<sup>2</sup>).

$f_y$  = esfuerzo del acero de refuerzo para resistencia a flexión (kg/cm<sup>2</sup>)



$d_s$  = distancia de la fibra extrema a compresión hasta el centroide del refuerzo a flexión (cm).

$a = c\beta_1$ ; ancho del bloque del esfuerzo equivalente (cm).

$B_1$  = factor de esfuerzo del concreto.

$f'_c$  = Resistencia a compresión del concreto especificada a los 28 días.

$b$  = Ancho alma de la viga (cm)

$hf$  = dimensión del ala de vigas T o I (cm)

a.2) Resistencia a Fuerza Contante: de acuerdo al código AASHTO LRFD (2017), se tiene la expresión siguiente:

Para concreto Reforzado y Preesforzado

**Ecuación 6:** Cortante Nominal para Concreto Reforzado y Preesforzado.

$$V_n = V_c + V_s + V_p$$

Donde:

- ✓  $V_n$  = Resistencia Cortante Nominal, se calcula con la siguiente expresión, para el caso de nuestro puente losa en estudio:

**Ecuación 7:** Cortante Nominal para el caso de Puente Losa.

$$V_n = 0.53 * \sqrt{f'_c} * b * d + \frac{A_s * F_y * d}{s}$$

Donde:

- $V_n$  = Resistencia cortante nominal
- $f'_c$  = resistencia a compresión del concreto (kg/cm<sup>2</sup>)
- $b$  = ancho de viga (cm)
- $d$  = peralte de la viga (cm)

- $A_s$  = Área de acero por corte (cm<sup>2</sup>)
- $f_y$  = fluencia del acero (kg/cm<sup>2</sup>)
- $s$  = separación del refuerzo por corte (cm)

**Ecuación 8:** Resistencia cortante del Concreto.

- ✓  $V_c$  = Resistencia cortante del Concreto, se calcula con la siguiente expresión:

$$V_c = 0.265 * \beta * \sqrt{f'_c} * b * d$$

Donde:

- $\beta$  = parámetro que depende de la deformación del acero (usualmente es 2)
- $f'_c$  = resistencia a compresión del concreto (kg/cm<sup>2</sup>)
- $b$  = ancho de viga (cm)
- $d$  = peralte de la viga (cm)

**Ecuación 9:** Resistencia Cortante del Acero de Refuerzo.

- ✓  $V_s$  = Resistencia cortante del acero de refuerzo, se obtiene con la siguiente expresión:

$$V_s = (A_s * F_y * d * ((\theta) + (\alpha)) * (\alpha)) / s$$

Donde:

- $\theta$  = parámetro que depende de la deformación del acero (usualmente es 0)
- $f'_c$  = fluencia del acero (kg/cm<sup>2</sup>)
- $\alpha$  = ángulo de inclinación del refuerzo por corte
- $s$  = separación del refuerzo por corte
- $A_s$  = Área de acero por corte
- $d$  = peralte de la viga
- $V_p$  = Resistencia cortante que aporta en acero de preesfuerzo.

### Modelo de Carga o Solicitaciones:

El modelo general de cargas. (Nowak, A y Collins, K. 2000, citado por Silva, J. 2018) también conocido como de solicitaciones (S), en el cual el modelo propuesto es utilizado para el diseño y evaluación de estructuras, en donde la magnitud se expresa en función de una variable que representa el valor nominal de la carga (A), otro parámetro que representa la variación debida al modo en la carga se supone que actúa (B), y finalmente un factor que representa la variación debida a los métodos de análisis. Teniendo la forma siguiente.

**Ecuación 10:** Modelo de sollicitación o cargas general.

$$S = A * B * C$$

Nos da a entender que, en un proceso de cargas, es importante que se comprometan la variabilidad de los parámetros estadísticos de los tres factores en función de media, factor bias y el coeficiente de variación, Nowak, A. y Collins, K. 2000. sugiere lo siguiente:

**Ecuación 11:** Media de Sollicitación, factor Bias y Coeficiente de Variación.

$$\mu_S = \mu_A \cdot \mu_B \cdot \mu_C$$

$$\lambda_S = \lambda_A \cdot \lambda_B \cdot \lambda_C$$

$$V_S = \sqrt{(V_A)^2 + (V_B)^2 + (V_C)^2}$$

Donde:  $\mu_S$ ,  $\mu_A$ ,  $\mu_B$  y  $\mu_C$  son las medias de la sollicitación con carga y los factores intervinientes,  $\lambda_S$ ,  $\lambda_A$ ,  $\lambda_B$  y  $\lambda_C$  son los factores bias de factores intervinientes y  $V_A$ ,  $V_B$ ,  $V_C$  y  $V_S$ , son los coeficientes de variación de las variables descritas. También, el factor bias ( $\lambda$ ) es la relación entre la media y el valor nominal. Las cargas usuales a las que se encuentra expuesto un puente son carga muerta, viva (estática y dinámica), cargas de ambiente (viento, sismo, nieve, etc.) u otras cargas (colisión, emergencia), y estas serán tratadas como variables dentro de modelo de carga, citado por Silva, J. 2018.

Cargas de Análisis; comenzado con las Cargas Estáticas: Las cargas que se consideró para el análisis corresponden a las especificadas por la norma AASHTO LRFD (2017), siendo las más significativas:

- Peso Propio (DC): Elementos de concreto: 2500 Kg/m<sup>3</sup>, elementos de acero estructural: 7800 Kg/m<sup>3</sup>, Barandas: 350 Kg/m.
- Carga Muerta por Superficie (DW): 2200 Kg/m<sup>3</sup>
- Carga Peatonal (PL): 367 Kg/m<sup>2</sup>.
- Parámetros estadísticos todos los componentes de carga muerta se consideran como variables aleatorias normales y tiene los siguientes parámetros estadísticos.

**Tabla 2:** *Parámetros Estadísticos de Carga estática. (Nowak, A. 1999).*

Componente	Factor Bias	Coefficiente de variación
D1: Elementos elaborados en fabrica	1.03	0.08
D2: Concreto echo in situ	1.05	0.10
D3: Superficie de rodadura	1.00	0.25
D4: Otros elementos	1.03-1.05	0.08-0.10

#### a) Cargas Móviles

Evaluación del Diseño: Se considera el vehículo de diseño HL-93, con las cargas respectivas indicadas en el manual de puentes, que se divide en un vehículo de eje Tándem y otro de eje Trídem, más la sobrecarga distribuida.

Evaluación del Desempeño Actual: Se considera los vehículos que transitan por el puente Huacariz, en la Av. San Martín de Porres cuadra número 24, en donde los valores de las cargas para cada vehículo, corresponden a los especificados en el Reglamento Nacional de Vehículos, MTC (2009).

También, la distribución, dimensiones, separación y cargas por cada eje, se consideraron las especificaciones descritas en el Reglamento Nacional de Vehículos, MTC (2009).

- Parámetros estadísticos en el reporte 489 de la National Cooperative Highway Research Program (2003), especifica un compendio de parámetros estadísticos calibrado para la norma AASHTO LRFD Bridge Design Specifications, citado por Silva, J. 2018.

**Tabla 3:** *Parámetros estadísticos para carga viva móvil y de impacto. (National Cooperative Highway Research Program 2003).*

Tipo	$\lambda$	C.V	Distribución
Modelo de carga viva	1.20	18%	Lognormal*
Ampliación de dinámica para un carril	1.13	10%	Normal*
Ampliación dinámica par dos carriles	1.09	6%	Normal*

Para la evaluación de puentes usando técnicas de confiabilidad, se propone los siguientes parámetros estadísticos para vehículos de configuración de ejes y cargas diversas, teniendo en cuenta tres períodos de evaluación (National Cooperative Highway Research Program 2003), citado por Silva, J. 2018. Dicha tabla se muestra a continuación:

**Tabla 4:** *Parámetros estadísticos para carga viva móvil y de impacto para cargas diversas móviles (Adaptado de Nowak, A. 1993.)*

Longitud Puente	Periodo de Evaluación					
	1 año		5 años		75 años	
	$\lambda$	C.V:	$\lambda$	C.V:	$\lambda$	C.V:
3 m	1.37	0.15	1.46	0.15	1.65	0.14
12 m	1.58	0.13	1.64	0.12	1.74	0.11
36 m	1.9	0.135	1.97	0.12	2.08	0.11
60 m	1.78	0.14	1.85	0.125	1.96	0.11

Modelo y Análisis de carga, con la información de propiedades y dimensiones de los elementos estructurales, y las sollicitaciones de carga para el análisis. Se modelaron las

estructuras en el Software CSI Bridge, software de elementos finitos especializado en el análisis y diseño de puentes, citado por Silva, J. 2018.

Posteriormente se realiza el análisis de la estructura, para la adquisición de la respuesta estructural de los puentes, con interés especial en momentos flectores y fuerzas cortantes, tanto para modelo de resistencia, como para de solicitaciones.

Al evaluar nuestro puente con las cargas que ella existe, la evaluaremos planteando lo siguiente: Los resultados de las fuerzas internas, de las cargas móviles corresponde a la envolvente de camión HL-93 para la evaluación del diseño y la envolvente de los vehículos que transitan por la vía, para la evaluación de desempeño actual de la estructura.

Los métodos descriptivos de evaluación de puentes, Según (Barrantes 2017 citado por Silva, J. 2018), contemplado por el método, se basa en una inspección visual, mediante una descripción de su “estado o condición”, estando una herramienta significativa para la gestión de puentes. Su primordial objetivo es valorar la funcionalidad y la operación segura de los puentes, alertando de forma temprana sobre los deterioros observados.

De esta manera, se salvaguarda la seguridad de los usufructuarios y se ayuda a la Administración a señalar la necesidad de trabajos de mantenimiento, rehabilitación, reparación o recambio de puentes.

En el Perú, el MTC (2009), establece que, una supervisión visual solo es realizada por ingenieros competentes, es el sistema inicial básica en toda apreciación que permite señalar deterioros que podrían afectar la capacidad estructural, detectar defectos constructivos o de diseño que podrían afectar el desempeño, indicar la necesidad de profundizar la evaluación mediante el uso de análisis específicos y reportar fallas riesgosas que requieran el interés inmediato de la estructura.

Criterios de evaluación descriptiva de puentes de acuerdo a MTC (2009), regula el criterio de evaluación por medio del uso de una escala que califica el nivel de daño de manera cualitativa, dejando a criterio y experiencia al ingeniero inspector la evaluación. A continuación, se muestra el cuadro propuesto por la norma de la entidad referida.

Tabla 5 *Condiciones de evaluación de un puente. (MTC 2009).*

Calificación	Descripción de la condición
0	<b>Muy bueno:</b> No se observa problemas.
1	<b>Bueno:</b> Hay problemas menores. Algunos elementos muestran deterioro sin importancia.
2	<b>Regular:</b> Los elementos primarios están en buen estado, pero algunos secundarios muestran deterioro, algo de pérdida de sección, grietas descascaramiento o socavación pérdida de sección avanzada.
3	<b>Malo:</b> La pérdida de sección, deterioro o socavación afecta seriamente a los elementos estructurales primarios. Hay posibilidad de fracturas locales pueden presentarse rajaduras en el concreto o fatigas en el acero.
4	<b>Muy Malo:</b> Avanzado deterioro de los elementos estructurales primarios – Grietas de fatiga en el acero o grietas de corte en el concreto – La socavación comprende de apoyo que debe de dar la estructura. – Conviene cerrar el puente a menos que este monitoreado.
5	<b>Pésimo:</b> Gran deterioro o pérdida de sección presente en elementos estructurales críticos. – El puente se cierra al tráfico, pero con acciones correctivas se puede restablecer el tránsito de unidades ligeras.

### Método de la confiabilidad Estructural

El Análisis de Confiabilidad, el problema básico de la confiabilidad solo se considera solamente los efectos de las cargas (S) y de la resistencia (R), cada una descrita por una función de densidad probabilística  $f_S()$  y  $f_R()$ , respectivamente. Siendo muy relevante que tanto S como R están expresados en las unidades semejantes, (Melchers, R.; Beck, A. 2018 citado por Silva, J. 2018).

Después, la probabilidad de falla en un elemento estructural puedes ser expresado en las siguientes formas:

**Ecuación 12:** Probabilidad de falla de un elemento estructural.

$$p_f = P(R \leq S)$$

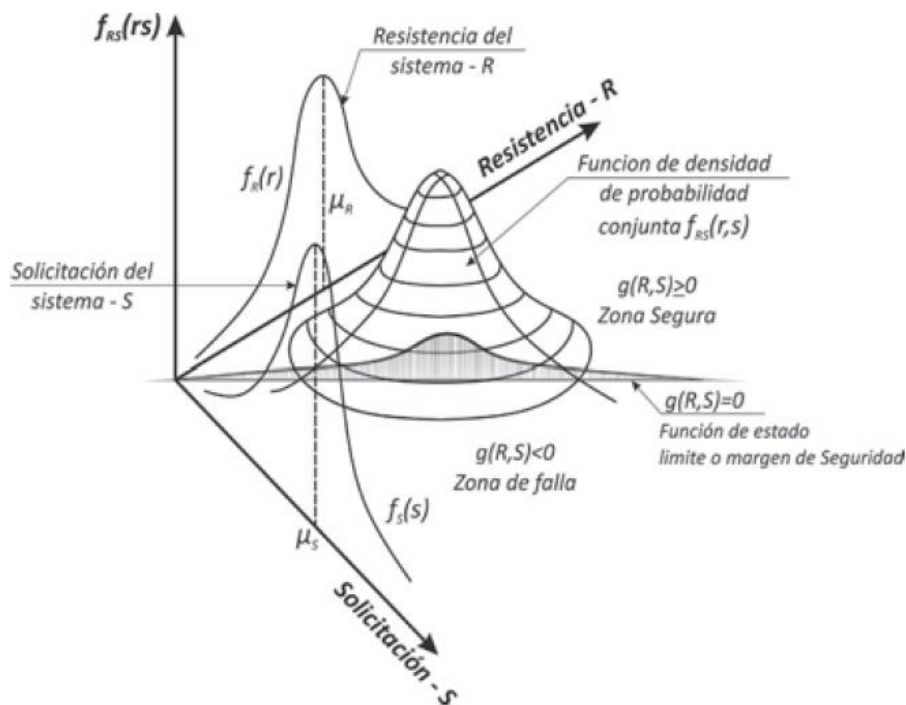
$$p_f = (R - S \leq 0)$$

$$p_f = (\ln R - \ln S \leq 1)$$

O la forma General es:

$$p_f = (G(R, S) \leq 0)$$

Donde  $G()$  es el llamado función de estado límite y la probabilidad de falla. Después la forma más general de las funciones de densidad para  $f_R$  y  $f_S$  se muestran en la siguiente figura 4:



**Figura 4** Funciones de densidad  $f_R$  y  $f_S$ . (tomado de Sánchez Silva, 2005, citado por Melchers, R. y Beck, A. 2018).

Posteriormente, para cualquier elemento infinitesimal ( $\Delta r + \Delta s$ ); por lo tanto, se puede interpretar la probabilidad de  $R$  toma un valor entre  $r$  y  $r + \Delta r$ ; ahora bien,  $S$  toma valores de  $s$  y  $s + \Delta s$ , donde  $\Delta r$  y  $\Delta s$  se aproximan a cero. Después la forma general escrita en función de las funciones de densidad, citado por Silva, J. 2018. es escrita:

$$p_f = P(R - S \leq 0) = \iint f_{RS}(r, s) dr ds$$



Luego, como las funciones  $f_R$  y  $f_S$  son independientes, se puede representar de la siguiente forma:

$$p_f = P(R - S \leq 0) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{s \geq r} f_R(r) f_S(s) dr ds$$

Para concluir, (Melchers, R. y Beck, A. 2018 citado por Silva, J. 2018), llega a expresar la solución general en función de la distribución aglomerada de la resistencia, lo que admite simplificar el cálculo a una integral simple:

$$p_f = P(R - S \leq 0) = \int_{-\infty}^{+\infty} F_R(x) f_S(x) dx$$

Confiabilidad para variables aleatorias normales: Este caso especial de acuerdo a (Gongkang, F. 2012 citado por Silva, J. 2018), es adaptable para funciones Resistencia (R) y Solicitación (S), que se acoplan a distribuciones Normales y Lognormales, resultando muy apropiado en un cálculo de diseños o evaluaciones en puentes. Por lo tanto, se consideran las funciones necesarias ordenando la determinación de medidas de dispersión:

- ✓ Para la media:  $\mu_G = \mu_R - \mu_S$
- ✓ Para la Desviación estándar:  $\sigma_G = \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}$

Luego partiendo de la ecuación general

$$p_f = P(R - S \leq 0) = \iint f_{RS}(r, s) dr ds$$

$$P_f = \int_{-\infty}^{-\mu_G/\sigma_G} f(g) * dw = \int_{-\infty}^{-\frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}}} f g * dw$$

$$p_f = \Phi\left(-\frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}}\right) = \Phi(\beta)$$

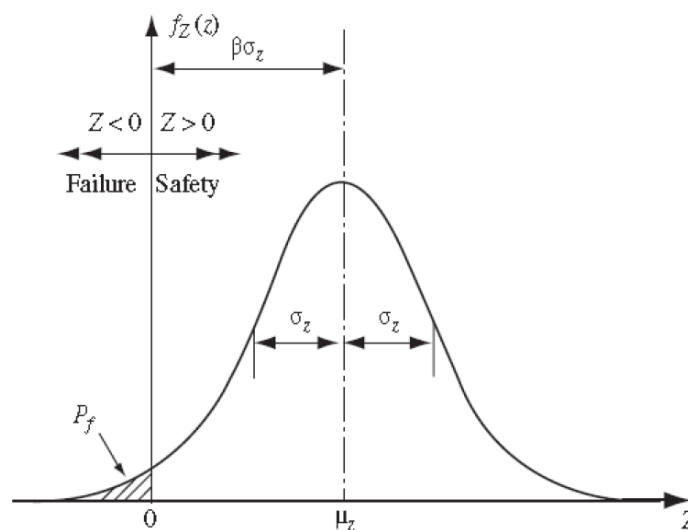
Luego el valor del índice  $\beta$  es:

**Ecuación 13:** índice de Confiabilidad  $\beta$ .

$$\beta = \left( -\frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}} \right)$$

El índice  $\beta$ , es denominado índice o nivel de confiabilidad.

Índice de Confiabilidad: Según (Nowak, A. 1999 citado por Silva, J. 2018), se considera que el índice de confiabilidad es una disposición de la seguridad estructural, que nos da un mejor entendimiento de la función que cumple una estructura en expresiones de probabilidad. El valor del índice de confiabilidad, habiéndose hecho la operación de distribuciones de las variables en este caso R y S ( $G=R-S$ ), se tiene una nueva distribución donde es posible estimar la seguridad (área bajo la curva desde el origen a la derecha) y el estado de falla (área bajo la curva desde el origen a la izquierda). Esta definición se evidencia en la siguiente figura 5:



**Figura 5** Margen de seguridad e índice de confiabilidad estructural. (Melchers, R y Beck, A. 2018).

Técnicas de Calculo según Simulación de Montecarlo: en la sección precedente se había presentado algunos métodos para calcular el índice de confiabilidad ( $\beta$ ) de manera analítica y aproximada, donde la característica principal es que se usan para funciones de distribución probabilísticas conocidas. Por consiguiente, se encuentran estados límites y distribuciones probabilísticas que el valor encontrado del índice  $\beta$  no resulta aproximado al real o el cálculo

de algunos estados límites resultaría dificultoso por la cantidad de variables; en esta situación las técnicas de simulación resultan la solución más adecuada.

La Simulación de Montecarlo es un procedimiento especial que consiste en generar una muestra de resultados numéricos ( $n$ ), de un conjunto de información ( $N$ ). Utilizando estos resultados para establecer la distribución de probabilidad o la consideración de parámetros estadísticos, citado por Silva, J. 2018.

Los pasos propuestos para una simulación de Montecarlo son:

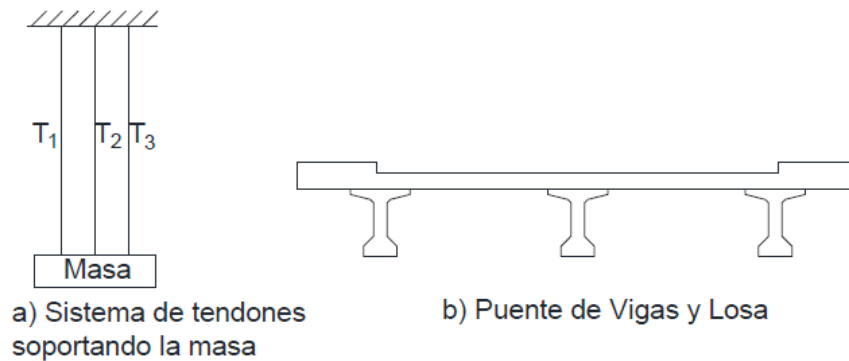
- 1) Definir las funciones de probabilidad de entrada  $G(X_1, X_2, \dots, X_n)$  y  $G = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n$
- 2) Generar valores aleatorios de las variables que se ajusten a la función de distribución probabilística.
- 3) Aleatoriamente generar el valor de la función  $G = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n$
- 4) Guardar el valor generado
- 5) Repetir los pasos anteriores (1-4) hasta tener suficientes valores generados.
- 6) Graficar los valores en gráfico que estime la probabilidad de falla.
- 7) Calcular la probabilidad de falla si se tiene un número representativo de resultados.

**Ecuación 14:** Probabilidad de falla si se tiene un número representativo de resultados.

$$pf(G) = \frac{\text{número de tiempos que } G < 0}{\text{total números generados de la simulación}}$$

Sistemas de seguridad estructural consiste en evaluar la confiabilidad estructural de todos los elementos y su interacción como conjunto. (Nowak, A. y Collins. K. 2000).

Sistema en Paralelo de acuerdo a lo planteado por Nowak, A. y Collins. K. (2000), son sistemas que no se hallan interconectados uno seguido de otro, sino que tiene diversas formas o modos de conexión alternos, esto se muestra en la figura siguiente:



**Figura 6** Sistema en serie. (Adaptado de Nowak, A. y Collins. K, 2000).

**Ecuación 15:** Probabilidad de falla para un sistema en paralelo.

$$Pf = 1 - (1 - Pf_A) * (1 - Pf_B) * (1 - Pf_C) * \dots * (1 - Pf_n)$$

Niveles de seguridad estructural como sustenta Zlatko Šavor y Marta Šavor (2014), los niveles de seguridad dependen al enfoque y la filosofía del modo de evaluación, esto es, índices de seguridad para el método probabilístico y determinístico detallan el comportamiento de las estructuras numéricamente, pero en esencia señalan el desempeño estructural de sus miembros, citado por Silva, J. 2018.

Niveles de seguridad para la evaluación probabilista referente a lo que sustenta Gongkang F. (2012), contempla que para este tipo de evaluación se debe cotejar que el índice de confiabilidad estructural de un puente sea mayor al índice del nivel objetivo, esto es, el índice de confiabilidad con el que se diseñó un puente o se halla evaluando.

$$\beta_{objetivo} < \beta = -\Phi^{-1}(pf)$$

Citando la investigación Zlatko Šavor y Marta Šavor (2014), quienes manifiestan los índices de confiabilidad mínimos, que deben tener las estructuras para ser consideradas seguras, para códigos de diversos países con elevado desarrollo en infraestructura vial, citado por Silva, J. 2018.

Tabla 6 Niveles de seguridad admisibles en países diversos. (Zlatko Šavor y Marta Šavor 2014).

Código referencia	Índice de confiabilidad $\beta$		Periodo de referencia	
	Nuevo	Existente	Nuevo	Existente
CANADA / CSA – S6 - 06	3.75	2.50	100	5
LRFD USA	3.50	2.50	75	5
EROCODIGO	4.7	4.50	100	15
ALEMÁN NAN 8700	4.3	4.30	100	-
AUTRIA ONR 24008	4.3	4.30	100	-
SUIZA SIA 269	4.30	4.30	100	-

Los niveles seguridad para un análisis de confiabilidad, formulado por el US Army Corps of Engineers, (1997), para los componentes estructurales que constituyen los puentes; relaciona índices de confiabilidad ( $\beta$ ) versus los niveles de desempeño, se evidencia a continuación:

Tabla 7  
Relación entre índice de confiabilidad ( $\beta$ ), probabilidad de falla ( $P_f$ ) y niveles de desempeño, (Adaptado de US Army Corps of Engineers 1997).

Índice de confiabilidad ( $\beta$ )	Probabilidad de falla ( $P_f$ )	Nivel de desempeño
0.0	0.50	Falla
1.0	0.16	Peligroso
1.5	0.07	Insatisfactorio
2.0	0.023	Pobre
2.5	0.006	Bajo el promedio
3.0	0.0001	Arriba de promedio
4.0	0.00003	Bueno
5.0 a más	0.0000003	Alto

## 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es el nivel de confiabilidad de la superestructura del puente Huacariz – Cajamarca?

## 1.3. OBJETIVOS

### 1.3.1. Objetivo general

- Determinar el nivel de confiabilidad de la superestructura del puente Huacariz – Cajamarca.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la resistencia del concreto a través de ensayos no destructivos de las situaciones estructurales del puente Huacariz de la ciudad de Cajamarca – Cajamarca.
- Examinar los cálculos estructurales mediante el uso del software CSI BRIDGE V20.2.0., las condiciones actuales de la estructura y las normas vigentes.
- Efectuar el estudio de tránsito vehicular, para analizar los tipos de vehículos que transitan en el puente, encontrar el volumen de máxima demanda vehicular en un día de la semana y observar la influencia de los vehículos pesados en dicho puente.
- Diagnosticar la condición actual del puente Huacariz, a través de observaciones en campo y métodos descriptivos de evaluación de puentes.

## 1.4. HIPÓTESIS

### 1.4.1. Hipótesis general

El puente de Huacariz de la ciudad de Cajamarca – Cajamarca – Cajamarca, tiene buen nivel de confiabilidad estructural.

### 1.4.2. Hipótesis específicas

- El puente Huacariz presenta áreas afectadas considerables en sus elementos estructurales.
- El puente Huacariz de la ciudad de Cajamarca – Cajamarca – Cajamarca, no cumple con la resistencia con la que fue diseñada.
- El puente Huacariz de la ciudad de Cajamarca – Cajamarca – Cajamarca, no cumple para el tren de cargas que fue diseñado.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

A esta investigación, se la denomina investigación mixta, ya que implica la recopilación y estudio de datos cuantitativos y cualitativos realizados en campo. Esta investigación es análisis de la información; ya que utilizamos el estudio de la observación y recolección de datos directamente en campo, en un tiempo determinado. En esta indagación se realizó un trabajo evaluativo del puente, en el cual se determinó la ubicación y características del puente y se identificó cuantitativamente el nivel de confiabilidad del puente.

### 2.1. POBLACIÓN Y MUESTRA (MATERIALES, INSTRUMENTOS Y MÉTODOS)

#### 2.1.1. Materiales e instrumentos utilizados en la investigación

Los Materiales y equipos que se usó en la presente investigación son los siguientes:

- ✓ Tizas color blanco y roja.
- ✓ Escalera de aluminio de 5m.
- ✓ Guantes de cuero
- ✓ Lentes 3M, ANSI Z87.1-2003
- ✓ Casco blanco 3M, serie H-700,
- ✓ Zapatos punta de acero,
- ✓ Wincha de 50m, wincha de 5m,
- ✓ Cámara fotográfica, marca Samsung WB 150F HD 14.2 Mega Pixels 18x
- ✓ Esclerómetro, marca El Cometer.

**Población:** Pertenece al conjunto de los puentes losa de la ciudad de Cajamarca, región de Cajamarca.

**Muestra:** Para el fin de la presente investigación, se tomó como muestra al Puente losa Huacariz, ubicado en la Av. San Martín de Porres cuadra número 24, de la ciudad de Cajamarca.

### 2.1.2. Procedimiento a seguir

- **Ensayos de esclerómetro del puente Huacariz**

Este estudio se llevó a cabo en situ, los ensayos de esclerómetro son ensayos no destructivos, que nos ayudan a determinar la resistencia actual de la estructura en estudio, por tal motivo, es de mucha importancia la aplicación de este ensayo, con el que podemos determinar la resistencia de un elemento de concreto con pruebas de mínimo 9 rebotes del esclerómetro, en el concreto endurecido, en tal sentido, se hace la síntesis del procedimiento:

1. Se sostiene el esclerómetro firmemente de manera que el embolo esté perpendicular a la superficie de la prueba.
2. Luego se empuja gradualmente el instrumento hacia la superficie de la prueba, hasta que el martillo impacte.
3. Después del impacto se mantiene la presión en el instrumento para trabar el émbolo en su posición contraída, se debe de leer el número de rebote en la escala en el número entero más cercano y se registra, las pruebas se realizaron a no menos de 2.5cm entre los puntos.
4. Se examina la impresión hecho en la superficie después del impacto, y si el impacto machaca o rompe, significa que la superficie tiene un vacío de aire, por ello se debería desechar la lectura y realizar otra, esto permite identificar las áreas y evaluar los niveles de resistencia del concreto, donde se realizó un análisis de toda la estructura, todo esto contenido en la norma ASTM C 805.



- **Estudio de tráfico del puente Huacariz**

El Estudio de Tránsito vehicular, tiene como objetivo, cuantificar y clasificar por tipos de vehículos y conocer el volumen diario de los vehículos que transitan por el puente Huacariz de la ciudad de Cajamarca, materia de estudio, y así a través del conteo vehicular, verificar el nivel de tráfico a futuro. Nuestro primordial objetivo es determinar los tipos de vehículos pesados que transitan con mayor frecuencia, de esta manera poder determinar la carga móvil actual a la que está expuesta el puente. Además, obtenemos el Índice Medio Diario (IMD), es decir el día de máxima demanda vehicular de la semana, para obtener un estudio de tránsito vehicular en la actualidad del puente, con el que se hizo estadísticas de tránsito y verificamos la afluencia de vehículos, para poder obtener las características de tránsito en dicho puente. El conteo de tráfico vehicular, características generales del conteo, las características básicas del conteo vehicular fueron las siguientes:

- a) Los conteos fueron realizados durante 21 días de lunes a Domingo.
- b) Los conteos se hicieron durante 14 horas y 30 minutos, con el propósito de identificar lo más claramente posible, el comportamiento del flujo vehicular durante el día y la noche.
- c) Las horas de conteo se realizaron desde las 6:30 AM. hasta 21:00 PM. del mismo día, los turnos se realizaron de corrido.
- d) Los conteos vehiculares fueron dentro de 15 minutos y cerrados cada hora con el propósito de evaluar posibles variaciones horarias.
- e) Los vehículos que se contabilizaron fueron: autos, taxis, camionetas, combis, camiones, como se muestra:

Tabla 8

*Tipo de vehículos considerados en el estudio de tráfico del puente Huacariz. (Elaboración Propia)*

Tipo de vehículos				
TRÁFICO LIVIANO				TRÁFICO PESADO
				
<b>AUTO</b>	<b>TAXI</b>	<b>CAMIONETA</b>	<b>COMBI</b>	<b>CAMIÓN c2, c3, c4</b>

F) El conteo se hizo, en dos estaciones, durante veintiún (21) días consecutivos, los conteos de tránsito vehicular, tuvieron por objeto conocer la fluencia del tráfico con la que cuenta la estructura del puente, así como también, su composición vehicular y variación diaria. Con el análisis de conteo vehicular, hallamos el Índice Medio Diario (IMD), es decir el día de máxima demanda vehicular de la semana, este dato sirve para describir las características de tránsito vehicular del puente.

- **Modelamiento del puente Huacariz en el software CSI BRIDGE V20.2.0. 2018**

En el paso del tiempo se han usado varios métodos para el diseño y cálculo de puentes, que dependen de los cursos disponibles y la instrucción que obtenga el responsable encargado, siendo de mucha utilidad el uso de software, que de celeridad al proceso; además, es una guía de instrucción y una herramienta necesaria para cotejar los resultados conseguidos.

El objeto de análisis de las propiedades y parámetros es conocer la cargas y factores de cargas a la que está expuesta la estructura del puente Huacariz, con la finalidad, de tener conocimiento cómo será la distribución de las cargas actuales, en concordancia de acuerdo a lo establecido en la norma AASTHO LRFD. Este estudio nos permite identificar los múltiples tipos de carga que hay y a la vez cuantificarlos, datos que utilizaremos para ingresar al software Csi Bridge V20.2.0.

La modelación geométrica en el Software Csi Bridge V20.2.0., es un sistema integral del estado y técnica para el análisis estructural sísmico, para el proyecto y evaluación de puentes simples y complejos. Absolutamente los comandos interactúan mediante conexiones lógicas en un solo sistema. Los prototipos de puente son producidos a partir de formatos en el programa están como establecidos, permitiendo al recurrente optimizar el tiempo en la elaboración del modelo de puente a diseñar.

Utilizando el software CSI Bridge, los interesados atribuirán los detalles geométricos complejos del puente, exigencias de contorno y las situaciones de carga demandadas. Los modelos del puente se puntualizan paramétricamente, la utilidad es comprendida y relacionada con la especialidad a los ingenieros de puentes, como fuentes de diseño de los diferentes elementos estructurales.

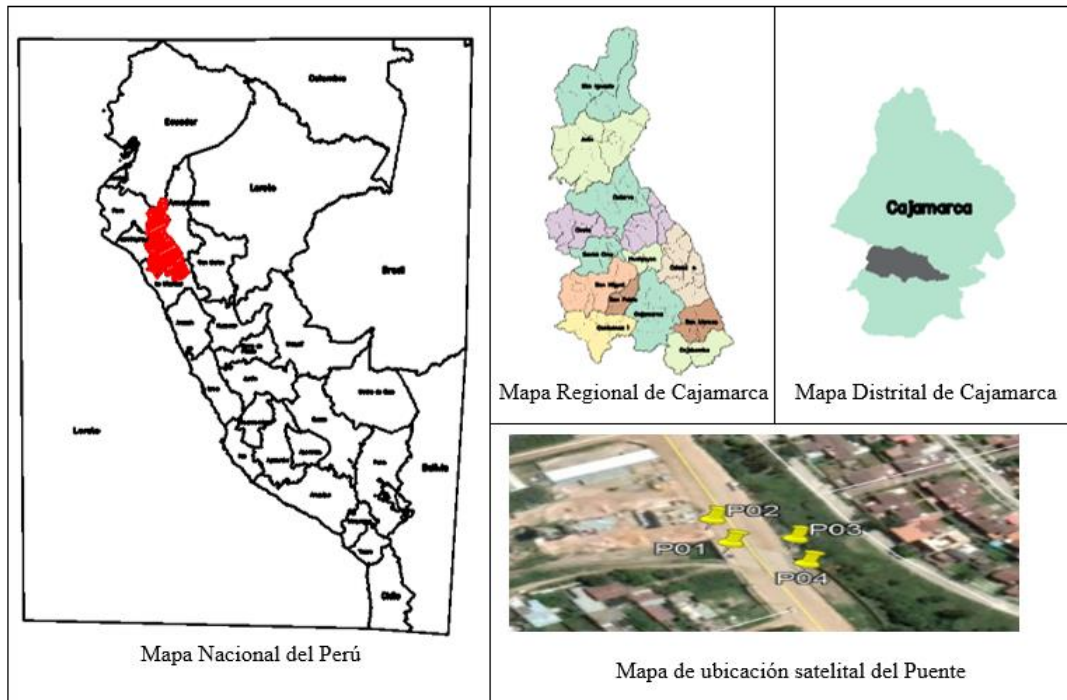
## **2.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.1.1. Tipo de investigación.**

La presente investigación se la denomina investigación mixta, ya que implica la recopilación y estudio de datos cuantitativos y cualitativos realizados en campo, para luego explicar las características del puente a un nivel cualitativo y posteriormente determinar el nivel de confiabilidad de la superestructura con datos cuantificables.

### **2.1.2. Ubicación geográfica de la investigación**

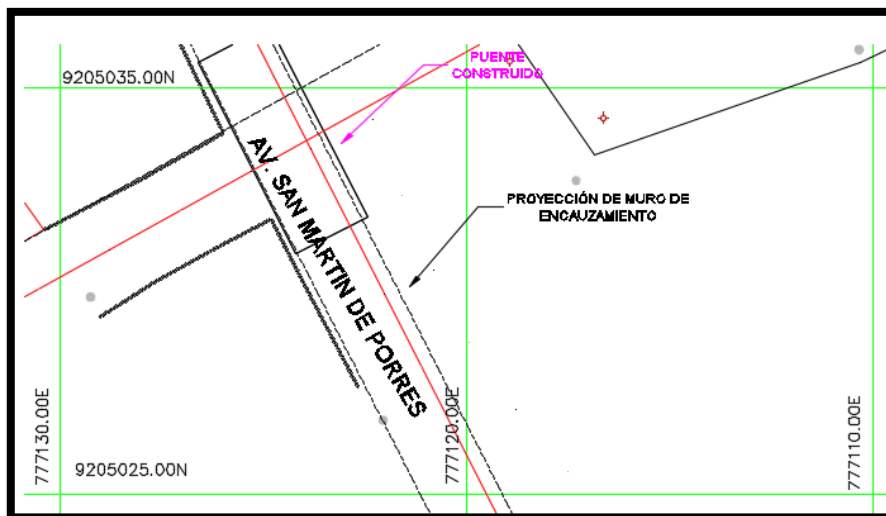
La ubicación de la investigación comprende al puente Huacariz, localizándose en la sierra norte del Perú, ubicado en el distrito de Cajamarca, Provincia de Cajamarca en la Región de Cajamarca.



**Figura 7** Ubicación geográfica del puente estudiado.

### 2.1.3. Muestra de Estudio

La investigación se realizó únicamente en el puente Huacariz localizado en la Av. San Martín de Porres, cuadra número 24.



**Figura 8** Información de localización del puente Huacariz. Datum WG 84.

Tabla 9

Información de ubicación geográfica del puente Huacariz. Datum WGS 84.

N°	NOMBRE	COORDENADAS	ELEVACION
1	Puente Huacariz	777120 E, 9225035 N	2713.30 m.s.n.m

#### 2.1.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- **Las Técnicas:** se utilizó diversas técnicas para la recolección de datos como se presentan a continuación:
  - a) **Recolección de medidas** de la forma de los elementos estructurales del puente. Estos datos fueron obtenidos por medio de una indagación documentaria e in situ:
    - ✓ Datos del expediente, se obtuvieron del documento: “Construcción del puente en la Av. San Martín de Porres cuadra número 24”.
    - ✓ Medición directa en campo de las dimensiones, de los elementos que componen la superestructura del puente, esto es aletas y losa, del Puente Huacariz en estudio para su contrastación con lo dispuesto en el expediente técnico de la construcción.



**Figura 9** Medición del ancho del Puente in Situ.


b) **Medición de la resistencia de los materiales:** con pruebas de ensayos no destructivos (esclerómetro) para el concreto e información del fabricante para el acero de refuerzo, preesfuerzo y estructural. Para ello se usó la información documentaria del expediente de construcción y ensayos como se muestra a continuación:

- ✓ Datos del expediente se obtuvieron del documento: “Construcción del puente Huacariz en la Av. San Martín de Porres cuadra número 24.”
- ✓ Ensayo de Esclerómetro, realizados solamente en concreto, recomendado en el Manual de Evaluación de puentes de la AASHTO (2013) y sigue las especificaciones de la norma ASTM C 805.



**Figura 10** *Ensayos de esclerometría en elementos estructurales del puente.*

**Tabla 10** Ficha de los ensayos de esclerometría utilizados en el puente Huacariz. (Elaboración Propia)

ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA PUENTE HUACARIZ - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA								
	ENSAYO		Esclerometría					
	NORMA		ASTM C 805					
N° DE LECTURAS	PUNTO N°01				PUNTO N°02			
	ALETAS (Lado Derecho)				ALETAS (Lado Derecho)			
	LECTURA				LECTURA			
	REBOTE	VALIDOS	Kg/Cm2	VALOR REAL	REBOTE	VALIDOS	Kg/Cm2	VALOR REAL
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
DIRECCION	HORIZONTAL				HORIZONTAL			
ANGULO DE PRUEBA								
( $\mu$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )								
( $\sigma$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )								
COEFICIENTE DE VARIACION (C.V)								

- c) **Observación experimental de campo:** de manera que se registre el tránsito y los tipos de vehículos que circulan por la infraestructura en estudio y las cargas de los vehículos, utilizándose netamente los datos del expediente usados en el diseño y de campo obtenidos por observación directa.
- ✓ Los datos del expediente se obtuvieron del documento: “Construcción del puente Huacariz en la Av. San Martín de Porres en la cuadra número 24”.
  - ✓ Los datos de campo fueron obtenidos mediante aforo vehicular, tomando como estación de conteo en nuestro puente Huacariz y cuyos reportes de tránsito vehicular general se presentan en los Anexos. De esta manera se investigó la carga neta y bruta



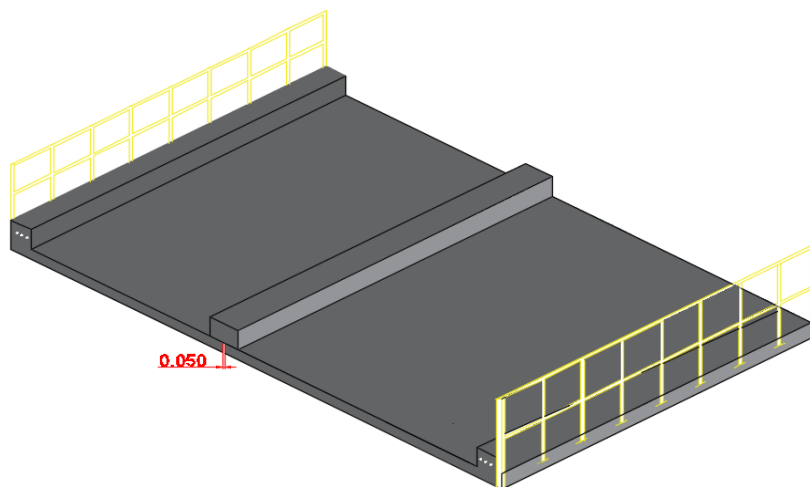
de los vehículos, registrando el valor de los pesos especificados en el cartel de cargas reglamentario.



*Figura 11* Recolección de información vehicular y tránsito in situ.

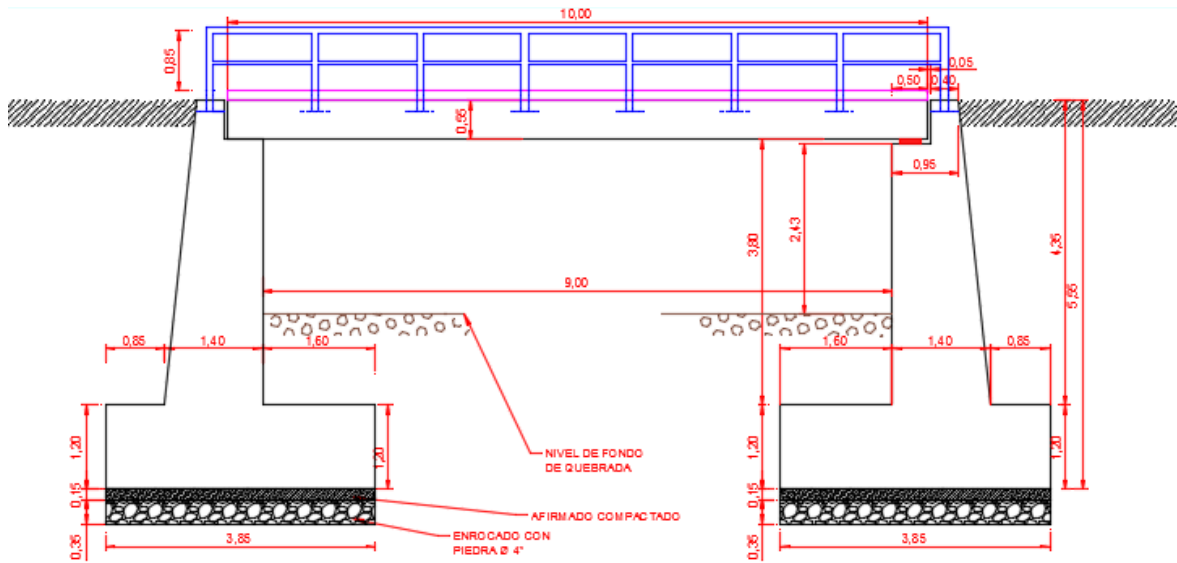
### 2.1.5. Descripción de la superestructura investigada.

El puente se encuentra ubicado entre la Av. San Martín de Porres cuadra número 24, en las coordenadas Datum WGS84 17S, 777190 E, 9204950 N a una altura de 2713.30 m.s.n.m. Tiene una superestructura tipo losa, con una longitud de 10.00 m entre ejes de los apoyos, con un ancho de losa de 10.80 m en donde se incluyen barandas, vereda peatonal, carriles y bermas, el detalle de las dimensiones y refuerzo se presentan a continuación:



**Figura 12** Vista isométrico de la losa del puente Huacariz. (Elaboración Propia)





**Figura 13** Elevación de la superestructura del puente Huacariz.

Fuente: Expediente técnico.

### 2.1.6. Resistencia de los elementos estructurales.

#### Propiedades de los Materiales y Dimensiones de los elementos estructurales.

- *Resistencia de Concreto:* Son los datos del ensayo de esclerometría y se muestran en la Tabla 16, además, de las especificaciones del expediente técnico.
- *Resistencia de Acero de Refuerzo y Preesfuerzo:* Estos datos se han obtenido de las especificaciones técnicas de los planos, encontrados en el expediente técnico.
- *Resistencia del Acero Estructural:* los datos se han obtenido de las especificaciones técnicas de los planos y fichas técnicas de los fabricantes, dados en el expediente técnico.
- *Geometría de los Elementos:* estos datos son presentados en los Anexos, son el resultado de la verificación de las dimensiones de los planos del expediente con lo que se ha medido en campo.

### 2.1.7. Datos para el Nivel de confiabilidad estructural del puente losa

La confiabilidad estructural requiere un análisis a nivel probabilístico de las variables implicadas, y los factores que definen la variable **solicitación** y la **resistencia**, deben estar expresadas en una función de distribución probabilísticas con sus parámetros estadísticos definidos. Entonces para determinar el nivel de confiabilidad se siguió la siguiente metodología:

- **Modelo de Cargas o Solicitaciones**

Para la especificación del modelo de cargas o solicitaciones (todas las cargas aplicadas a un puente, cargas muertas y vivas), se ha empleado la sugerencia de (Wisniewsky, 2007 citado por Silva, J. 2018), manifestándose en forma prioritaria las distribuciones de probabilidad estadística (Normal o LogNormal) y sus correspondientes parámetros estadísticos de las cargas actuantes para puentes; para después afectarse a las cargas adquiridas de análisis estructural.

#### a) **Parámetros Estadísticos de Carga**

La clasificación de parámetros estadísticos para cargas, figuran las posibles variaciones que actúan en los puentes, por lo que el modelo de solicitaciones o cargas se clasificó en:

**Carga Estática:** Para esta determinación es necesario las variables estadísticas (distribución, factor bias y coeficiente de variación), recomendados por Nowak y Collins (2000), los que también tienen apoyo en el código AASHTO (2017), aplicado para diseño y evaluación estructural de puentes, estando los siguientes valores previstos.

**Tabla 11** *Parámetros estadísticos seleccionados para cargas estáticas. (Elaboración Propia)*

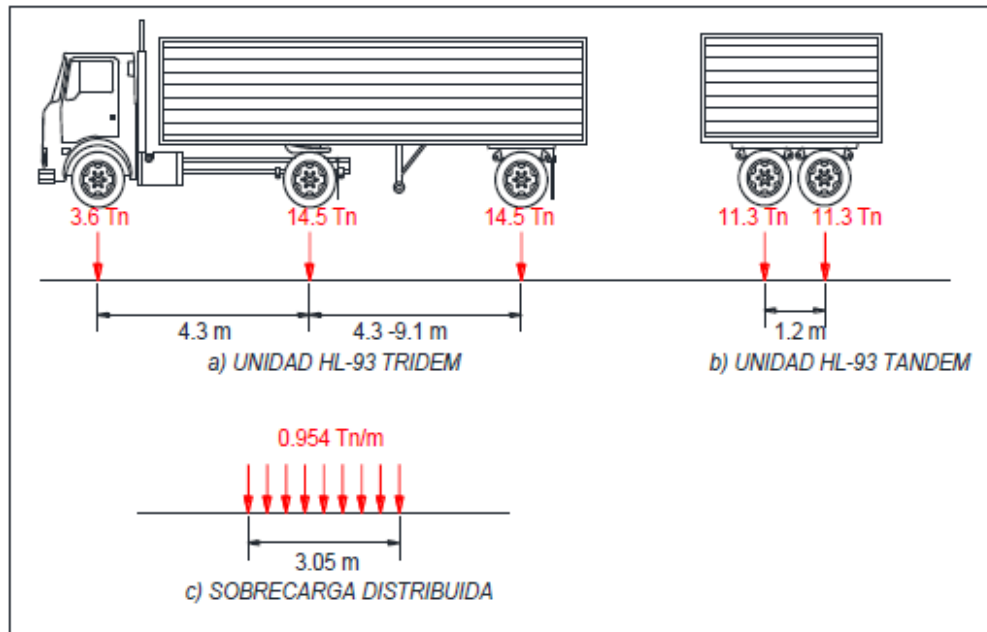
Componente	Nominal	Distribución	Factor Bias	Coefficiente de Variación
Concreto hecho in situ	2500 Kg/m <sup>3</sup>	Normal	1.05	0.10
Superficie de Rodadura	2200 Kg/m <sup>3</sup>	Normal	1.00	0.25
Otros elementos	350 Kg/m	Normal	1.05	0.10
Carga Peatonal	367 Kg/m <sup>2</sup>	Lognormal	1.00	0.18

**Carga Móvil:** para saber las cargas pesadas que actúan en un puente, se realiza el aforo de tránsito vehicular, por esta razón se requiere un estudio local en situ de los vehículos que transitan en la zona. Para la presente investigación se utilizaron los vehículos pesados reconocidos en el estudio de tráfico. (Véase *Tabla 18*)

También, es importante conocer la distribución de los ejes y cargas de los tipos de vehículos, y conocer los vehículos legales permitidos para transitar en los caminos. Por lo que en la presente investigación se empleó lo dispuesto en el Reglamento Nacional de Vehículos (2009).

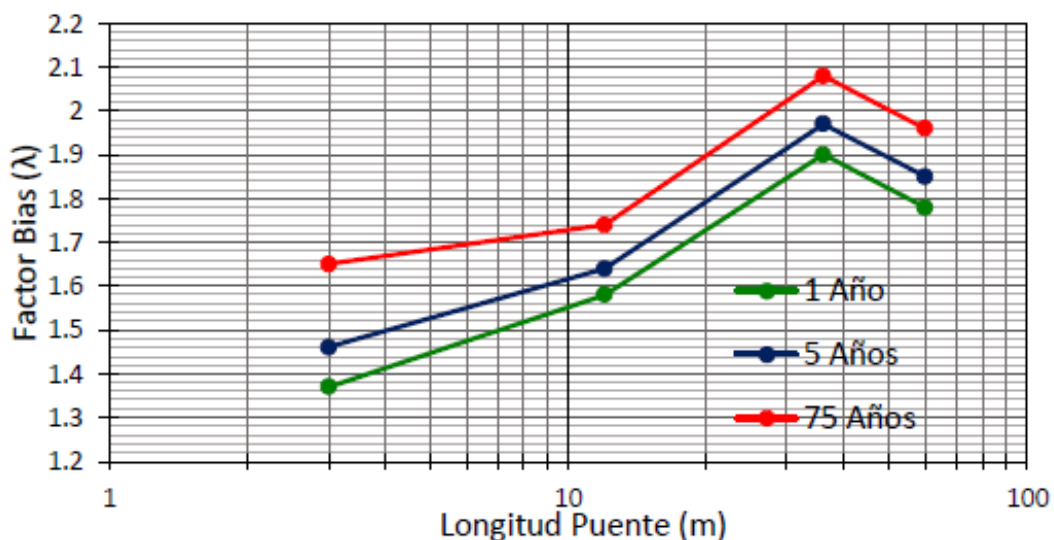
Se evalúa el diseño de la estructura, se evaluó con el vehículo de diseño HL 93, en concordancia: (National Cooperative Highway Research Program, 2003 citado por Silva, J. 2018), la carga viva para puentes está considerados los siguientes parámetros estadísticos:

- Distribución de probabilidad: Lognormal
- Factor Bias ( $\lambda$ ): 1.20
- Coeficiente de Variación (CV): 18%

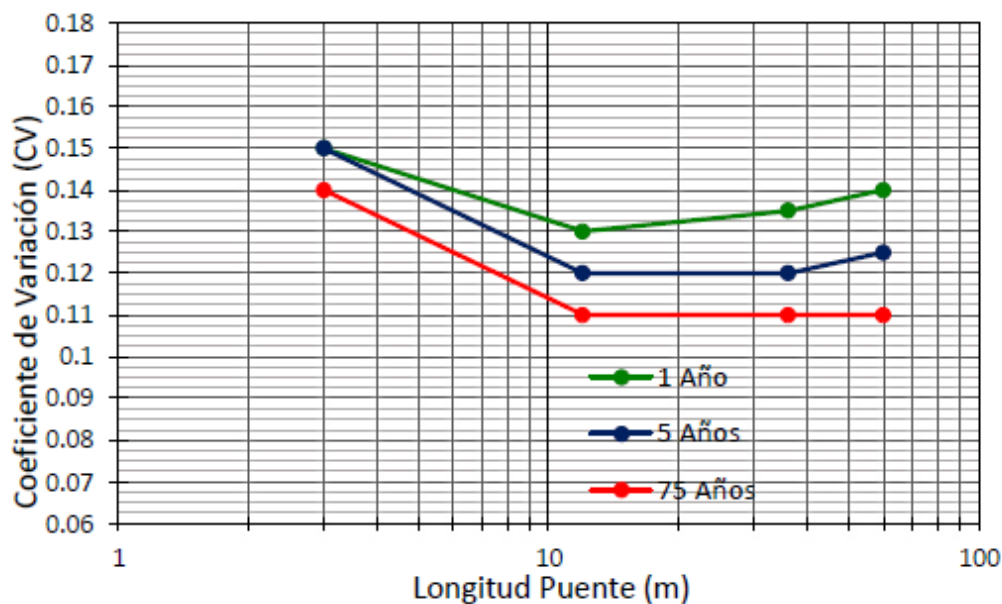


**Figura 14** Camiones para evaluación de cargas de diseño. (Adaptado de AASHTO 2017).

**Desempeño actual de la estructura**, se contemplan los vehículos que transitan por el Puente Huacariz entre la Av. San Martín de Porres cuadra número 24, de la ciudad de Cajamarca, y según a Nowak, A. (1993), los estadísticos se obtienen de la interpolación de las siguientes figuras, para el período de análisis y tipo de estructura, estos son:



**Figura 15** Factor bias ( $\lambda$ ) para cargas vehiculares. (Adaptado de Nowak, A. 1993).



**Figura 16** Coeficiente de variación (CV) para cargas vehiculares (Adaptado de Nowak, A. 1993, p281).

**Tabla 12** Parámetros estadísticos seleccionados para cargas móviles. (Elaboración Propia)

Puente	Periodo	Longitud (m)	Distrib. Probabilidad	Bias $\lambda$	C.V. (%)
Puente Huacariz	5 años	10.00	Lognormal	1.62	0.123

### b) Funciones de Probabilidad de Carga

Para la construcción de las funciones se consideró la metodología tratada por Nowak, A. y Collins, K. (2000), por medio de las relaciones presentadas a continuación:

**Ecuación 16:** Media y Desviación Estándar de la función de probabilidad de carga.

$$\mu = \lambda * S$$

$$\sigma = C. V * \mu$$

Donde:

- $S$ : Valor nominal obtenido del Análisis estructural.
- $\lambda$ : Factor bias considerado para el análisis.
- $C. V$ : Coeficiente de variación considerado para el análisis
- $\mu$ : Media de la función de probabilidad.
- $\sigma$ : Desviación estándar de la función de probabilidad.

Además de conocerse la Distribución de Probabilidad y con los estadísticos de media y desviación estándar se construyen las funciones, esto se realizó con la ayuda del Software Crystal Ball, citado por Silva, J. 2018.

### c) Modelo Matemático de Carga

El modelo de carga, es descrito por la suma de todas las variables que perfecciona la función de probabilidad de Solicitación o Carga, en tal sentido se adecuo al modelo recomendado por (Hyo - Kim. Et al. 2016 citado por Silva, J. 2018), en tal sentido se evidencia a continuación:

**Ecuación 17:** *Modelo Matemático de Cargas.*

$$p(D_i, LL, \dots) = DC + DW + PL + LL + IM$$

Donde:

- $p(S)$ : probabilidad de solicitudes o cargas
- $DC$ : probabilidad debida al peso propio de elementos estructurales
- $DW$ : probabilidad debido al peso de la superficie de rodadura
- $PL$ : probabilidad debido a la carga peatonal
- $LL$ : probabilidad debido a la carga viva
- $IM$ : probabilidad debido a la carga de impacto

- **Modelo de Resistencia**

Para la construcción de un modelo de resistencia, es importante definir los parámetros estadísticos de las propiedades mecánicas de los materiales, como las principales variables del modelo matemático, tomándose las dimensiones como valores nominales, dado a que se evidencio en campo que la variación es del orden  $\pm 7.5$  mm, siendo valores muy pequeños, citado por Silva, J. 2018.

A continuación, se presenta un compendio de los principales valores variables en secciones presentes en puentes como son para elementos losas y vigas de concreto.

**Tabla 13** *Parámetros estadísticos de la variación de dimensiones en los elementos estructurales (MacGregor y Cornell).*

Propiedad	Error de decisión (cm)	Desviación estándar (cm)	Distribución
Peralte de losa	+0.075 a 0.53	0.66 - 1.19	Normal
Peralte de vigas	-0.30 a 2.06	0.64 - 1.40	Normal
Recubrimiento de barras superiores en losas	-1.02	1.27	Normal
Recubrimiento de barras inferiores en losas	-0.33	0.89	Normal
Recubrimiento de barras en viga	-0.56	1.35	Normal
Ancho nominal en vigas	+0.25	0.38	Normal
Dimensiones nominales en columnas	+0.15	0.64	Normal
Recubrimiento de barras inferiores en vigas	-0.90 a 0.15	0.71 - 1.14	Normal

**a) Parámetros Estadísticos de las propiedades mecánicas.**

*Para la evaluación del diseño*, los parámetros estadísticos considerados que afectan a la Resistencia nominal, tal y como lo recomienda Nowak, A. y Collins (2000) son los siguientes:

Tabla 14 *Los Parámetros estadísticos de resistencia Nominal (Rn), para la evaluación del diseño de los puentes investigados. (Nowak, A. 1999).*

Tipo de estructura	Resistencia	
	$\lambda$	C.V
<b>Vigas de vigas compuestas</b>		
<b>Momento</b>	1.12	0.10
<b>Cortante</b>	1.14	0.105
<b>Vigas reforzadas</b>		
<b>Momento</b>	1.14	0.13
<b>Cortante</b>	1.20	0.155
<b>Vigas preesforzado</b>		
<b>Momento</b>	1.05	0.075
<b>Cortante</b>	1.15	0.14

Para la evaluación del desempeño actual: Los estadísticos seleccionados para la idealización de la incertidumbre de las propiedades mecánicas de los materiales, se consideró los parámetros y funciones estadísticas de:

- Ensayo de Esclerometría: Estadísticos del concreto
- Coronel (2003): Estadísticos para Acero de Refuerzo
- Téllez, G (2005): Estadísticos para Acero de preesfuerzo y acero estructural.

Ya que son parámetros representativos para la construcción en la Región y se tiene similares condiciones en cuanto al trabajo del concreto y acero, citado por Silva, J. 2018. Estos parámetros son:

Tabla 15 *Parámetros estadísticos de las propiedades mecánicas del Puente investigado.*

Material	Distribución	Factor de Bias	Coefficiente de variación
<b>Concreto</b>	Normal	$\frac{fC'_{esclerometro}}{fC'_{diseño}}$	$\frac{fC'_{desv}}{fC'_{media}}$
<b>Acero refuerzo</b>	Normal	1.12	0.11
<b>Acero preesforzado</b>	Normal	1.10	0.05
<b>Acero estructural</b>	Normal	1.05	0.10



### b) Funciones probabilidad de Resistencia

Se considera lo siguiente para la evaluación del Diseño y Desempeño Actual:

Para la Evaluación del Diseño: la edificación del prototipo resistente, se sigue como lo recomienda (Nowak, A. y Collins, R. 2000 citado por Silva, J. 2018), puesto en conocimiento los valores de resistencia nominal ( $R_n$ ), los parámetros estadísticos de la Tabla 14, que pertenece a una distribución Normal, se realiza conforme al detalle:

**Ecuación 18:** *Media y Desviación Estándar de la función de probabilidad de Resistencia.*

$$\mu = \lambda * R_n$$

$$\sigma = C. V * \mu$$

Donde:

- $R_n$ : Valor de la Resistencia Nominal
- $\lambda$ : Factor bias considerado para el análisis
- $C. V$ : Coeficiente de variación considerado para el análisis
- $\mu$ : Media de la función de probabilidad.
- $\sigma$ : Desviación estándar de la función de probabilidad.

Así también, que, para la conformación de las funciones de probabilidad de carga, se elaboró en software Oracle Crystal Ball.

Para la Evaluación del Desempeño Actual: la edificación del modelo resistente se hizo de acuerdo a lo contemplado por (Muñoz, et al 2002 citado por Silva, J. 2018), que con lleva en operar la expresión resistente con parámetros estadísticos. Así se concluye:

- Resistencia Nominal ( $R_n$ ): Determinar la expresión matemática de resistencia de acuerdo a lo mostrado, de acuerdo al tipo de elemento estructural (Puente Losa).
- Dimensiones: se nombran Nominales especificados en los planos.

- Propiedades Mecánicas: se utilizaron los valores estadísticos descritos en la *Tabla 15*.
- Edificar el Modelo resistente con el soporte de software informático de generación de números aleatorios (Oracle Crystal Ball).
- **Análisis de Confiabilidad Estructural**

Al realizar un análisis de confiabilidad determinamos el índice de confiabilidad estructural, por lo que la metodología para el análisis, empleada en la presente investigación, es el Método de Simulación de Montecarlo, para dicho fin se usó el soporte de software especializado en este tipo de cálculo siendo, el software Oracle Crystall Ball, el asignado para los cálculos y para agilizar el proceso, citado por Silva, J. 2018.

#### **2.1.8. Recolección y análisis de datos.**

Se recolectó los datos de manera directa e indirecta, para luego ser analizados siguiendo las metodologías presentadas, luego procedemos a una evaluación comparativa y correlacional, para cumplir con los objetivos y la contrastación de la hipótesis de la presente investigación.

- **Datos de recolección indirecta**

El análisis documental fue conseguido con el apoyo del expediente técnico: Construcción del Puente Hucariz (2012), estuvo destinado para verificar el acero de los elementos estructurales, así también, el cálculo del puente, los apuntes son:

- Valoración de los elementos estructurales y especificaciones de los elementos estructurales, a modo de refuerzo y preesfuerzo.
- Cálculos realizados de resistencia de los materiales para la edificación. Detallados en el expediente técnico son los que se explican a continuación:


**Tabla 16** Resistencia de diseño de los elementos estructurales. (PROVIAS, 2009). (Elaboración Propia)

Puente de la investigación	Losa
Puente Huacariz	$f'c$ 280 Kg/cm <sup>2</sup> $f'y$ 4200 Kg/cm <sup>2</sup>

- **Datos de recolección directa**

- De los elementos estructurales del puente huacariz se cogió las longitudes para su análisis, apuntándose sus dimensiones las cuales son importantes para el modelamiento de la estructura.
- El análisis documental consolidados de la resistencia del concreto, se consiguieron con ensayos de Esclerómetro o Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete, que hace mención por ASTM C-805 (2002), teniendo en cuenta los elementos del puente se consiguió lo siguiente:


**Tabla 17** Resistencia de los elementos estructurales de concreto armado, evaluados con esclerómetro. (Elaboración Propia)

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA PUENTE HUACARIZ – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA		
	ESTUDIO		Esclerometría
	NORMA		ASTM C 805
PUNTO N°	N° MUESTRAS	Resistencia del concreto ( $f'c$ )	Coficiente de Variación (C.V)
1	LOSA (Lado Derecho)	256.632	13.44%
2	LOSA (Lado Derecho)	296.214	5.82%
3	LOSA (Lado Izquierdo)	319.056	3.80%
4	LOSA (Lado Izquierdo)	306.918	4.65%

- A través de observación directa se realizó el conteo y la clasificación para estudio de tránsito vehicular, con el propósito de indagar de forma objetiva el volumen diario de los tipos vehículos que transitan por el puente Huacariz de la ciudad de Cajamarca.

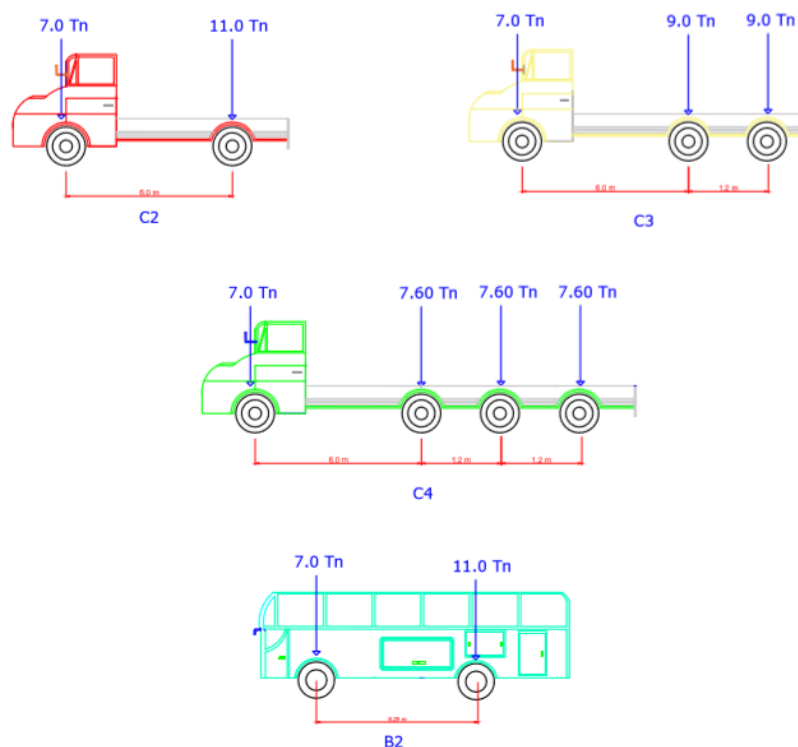
- Asimismo, se consiguió los datos de las cargas de los vehículos, a través de la investigación directa, todo esto como se evidencia en los apuntes y contraste de la tabla de cargas que tienen señalados los vehículos en el lado derecho de la carrocería. Teniendo en cuenta que en la Región Cajamarca no se evidencia dispositivos de pesaje, como se aprecia en el detalle siguiente:

**Tabla 18** Vehículos que transitan por el puente Huacaríz de la ciudad de Cajamarca.  
(Elaboración Propia)

ESTUDIO DE TRAFICO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	ESTUDIO		Tránsito Vehicular		
	NORMA		Reglamento Nacional de Tránsito – Código de Tránsito. DECRETO SUPREMO No 016-2009- MTC		
TOTAL DE VEHÍCULOS POR SEMANA, EN EL DIA DE MÁXIMA DEMANDA					
CLASIFICACION	TIPO DE VEHICULO	TOTAL			CARGA MÁXIMA (Tn)
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	
LIGERO	AUTO	481	459	474	—
	TAXI	452	450	486	
	CAMIONETA	533	447	444	
BUS	B2 Y COMBI	397	375	366	18Tn
CAMIÓN	C2, C3, C4	66	71	65	30Tn
TOTAL		1929	1802	1835	

- Asimismo, después de apreciar los tipos de vehículos que transitan en el puente, se definió las cargas y la separación entre ejes en concordancia con las sugerencias del Reglamento Nacional de Tránsito MTC (2009), para cargas por eje, en mérito al Anexo IV, del manual mencionado. También, se obtiene que las longitudes de todos los vehículos mencionados por esta regla, establecen a las dimensiones máximas permitidas, que debe poseer un vehículo, que no precisa mayor información sobre las dimensiones de camiones comerciales, por lo que se buscó indagaciones de cartillas técnicas de vehículos como en el documento de (A Policy On Geometric

Design Of Highways And Streets AASHTO citado por Silva, J. 2018), donde es posible encontrar con mayor detalle la información de los vehículos.



**Figura 17** Vehículos pesados de la investigación. (Elaboración Propia)

Los vehículos pesados de la figura 17, representan los vehículos con mayor participación en el puente Huacariz de la ciudad de Cajamarca, por esto es que para las cargas móviles por vehículo solo tomamos en consideración los vehículos de la figura 13, en especial las cargas de los camiones C2, C3, C4.

- **Diseño de Carga:** considerado la elaboración del estudio para la **estimación del diseño** con el vehículo de diseño HL-93 de la AASHTO LRFD. 2014 citado por Silva, J. 2018, y para valorar el **comportamiento actual** de la estructura con los vehículos evidenciados en la sección anterior. También de estudiar los efectos que hacen las combinaciones de los semejantes y su ubicación simple o simultánea en los

carriles, y consecuentemente conocer las solicitaciones o cargas actuantes en el puente de estudio.

- **Desarrollo de datos.**

El desarrollo de la indagación se ha hecho de una forma computarizada usando el software comercial de CSI Bridge V 20.2.0, citado por Silva, J. 2018, para análisis estructural especializado en análisis y diseño de puentes. Además, se consideró el proceso de averiguación en el software Oracle Crystal Ball, con especialización en cálculos de riesgo estadísticos, usado para la técnica de Simulación de Montecarlo. También, se ha utilizado diferentes programas como AutoCAD v 2018, Microsoft Word 2016, Microsoft Excel 2016.

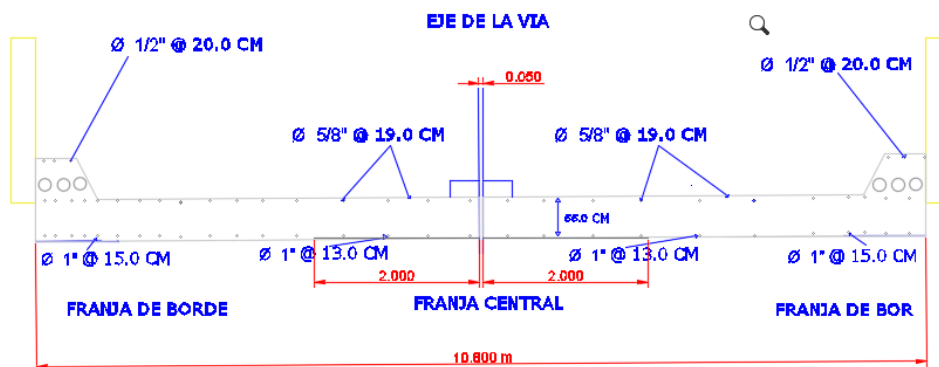
## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 3.1. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.

Los resultados obtenidos, siguiendo el procedimiento descrito anteriormente, se presentan en tablas y figuras, para la obtención final de los niveles de confiabilidad.

#### 3.1.1. Resistencia de los elementos estructurales

Con el propósito de definir el nivel de confiabilidad en los elementos estructurales del puente en estudio, se determinó Momentos y Cortantes Resistentes, empleando las fórmulas para las ecuaciones explicadas anteriormente, citado por Silva, J: 2018.



**Figura 18** Sección transversal del puente Huacariz. (Expediente técnico)

Tabla 19

*Momentos y cortantes nominales resistentes, del puente Huacariz. (Elaboración Propia)*

CALCULO DEL MOMENTO Y CORTANTE NOMINAL DEL PUENTE HUACARIZ										
Sección	Franja Interior					Franja Exterior				
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Promedio	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Promedio
Mn (Diseño) (Tn-m)	81.61	81.61	81.61	81.61	81.61	71.32	71.32	71.32	71.32	71.32
Mn (Actual) (Tn-m)	81.78	82.37	82.69	82.50	81.78	71.05	71.43	71.60	71.51	71.05
Vn (Diseño) (Tn)	52.26	52.26	52.26	52.26	52.26	56.93	56.93	56.93	56.93	56.93
Vn (Actual) (Tn)	52.06	52.41	52.59	52.49	52.06	56.72	57.07	57.25	57.15	56.72

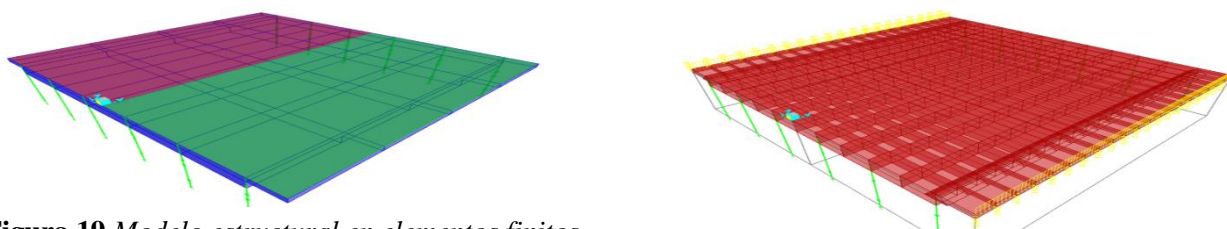
Las pruebas con esclerómetro en campo para encontrar la resistencia del concreto, se determinó en varios puntos, para hallar datos con mayor precisión, del estado de resistencia

del puente en estudio. El punto 1 y 2, pertenecen al lado derecho de la losa y el punto 3 y 4 al lado izquierdo. Para encontrar los factores de resistencia se trabajará con el promedio.

### 3.1.2. Modelo y análisis estructural de solicitaciones.

Se construyó un modelo matemático de la superestructura del puente tipo losa, en el software CSI Bridge v 20.2. y los resultados son los que se presentan a continuación:

**A) Modelo Estructural:** El modelo estructural se realizó con 200 elementos Shell, que modelan la geometría del puente investigado.



**Figura 19** Modelo estructural en elementos finitos.

a) Modelo tridimensional del puente losa.

b) Modelo estructural de elementos Finitos.

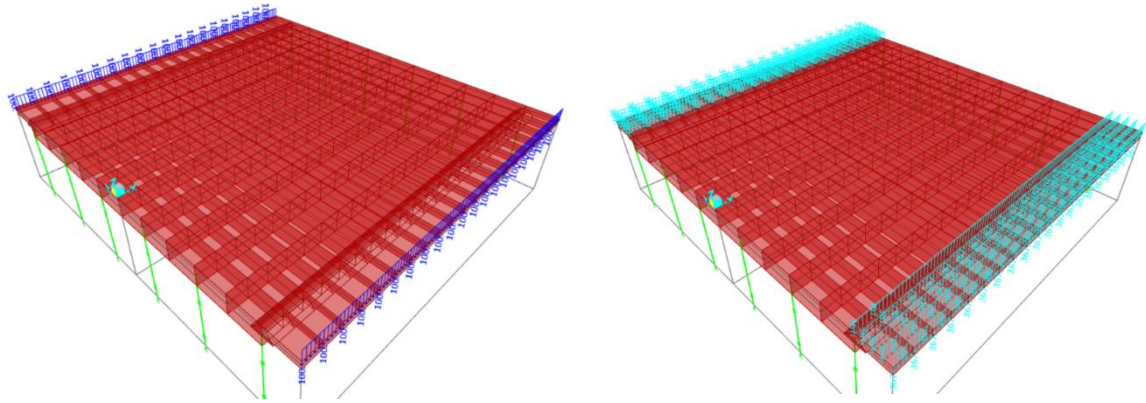
**B) Cargas Asignadas:** Las principales cargas asignadas se llevó de acuerdo al Manual de Puentes MTC (2018), haciéndose una distinción importante en las cargas móviles para diseño se realizó en análisis con el grupo de vehículos HL-93, y para encontrar el comportamiento actual se realizó modelándose los vehículos encontrados en el aforo. Esto se resumen en la siguiente Tabla.

**Tabla 20** Cargas asignadas para el análisis del puente.

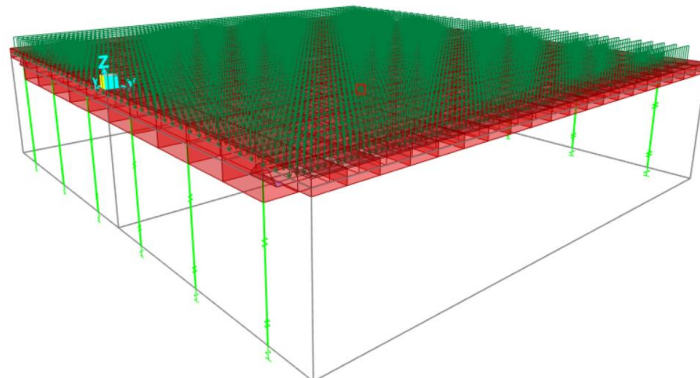
Carga Estudiada	Valor de Análisis
Peso Propio (Carga Muerta)	2500 Kg/m <sup>3</sup>
Carpeta de rodadura (Carga Superficie)	2200 Kg/m <sup>3</sup>
Vereda y Sardinell (Carga Muerta)	350 Kg/m <sup>2</sup>
Baranda (Carga Muerta)	100 Kg/m
Peatonal (Peatonal)	367 Kg/m <sup>2</sup>
Carga Vehicular de diseño (Carga Viva)	HL-93
Carga Vehicular de Evaluación (Carga Viva)	C2, C3, C4



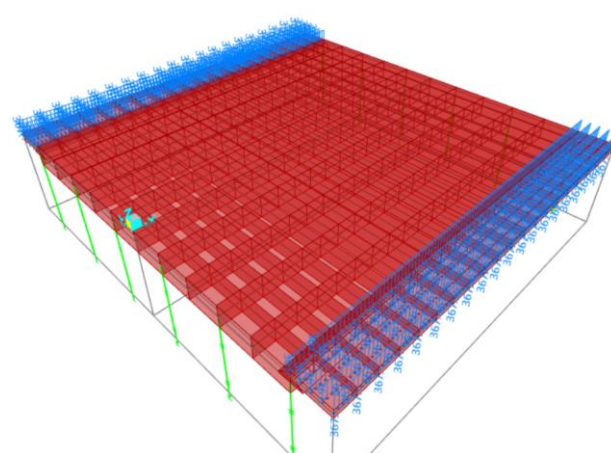
➤ Algunos Asignaciones de Cargas se muestran a continuación:



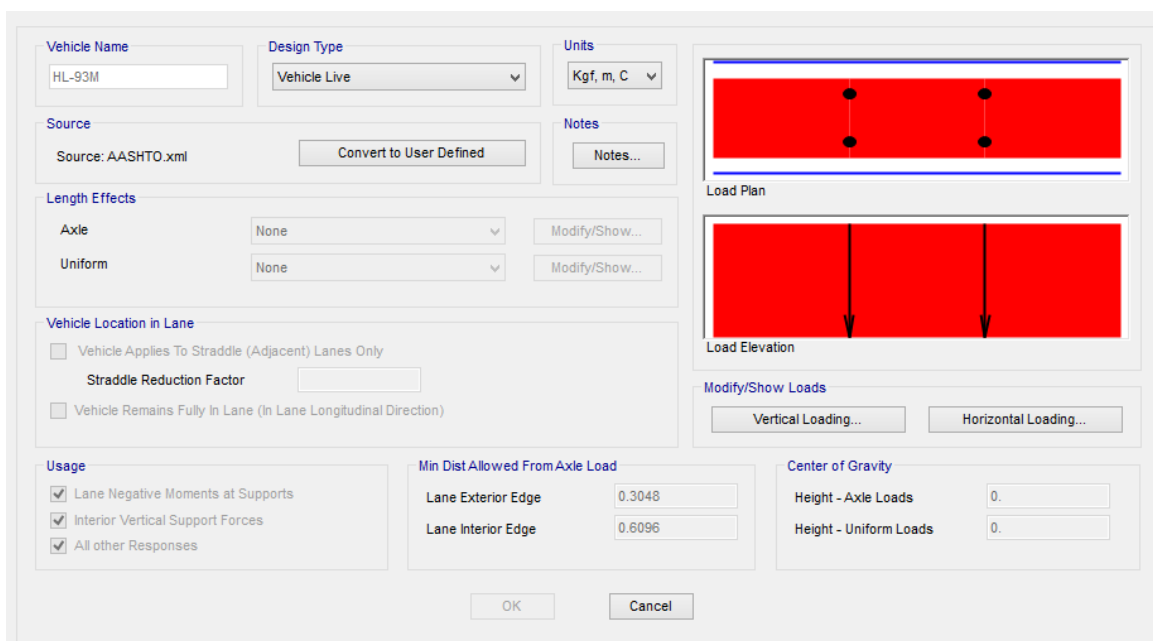
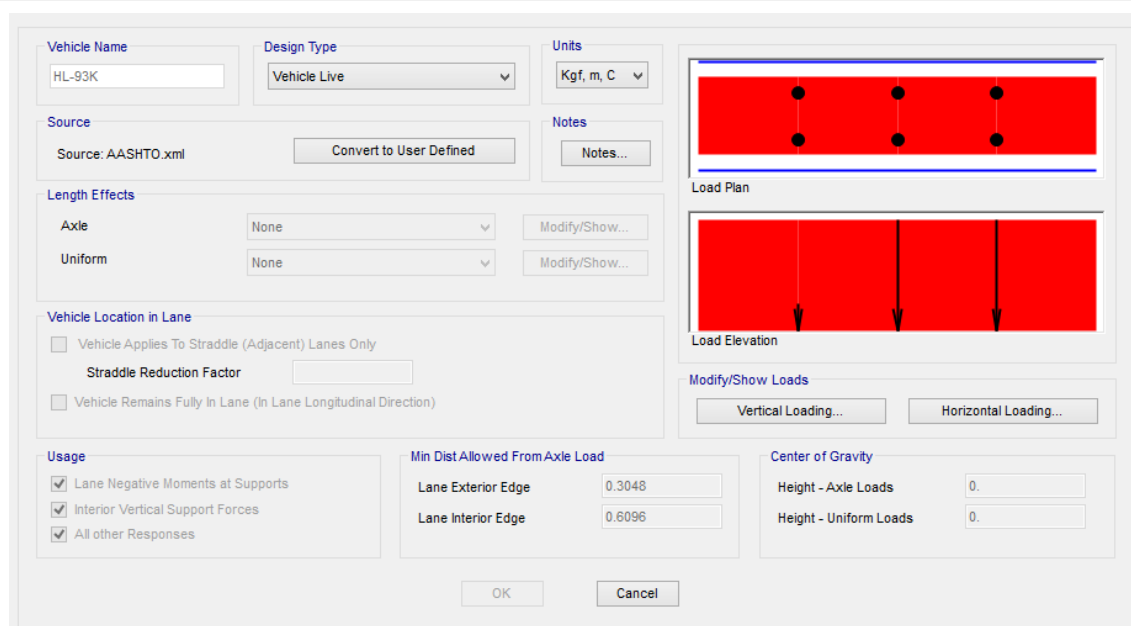
**Figura 20** Asignación de la carga muerta, que corresponde a carga producida por la vereda, sardinel y la baranda de seguridad.



**Figura 21** Asignación de la carga superficie, que corresponde a carga producida por el peso de la carpeta rodadura.





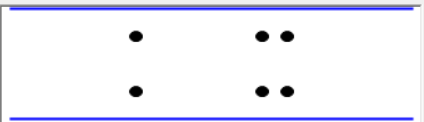

**Figura 22** Asignación de la carga peatonal, que corresponde a carga producida por el peso de la carga de los peatones en las veredas y sardinales.

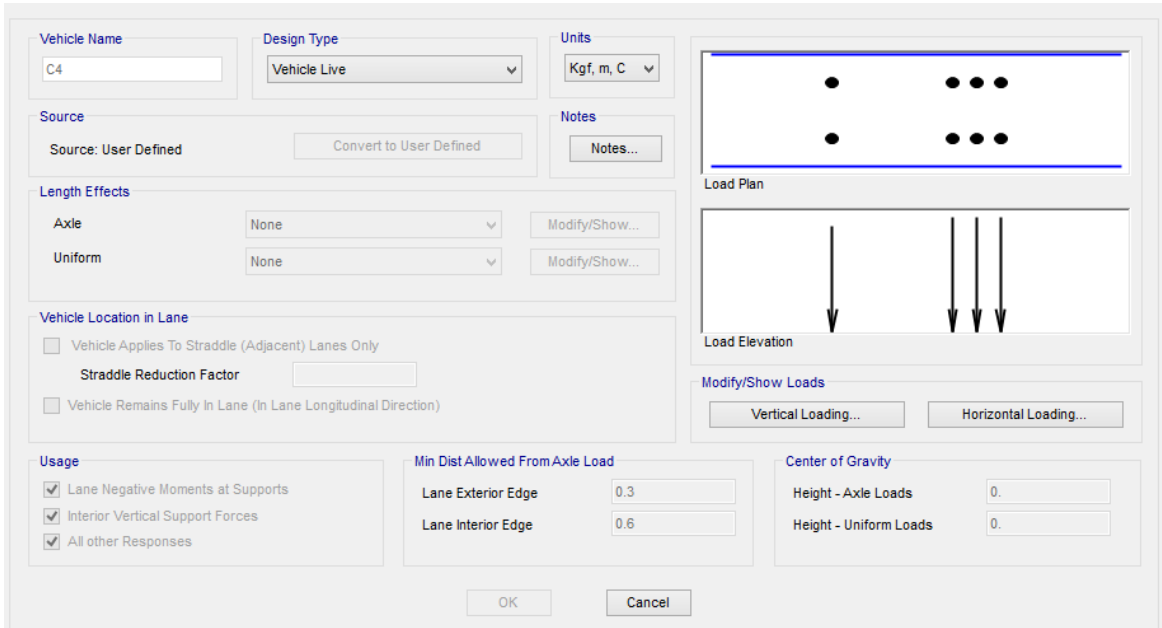



**Figura 23** Asignación de la carga viva vehicular, comprende el eje Tándem y el camión de diseño, vehículos de grupo HL-93.

La asignación de cargas vehiculares, que corresponden a vehículos pesados, locales investigadas para el puente Huacariz, son: camión C2, C3 y C4. Cuyas dimensiones y cargas se han obtenido del reglamento nacional de vehículos:

<b>Vehicle Name</b> <input type="text" value="C2"/>	<b>Design Type</b> Vehicle Live	<b>Units</b> Kgf, m, C	
<b>Source</b> Source: User Defined	<input type="button" value="Convert to User Defined"/>	<b>Notes</b> <input type="button" value="Notes..."/>	
<b>Length Effects</b> Axle: None Uniform: None			
<b>Vehicle Location in Lane</b> <input type="checkbox"/> Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only Straddle Reduction Factor: <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)			
<b>Usage</b> <input checked="" type="checkbox"/> Lane Negative Moments at Supports <input checked="" type="checkbox"/> Interior Vertical Support Forces <input checked="" type="checkbox"/> All other Responses	<b>Min Dist Allowed From Axle Load</b> Lane Exterior Edge: 0.3 Lane Interior Edge: 0.6		<b>Center of Gravity</b> Height - Axle Loads: 0. Height - Uniform Loads: 0.
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>			

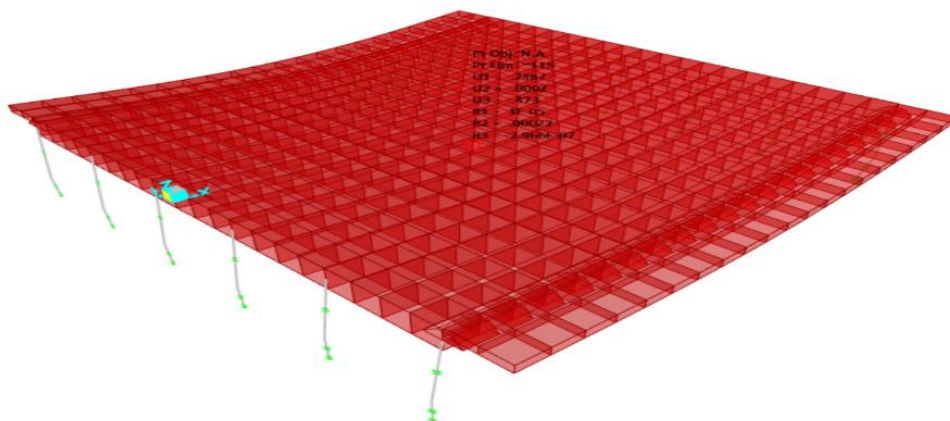
<b>Vehicle Name</b> <input type="text" value="C3"/>	<b>Design Type</b> Vehicle Live	<b>Units</b> Kgf, m, C	
<b>Source</b> Source: User Defined	<input type="button" value="Convert to User Defined"/>	<b>Notes</b> <input type="button" value="Notes..."/>	
<b>Length Effects</b> Axle: None Uniform: None			
<b>Vehicle Location in Lane</b> <input type="checkbox"/> Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only Straddle Reduction Factor: <input type="text"/> <input type="checkbox"/> Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)			
<b>Usage</b> <input checked="" type="checkbox"/> Lane Negative Moments at Supports <input checked="" type="checkbox"/> Interior Vertical Support Forces <input checked="" type="checkbox"/> All other Responses	<b>Min Dist Allowed From Axle Load</b> Lane Exterior Edge: 0.3 Lane Interior Edge: 0.6		<b>Center of Gravity</b> Height - Axle Loads: 0. Height - Uniform Loads: 0.
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/>			



**Figura 24** Asignación de la carga viva vehicular local: a) Vehículo C2, b) Vehículo C3, c) Vehículo C4.

**C) ANÁLISIS ESTRUCTURAL:** El proceso de análisis estructural, como se indicó, se desarrolló en el Software de elementos finitos, especializado en análisis de puentes, CSI Bridge v 20.2.

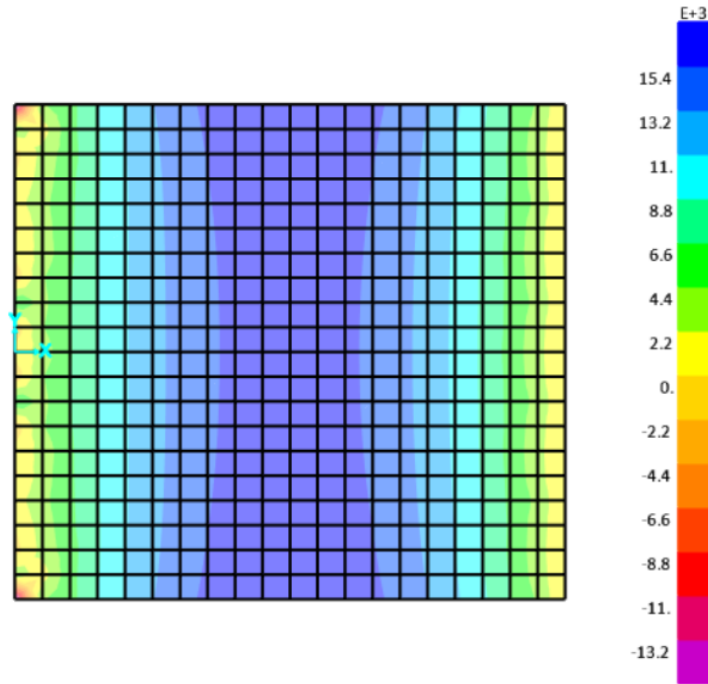
**C.1) Deformación de la estructura:** luego de simuladas las cargas se tiene la siguiente deformada de la estructura modelada.



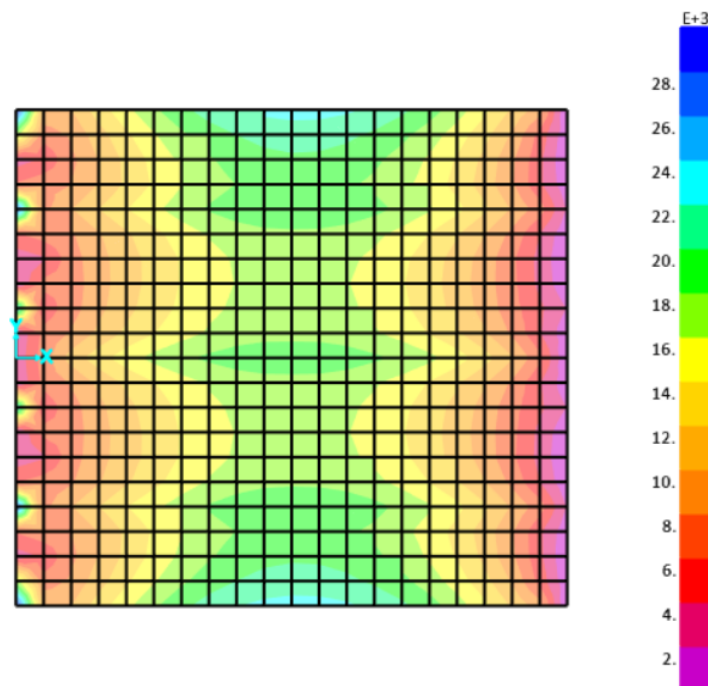
**Figura 25** Deformada del puente losa.

**C.2) RESULTADOS GRÁFICOS DE ANÁLISIS ESTRUCTURAL:** La presentación de los resultados del análisis estructural se presentan en gráficos, lo que permitió la

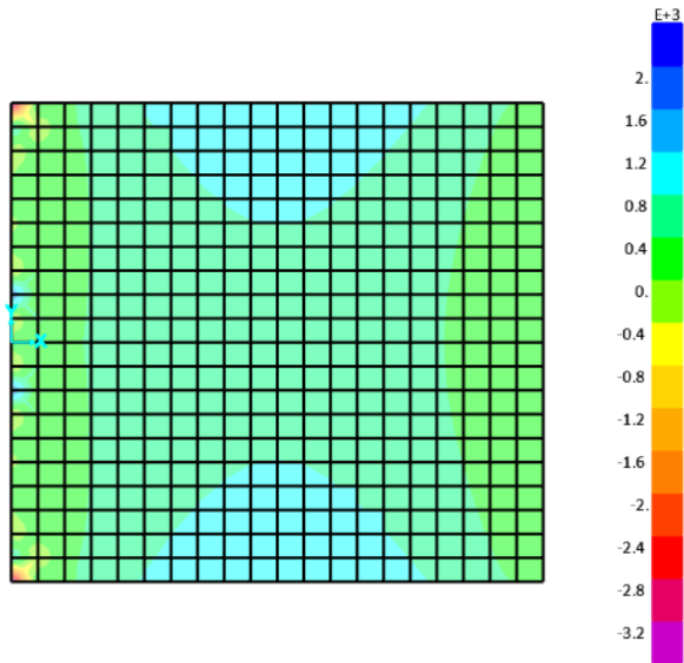
identificación visual de las zonas más críticas para la evaluación de la confiabilidad del puente losa. Así se tiene los siguiente:



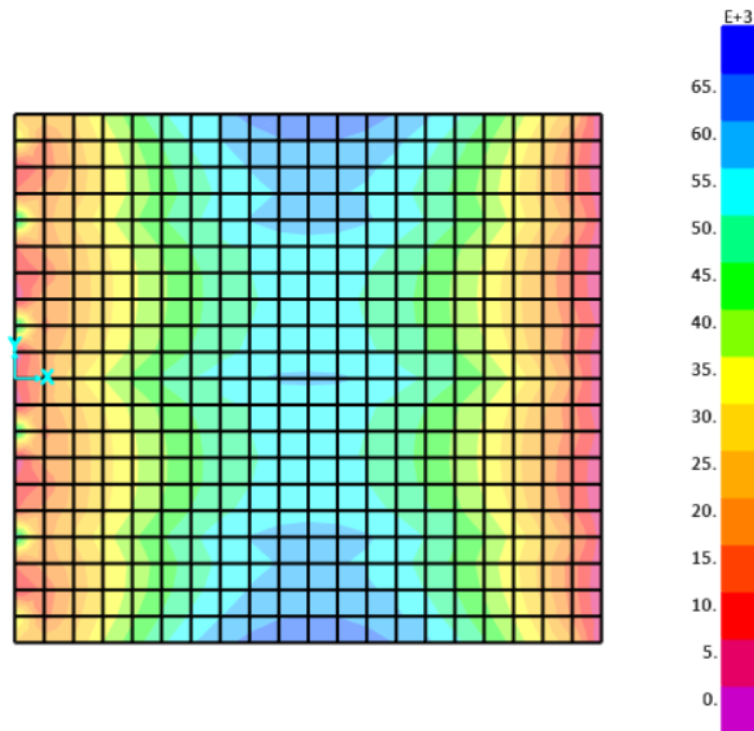
**Figura 26** Resultados gráficos del análisis estructural para cargas muertas.



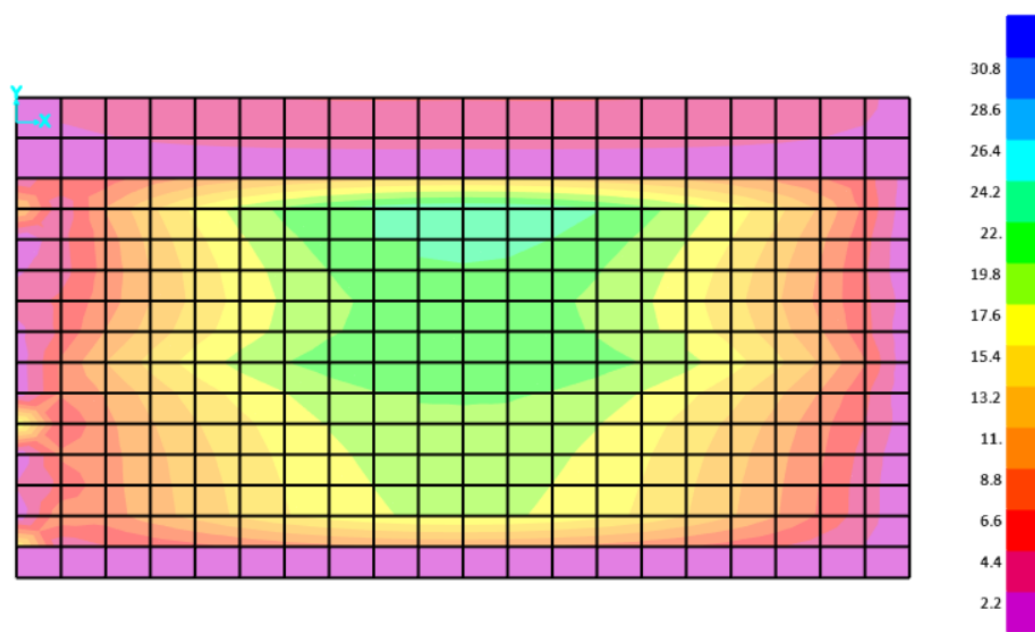
**Figura 27** Resultados Gráficos del análisis estructural para cargas de superficie.



**Figura 28** Resultados gráficos del análisis estructural para cargas peatonales.



**Figura 29** Resultados gráficos del análisis estructural para cargas viva vehicular, para la evaluación del diseño, con los vehículos HL-93.



**Figura 30** Resultados Gráficos del análisis estructural para cargas viva vehicular, para la envolvente de los camiones pesados C2, C3 y C4.

**C.3) Resultados numéricos de análisis estructural:** La presentación de los resultados del análisis estructural se resumen en la siguiente tabla, que es el resultado del análisis visual y selección de las zonas más críticas en donde se concentran más las cargas en estudio, entonces en zonas más críticas. Entonces los resultados son:

Tabla 21

Resultado de los valores del análisis estructural en el software, del puente Huacariz. (Elaboración Propia)

Tipo de Cargas	Momento Flector (Tn-m)		Fuerza Cortante (Tn)	
	Franja Interna	Franja Externa	Franja Interna	Franja Externa
Carga Muerta (Tn-m/m)	18.28	17.45	8.01	12.22
Carga Superficie (Tn-m/m)	1.85	1.97	0.77	1.3
Peso de Baranda (Tn-m/m)	0.7	1.26	0.23	0.75
Carga Peatonal (Tn-m/m)	0.46	0.5	0.14	0.5
Carga Viva – Diseño (Tn-m/m)	19.42	16.9	7.16	9.8
Carga Viva – Actual (Tn-m/m)	12.29	10.01	5.69	7.01

### 3.2. Nivel de confiabilidad del puente

Los niveles de confiabilidad ( $\beta$ ), de los elementos estructurales se han definido, siguiendo el procedimiento detallado anteriormente, entendido los resultados de las variables del modelo de resistencia (R) y solicitaciones (S) para después tener los resultados del margen de seguridad (G), según la técnica de simulación de Montecarlo, citado por Silva, J. 2018 efectuado con el Software Oracle Crystall Ball.

#### 3.2.1. Modelo de Resistencia (R)

Las variables estadísticas para la valoración del Diseño: Se considero los resultados obtenidos de afectación de los valores resistencia nominal con el factor MFP, para la valoración de la estructura a nivel de diseño, citado por Silva, J. 2018, se evidencia como sigue:

Tabla 22

*Factores de resistencia para evaluación del diseño. Puente Hucaríz. (Elaboración Propia)*

Variables			Elemento	Valor Nominal	Distribución	Media ( $\mu$ )	Desv. Estándar ( $\sigma$ )
<b>Momento Flector (Tn-m)</b>	F. Bias ( $\lambda$ )	1.14	F. Interior	81.61	Normal	93.04	12.1
	CV	0.13	F. Exterior	71.32	Normal	81.31	10.6
<b>Fuerza Cortante (Tn)</b>	F. Bias ( $\lambda$ )	1.2	F. Interior	52.26	Normal	62.72	9.7
	CV	0.155	F. Exterior	56.93	Normal	68.31	10.6

Variables Estadísticas para la valoración del Desempeño Actual: Se toma en cuenta los parámetros para la valoración de la seguridad estructural actual, citado por Silva, J. 2018, son los que se evidencia a continuación:



Tabla 23 *Parámetros estadísticos del modelo de resistencia para evaluación del desempeño actual, Puente Huacariz.(Elaboración Propia)*

Factores Resistentes	Estadísticos			Valor Nominal		LOSA (Distrib., f'c y f'y actual, σ)
	Distribución	$\lambda$	C.V	Franja Interna	Franja Externa	
<b>Dimensiones</b>	Nominales			h= 0.55 m	h= 0.55 m	Ver Figura 18
<b>Refuerzo</b>	Nominales			$\phi$ 1" a 13 cm	$\phi$ 1" a 15 cm	Ver Figura 18
<b>f'c</b>	Normal	1.24	0.07	280 Kg/cm <sup>2</sup>	280 Kg/cm <sup>2</sup>	(Normal, 347,24.29)
<b>f'y</b>	Normal	1.12	0.11	4200 Kg/cm <sup>2</sup>	4200 Kg/cm <sup>2</sup>	(Normal, 4704, 517)

El ensayo de Esclerometría se realizó en 4 puntos de la Losa, pero se trabajó con el promedio para encontrar el nivel de confiabilidad.

### 3.2.2. Modelo de Solicitación (S)

Los resultados siguientes, son obra de efectuar las operaciones de la Solicitación para el Puente Huacariz, evidenciados en la sección 3.1.2, con los factores estadísticos (bias y CV), citado por Silva, J. 2018.

Tabla 24 *Variables de solicitación, Puente Huacariz.*

Carga	F.D.P	$\lambda$	CV	Momento Flector (Tn-m)		Fuerza Cortante (Tn)	
				$\bar{\mu}M$	$\sigma M$	$\bar{\mu}V$	$\sigma V$
<b>Franja Interior</b>							
Carga Muerta	N	1.05	0.10	19.19	1.92	8.41	0.84
Peso Superficie	N	1.00	0.25	1.85	0.46	0.77	0.19
Peso Baranda	N	1.05	0.10	0.74	0.07	0.24	0.02
Carga Peatonal	LN	1.00	0.18	0.46	0.08	0.14	0.03
Carga Viva - Diseño	LN	1.2	0.18	23.30	4.19	8.59	1.55
Carga VIVA - Actual	LN	1.62	0.123	19.91	2.45	9.22	1.13
<b>Franja Exterior</b>							
Carga Muerta	N	1.05	0.10	18.32	1.83	12.83	1.28
Peso Superficie	N	1.00	0.25	1.97	0.49	1.30	0.33
Peso Baranda	N	1.05	0.10	1.32	0.13	0.79	0.08
Carga Peatonal	LN	1.00	0.18	0.50	0.09	0.50	0.09
Carga Viva - Diseño	LN	1.2	0.18	20.28	3.65	11.76	2.12
Carga VIVA - Actual	LN	1.62	0.123	16.22	1.99	11.36	1.40

*\*F.D.P= Función de distribución de probabilidad,  $\lambda$ = Factor Bias, CV= Coeficiente de Variación,  $\bar{\mu}M$  y  $\bar{\mu}$  : Media y  $\sigma M$  y  $\sigma V$  : Desviación Estándar, N=Normal y LN=Lognormal*

### 3.2.3. Análisis de Confiabilidad:

Habiéndose evaluado la seguridad estructural del diseño de la estructural, se eligió los valores de la Tabla 21 y Tabla 23, para la simulación de Montecarlo, teniendo en cuenta la utilización del modelo de seguridad sugerido en las ecuaciones de resistencia y solicitación, manifestados en el procedimiento. También, se realizó la evaluación de los elementos estructurales del desempeño actual de la estructura, se eligió los valores de la Tabla 22 y Tabla 24, con el uso del modelo de seguridad recomendado en las ecuaciones de resistencia y solicitación, evidenciados en el procedimiento, citado por Silva, J. 2018.

### 3.2.3.1. Nivel de seguridad software ORACLE CRYSTAL BALL

- EVALUACIÓN DE MOMENTOS**

Evaluación de diseño para momentos, franja interior.

**Preferencias de Ejecución:**

Cantidad de iteraciones ejecutadas 25,000

Monte Carlo

Nivel de Confianza 95.00%

**Crystal Ball data:**

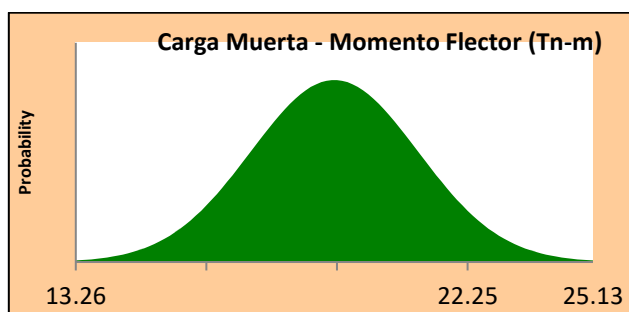
Supuestos 6

Pronósticos 2

### SOLICITACIONES O CARGAS PARA LOS MOMENTOS FLECTORES

Distribución Normal con Parámetros:

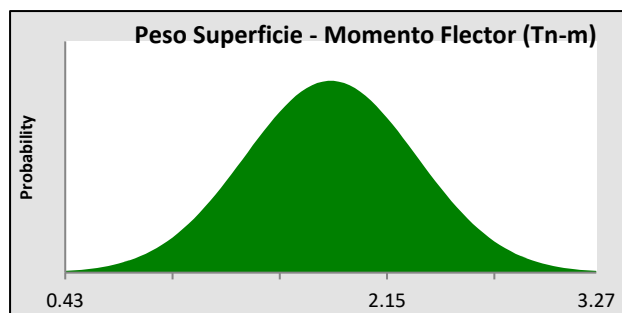
Media 19.19  
Desviación Estándar 1.92



**Figura 31** Suposición: Carga Muerta (Concreto) - Momento Flector (Tn-m).

Distribución Normal con Parámetros:

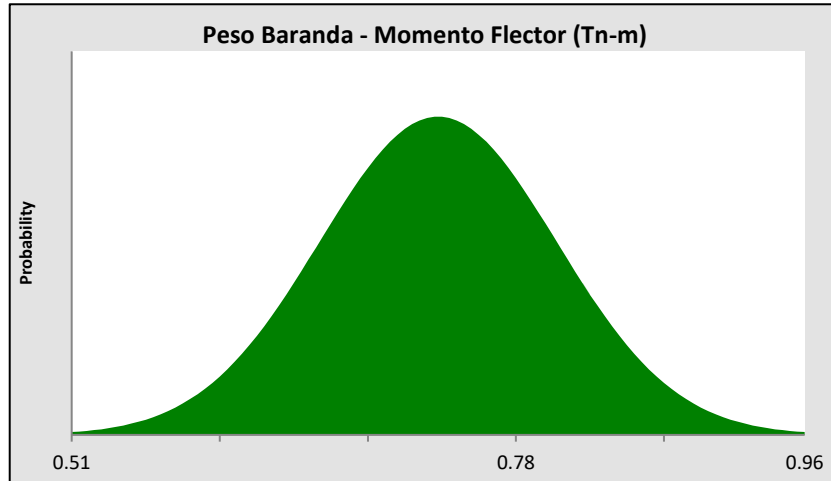
Media 1.85  
Desviación Estándar 0.46



**Figura 32** Suposición: Peso Superficie - Momento Flector (Tn-m).

Distribución Normal con Parámetros:

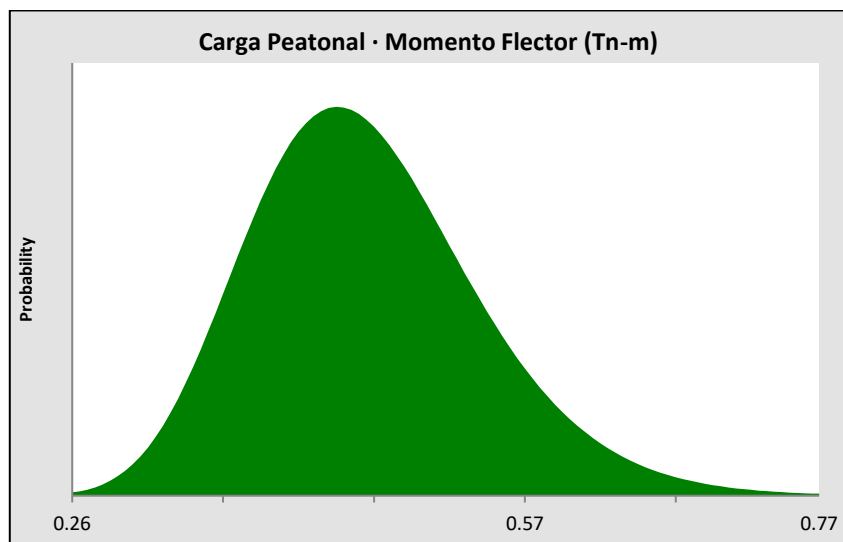
Media	0.74
Desviación Estándar	0.07



**Figura 33** Suposición: *Peso Baranda - Momento Flector (Tn-m)*.

Distribución Lognormal con Parámetros:

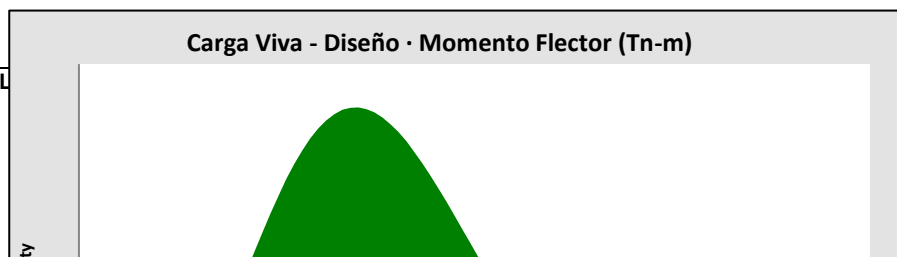
Mean	0.46
Desviación Estándar	0.08



**Figura 34** Suposición: *Carga Peatonal - Momento Flector (Tn-m)*.

Distribución Lognormal con Parámetros:

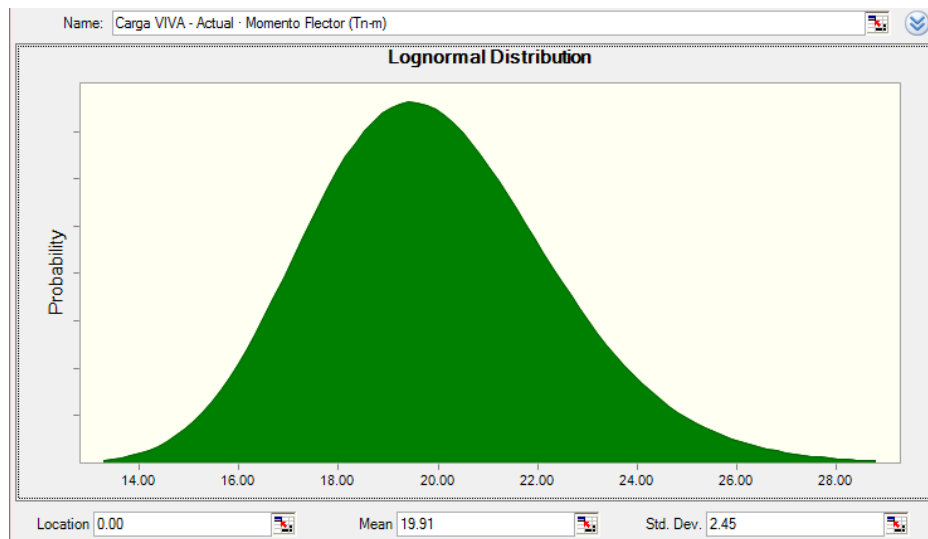
Mean	23.30
Desviación Estándar	4.19



**Figura 35** Suposición: Carga Viva - Diseño - Momento Flector (Tn-m).

Distribución Lognormal con Parámetros:

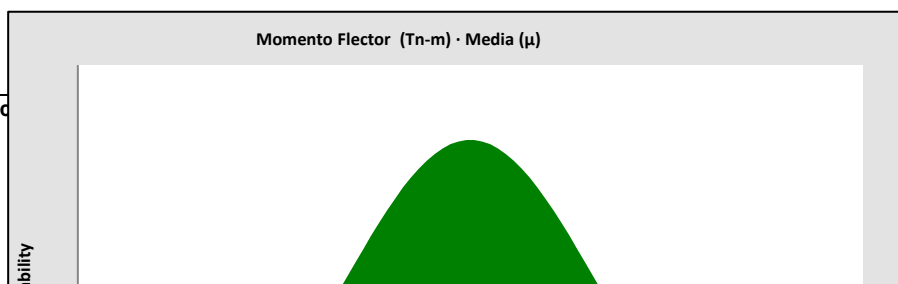
Mean	19.91
Desviación Estándar	2.45



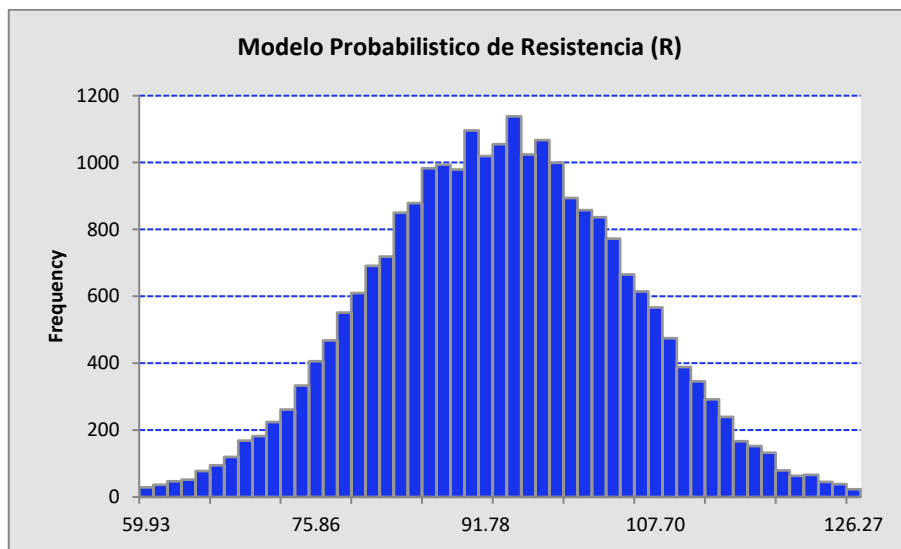
**Figura 36** Suposición: Carga Viva - Actual - Momento Flector (Tn-m).

Distribución Normal con Parámetros:

Media	93.04
Desviación Estándar	12.10

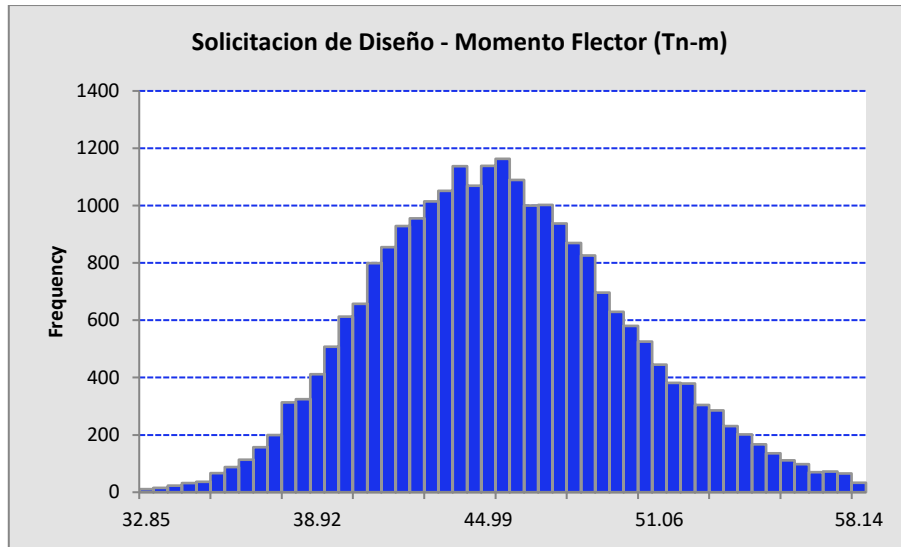


**Figura 37** *Suposición: Momento Flector de Resistencia de Diseño (Tn-m).*



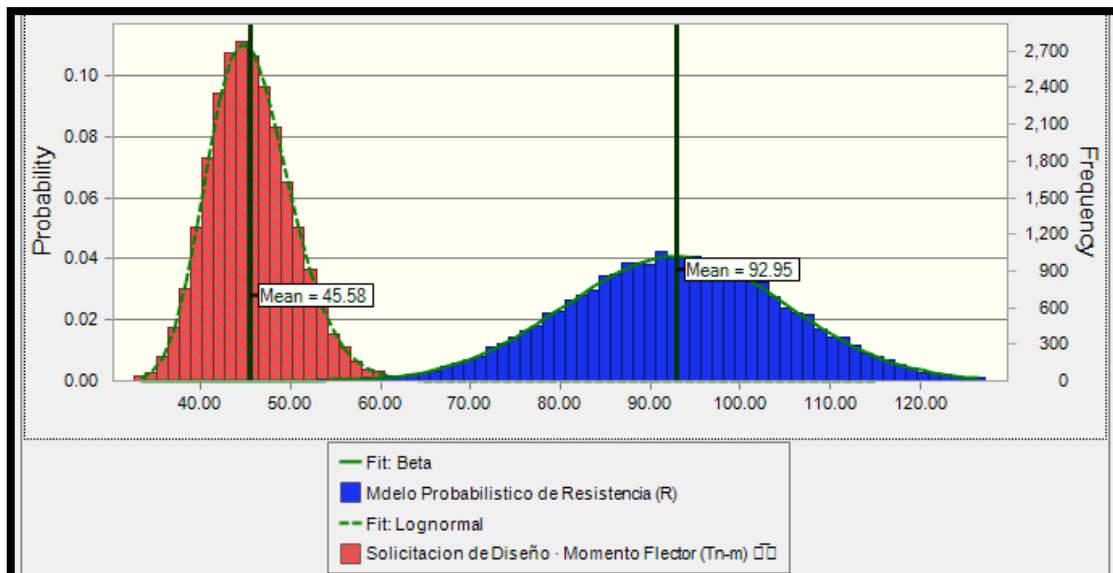
**Figura 38** *Pronóstico: Modelo Probabilístico de Resistencia (R) – Evaluación de Diseño – Franja Interior.*

<b>Estadísticas:</b>	<b>Valor de Pronóstico</b>
Pruebas	25,000
Caso Base	93.04
Media	92.95



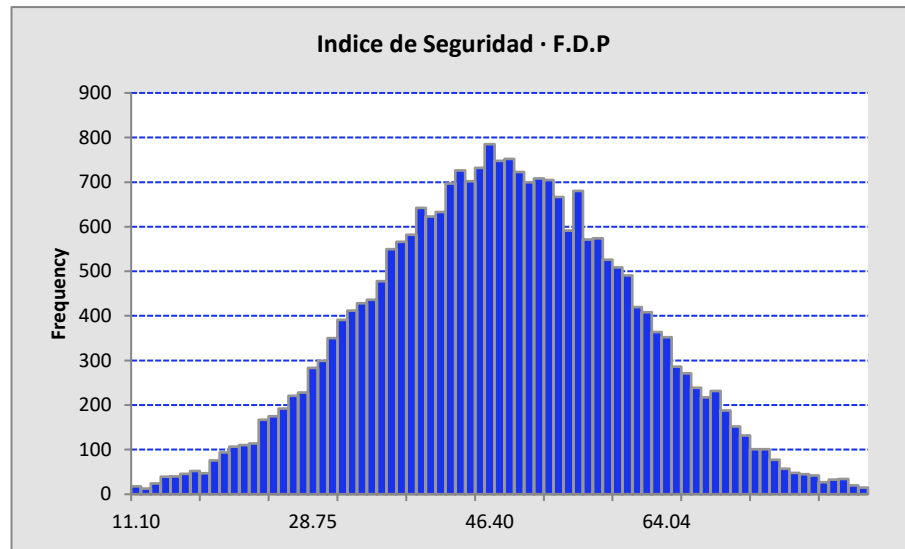
**Figura 39** Pronóstico: *Solicitud de Diseño - Momento Flector (Tn-m).*

<b>Estadísticas:</b>	<b>Valor de Pronóstico</b>
Pruebas	25,000
Caso Base	45.54
Media	45.58



**Figura 40** *Superposición 1 – Momento Flector de Diseño.*

En la Figura 40, vemos la superposición del modelo de Resistencia (R), con el modelo de Solicitud (S). En la intersección de ambos modelos, hay una ocurrencia mínima, donde el Valor de S, puede ser mayor a R, ( $S > R$ ), para estos determinados valores encontramos la probabilidad de falla, para 25 000 iteraciones (todos los posibles resultados).



**Figura 41** Pronóstico: Índice de Seguridad · F.D.P.

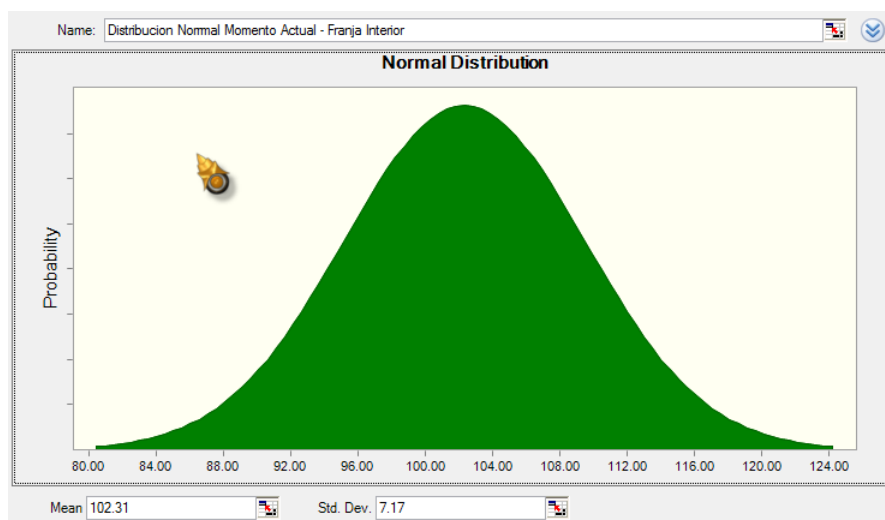
**Estadísticas:**

**Valor de Pronóstico**

Pruebas	25,000
Caso Base	47.50
Media	47.38

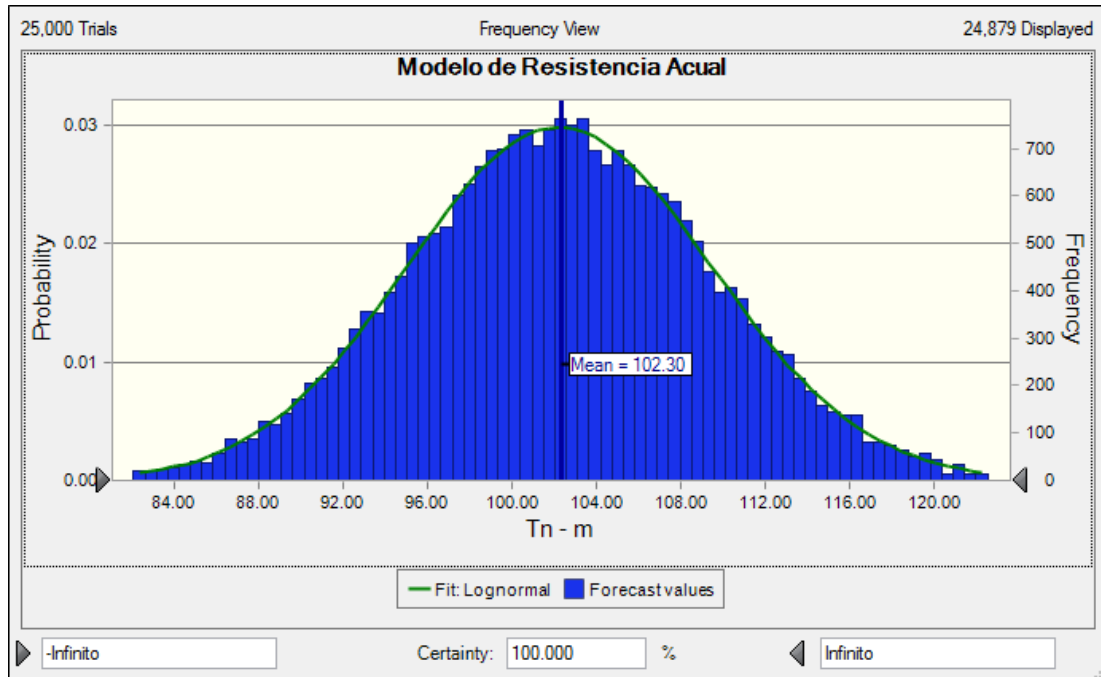
En la figura 41, observamos la media del valor de seguridad (G), de las 25000 iteraciones hechas con el software Oracle Crystal Ball,  $G=R-S$ , este valor nos permite encontrar el nivel de confiabilidad.

- **Evaluación Actual por Momentos, franja interior.**

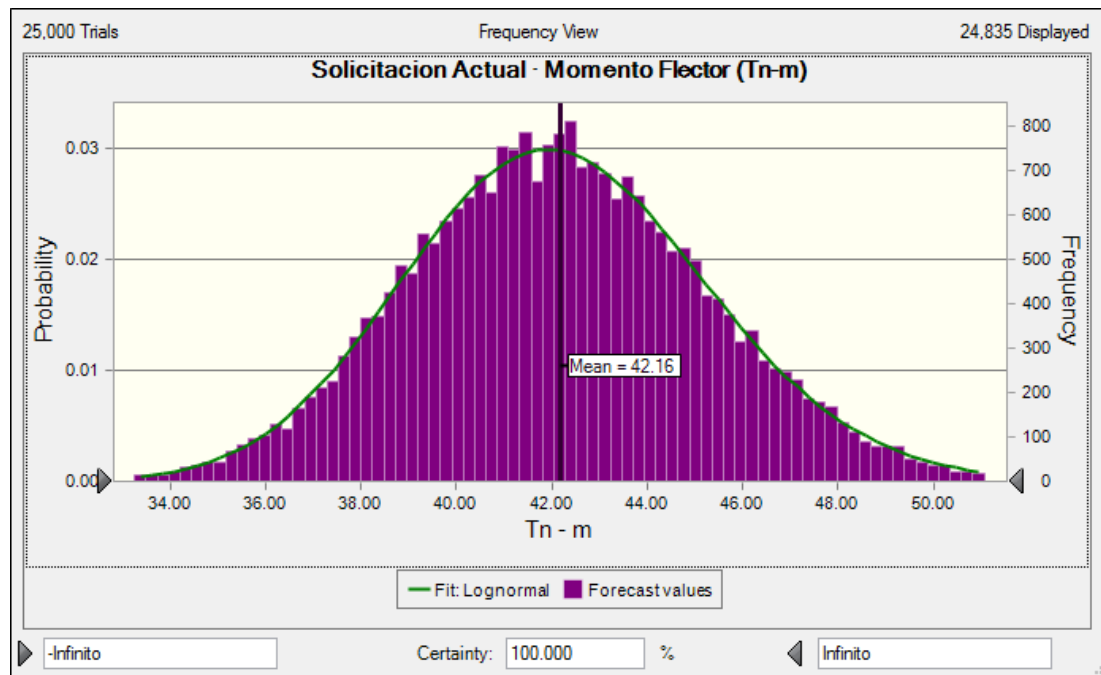


**Figura 42** Suposición de Momento Actual – Franja Interior.

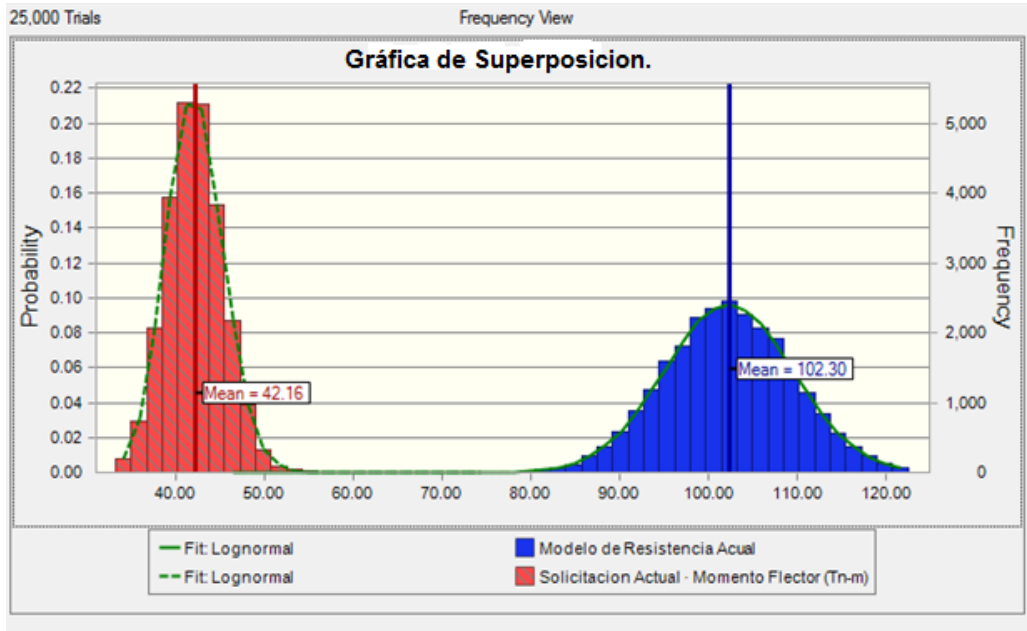




**Figura 43** Modelo de Resistencia Actual - Franja Interior.

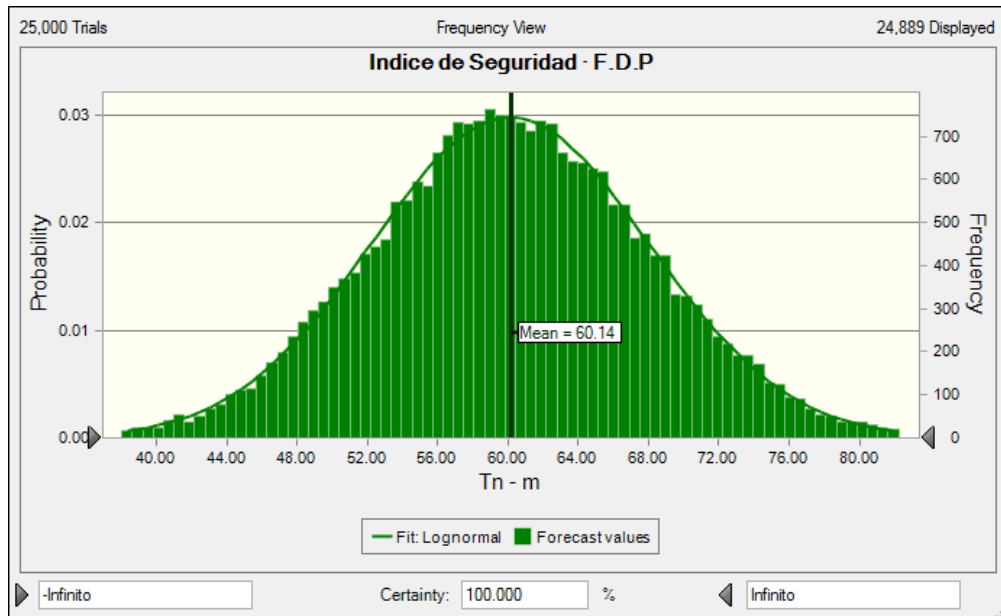


**Figura 44** Modelo de Solicitación Actual - Franja Interior.



**Figura 45** Superposición  $R$  vs  $S$ .

En la Figura 45, vemos la superposición del modelo de Resistencia ( $R$ ), con el modelo de Solicitación ( $S$ ). En la intersección de ambos modelos, hay una ocurrencia mínima, donde el Valor de  $S$ , puede ser mayor a  $R$ , ( $S > R$ ), para estos determinados valores encontramos la probabilidad de falla, para 25 000 iteraciones (todos los posibles resultados).

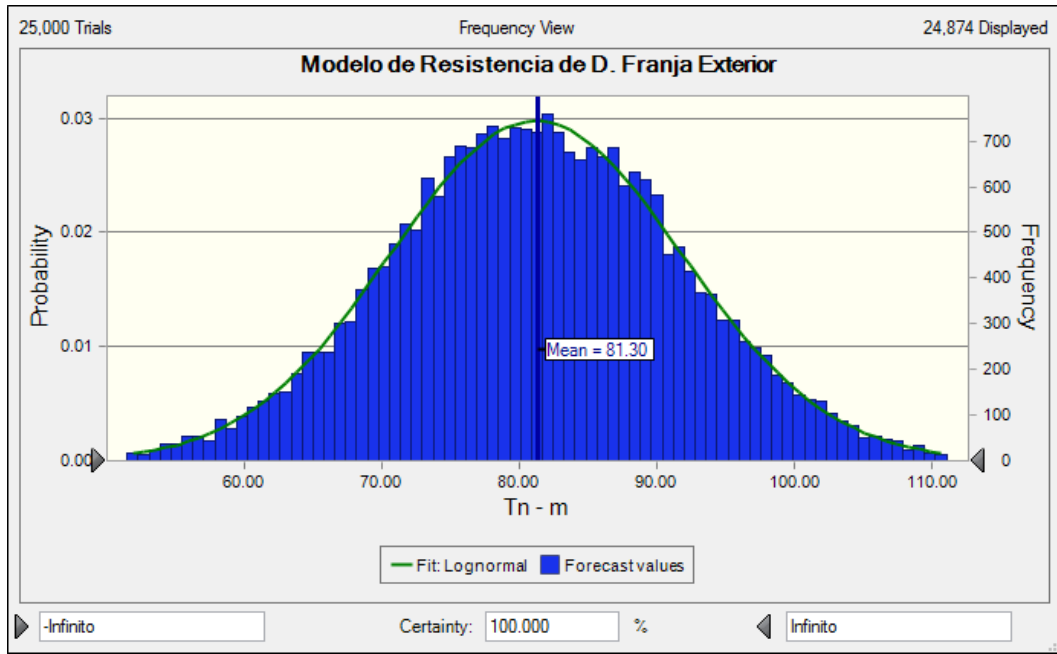


**Figura 46** Análisis de Confiabilidad ( $G$ ).

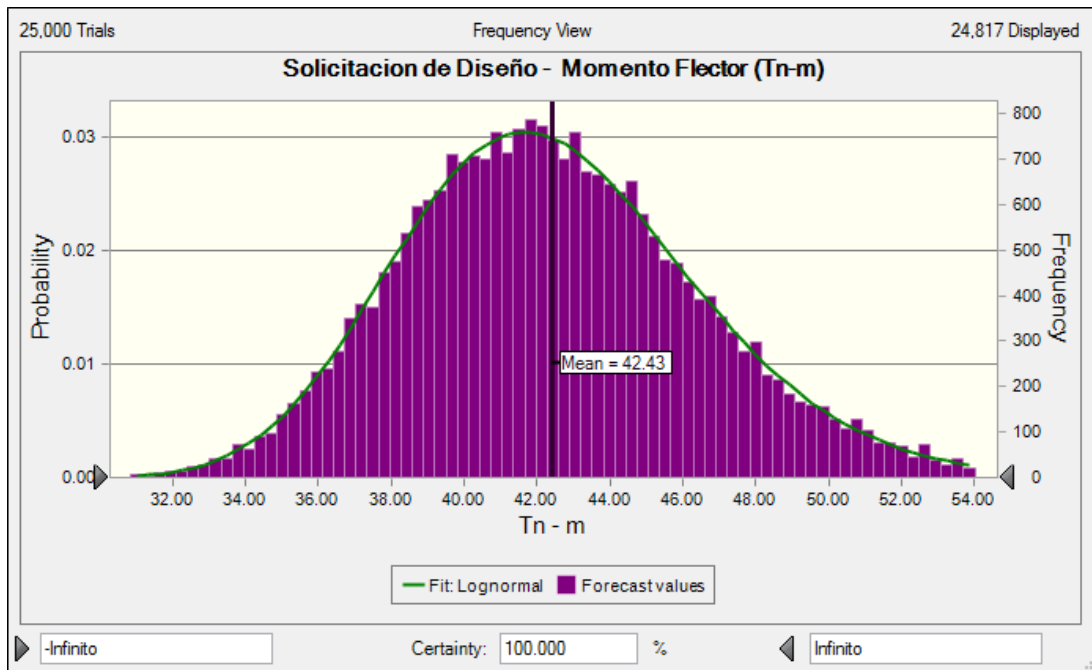
En la figura 46, observamos la media del valor de seguridad ( $G$ ), de las 25000 iteraciones hechas con el Software Oracle Crystal Ball,  $G = R - S$ , este valor nos permite encontrar el nivel de confiabilidad.

- **Evaluación de Diseño para Momentos, franja Exterior.**

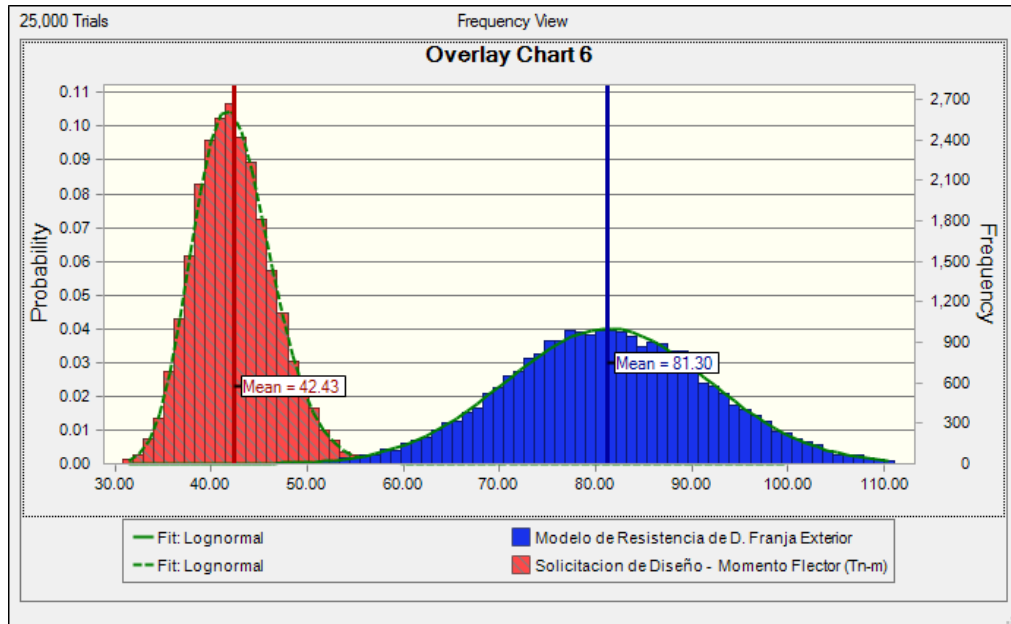
Resumen de Estadísticas del software Oracle Crystal Ball, siguiendo el procedimiento anterior.



**Figura 47** Modelo de Resistencia de Diseño - Franja Exterior.

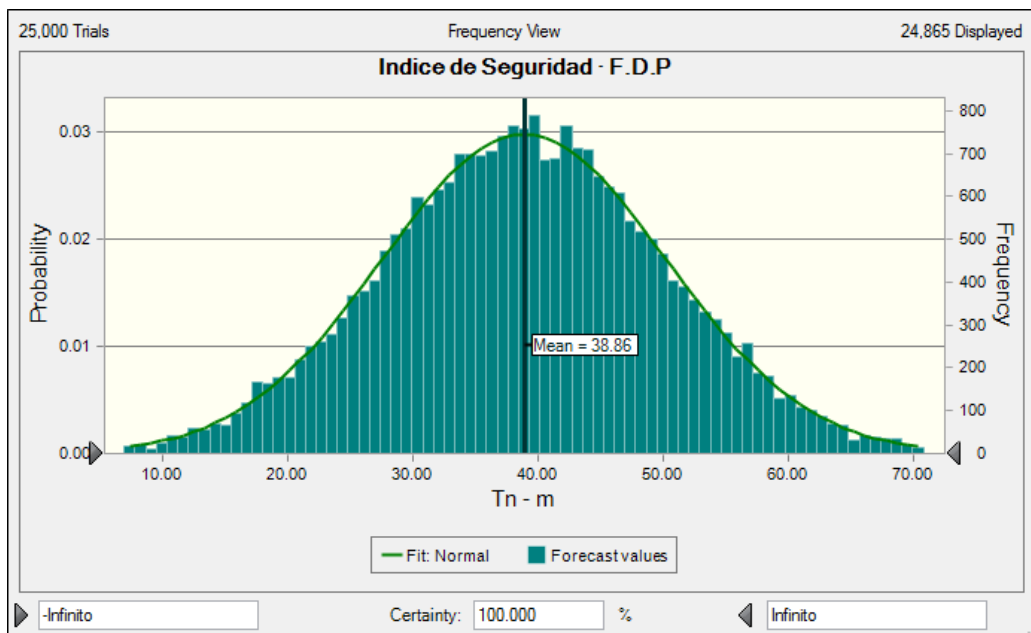


**Figura 48** Modelo de Solicitación de Diseño - Franja Exterior.



**Figura 49** Superposición  $R$  vs  $S$ .

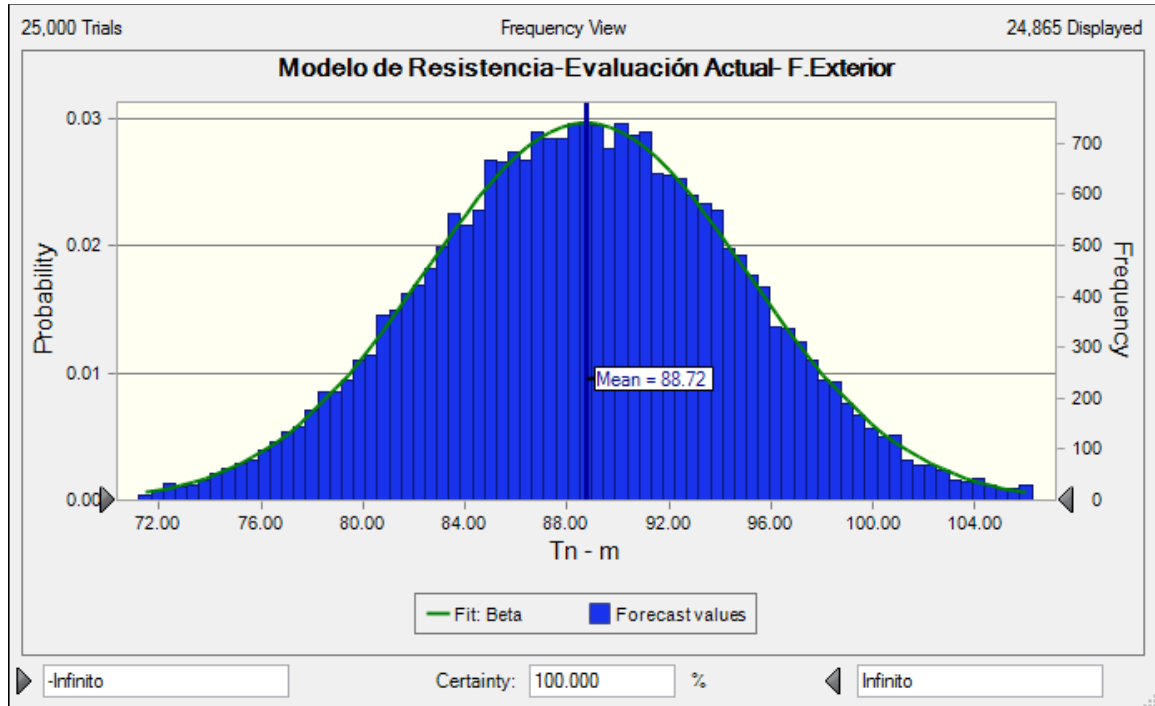
En la Figura 49, vemos la superposición del modelo de Resistencia ( $R$ ), con el modelo de Solicitud ( $S$ ). En la intersección de ambos modelos, hay una ocurrencia mínima, donde el Valor de  $S$ , puede ser mayor a  $R$ , ( $S > R$ ), para estos determinados valores encontramos la probabilidad de falla, para 25 000 iteraciones (todos los posibles resultados).



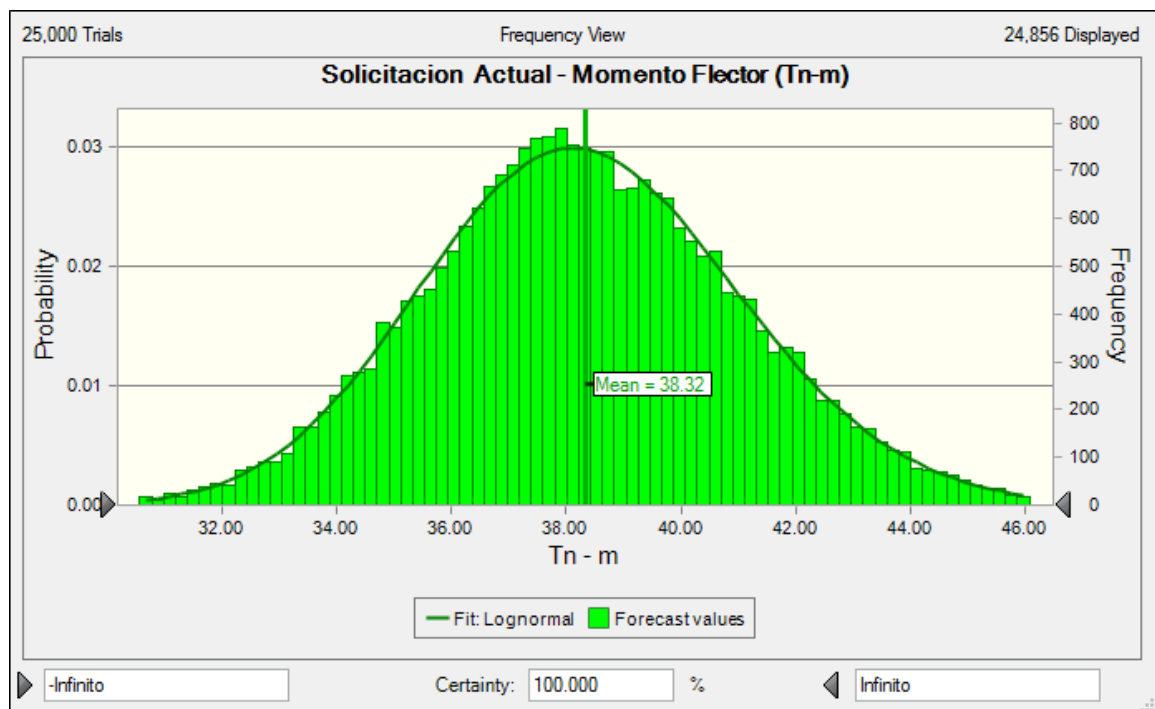
**Figura 50** Análisis de Confiabilidad ( $G$ ).

En la figura 50, observamos la media del valor de seguridad ( $G$ ), de las 25000 iteraciones hechas con el Software Oracle Crystal Ball,  $G=R-S$ , este valor nos permite encontrar el nivel de confiabilidad.

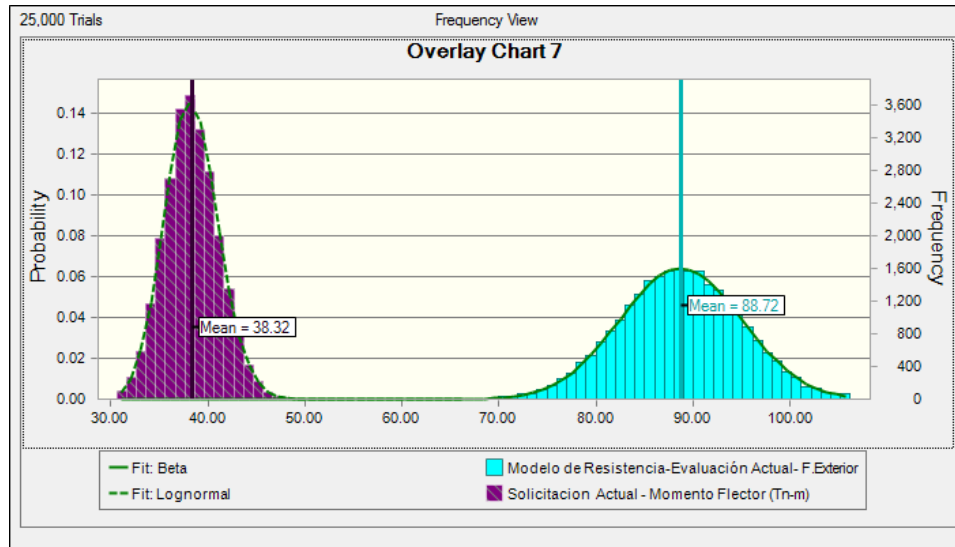
- **Evaluación Actual de Momentos, franja Exterior.**



**Figura 51** Modelo de Resistencia Actual – Momentos – Franja Exterior.

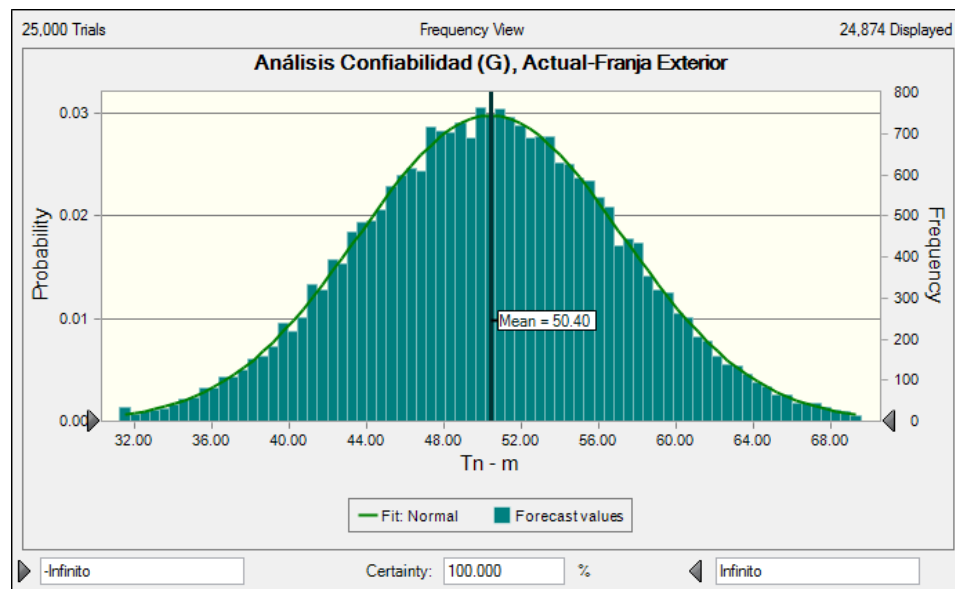


**Figura 52** Modelo de Solicitación Actual – Momentos – Franja Exterior.



**Figura 53** Superposición  $R$  vs  $S$ .

En la Figura 53, vemos la superposición del modelo de Resistencia ( $R$ ), con el modelo de Solicitación ( $S$ ). En la intersección de ambos modelos, hay una ocurrencia mínima, donde el Valor de  $S$ , puede ser mayor a  $R$ , ( $S > R$ ), para estos determinados valores encontramos la probabilidad de falla, para 25 000 iteraciones o pruebas.



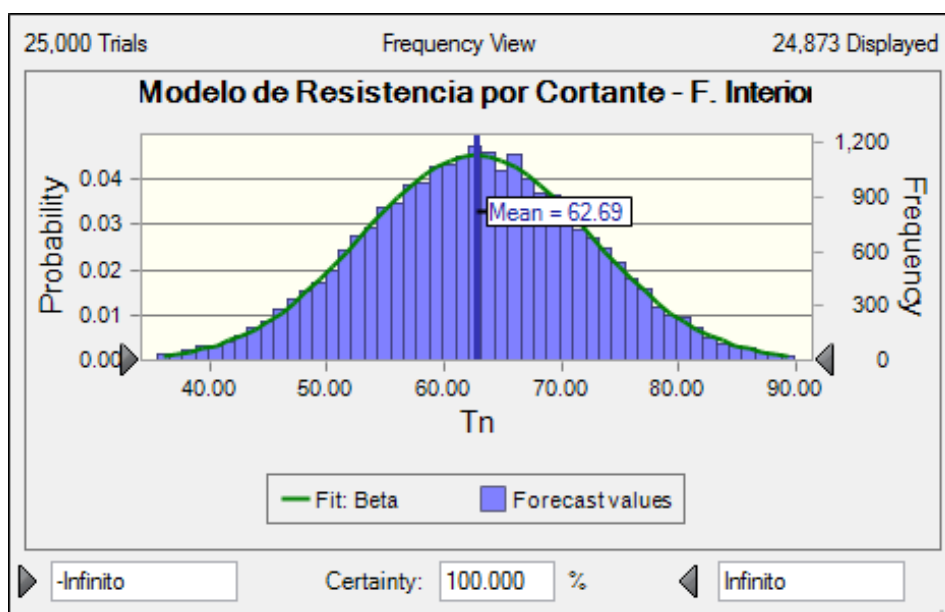
**Figura 54** Análisis de Confiabilidad ( $G$ ).

En la figura 54, observamos la media del valor de seguridad ( $G$ ), de las 25000 iteraciones hechas con el Software Oracle Crystal Ball,  $G=R-S$ , este valor nos permite encontrar el nivel de confiabilidad.

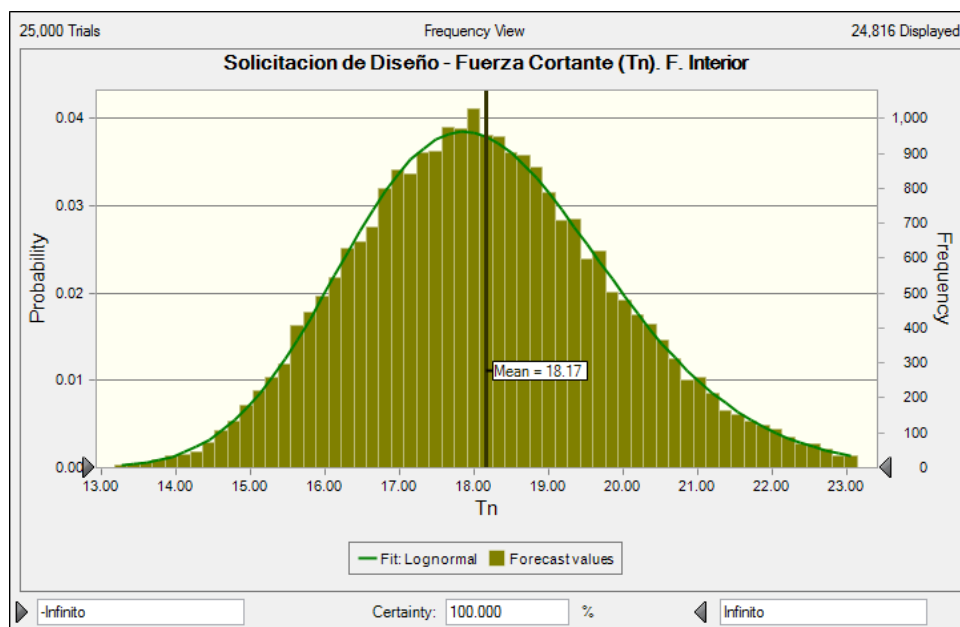
## EVALUACION DE CORTANTES

- **Evaluación de diseño para cortantes, franja interior.**

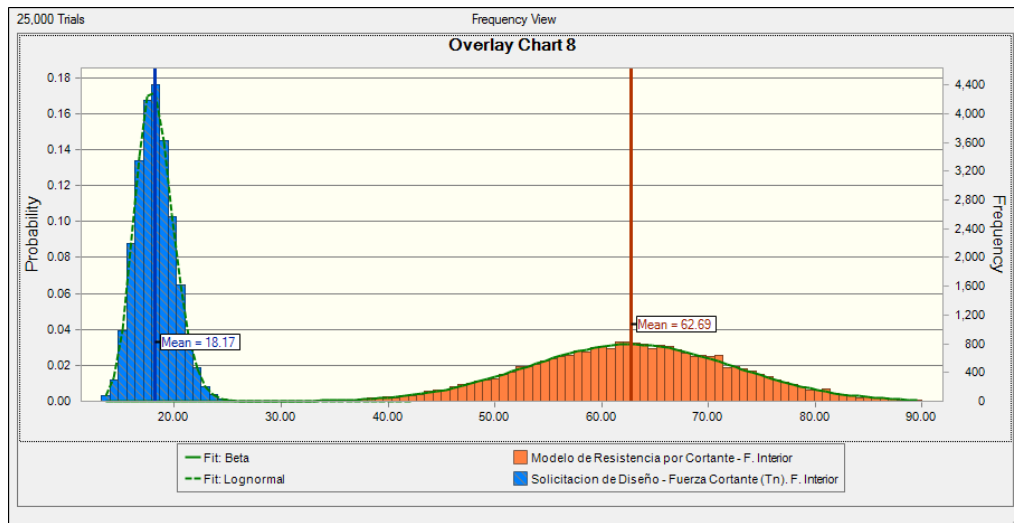
Resumen de Estadísticas en Oracle Crystal Ball, siguiendo el procedimiento anterior



**Figura 55** Modelo de Resistencia de Diseño – Cortantes – Franja Interior.

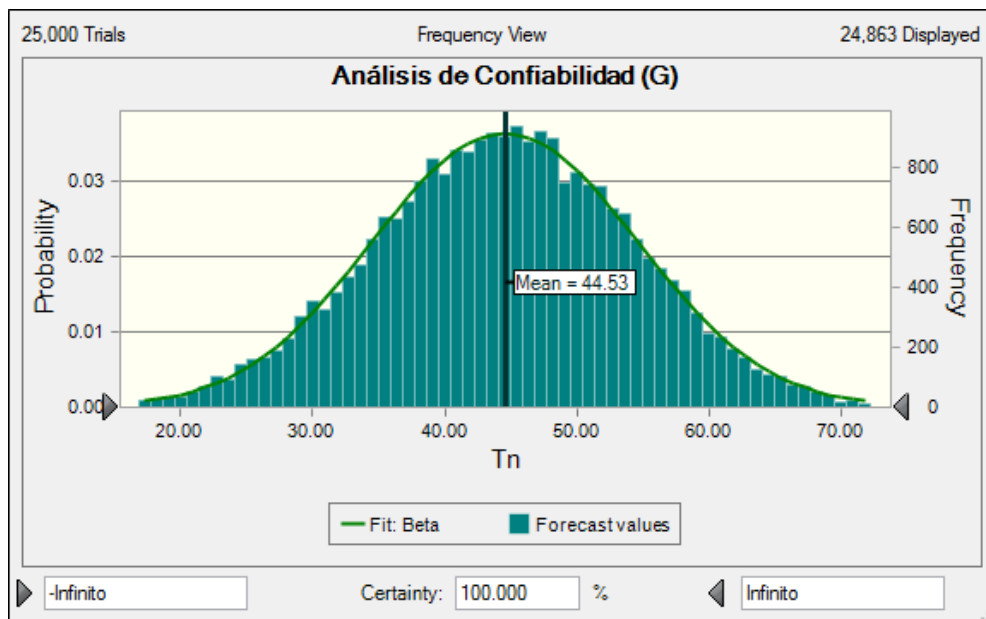


**Figura 56** Modelo de Solicitación de Diseño – Cortantes – Franja Interior.



**Figura 57** Superposición  $R$  vs  $S$ .

En la Figura 57, vemos la superposición del modelo de Resistencia ( $R$ ), con el modelo de Solicitación ( $S$ ). En la intersección de ambos modelos, hay una ocurrencia mínima, donde el Valor de  $S$ , puede ser mayor a  $R$ , ( $S > R$ ), para estos determinados valores encontramos la probabilidad de falla, para 25 000 iteraciones o pruebas.



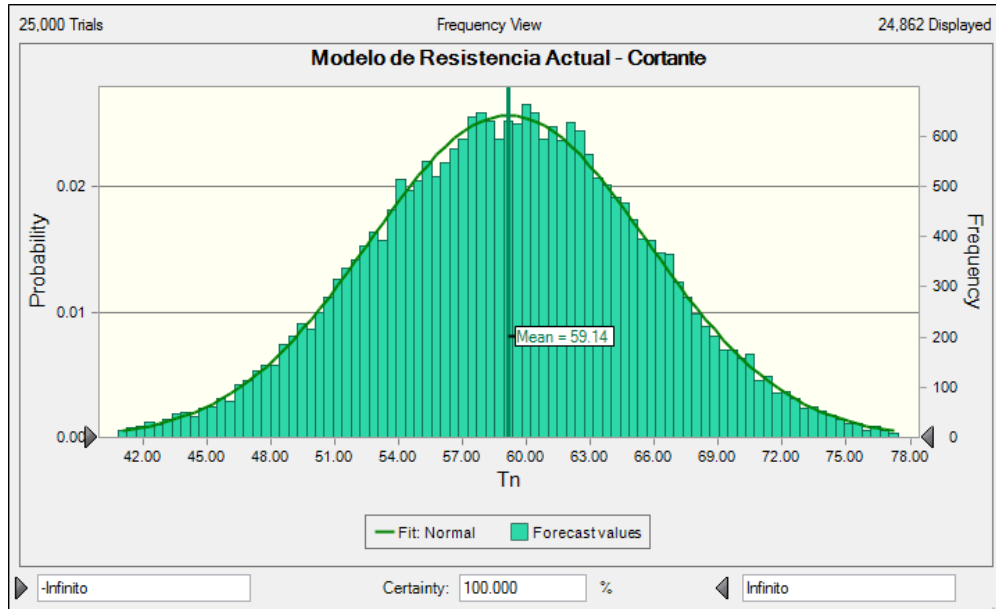
**Figura 58** Análisis de Confiabilidad ( $G$ ).

En la figura 58, observamos la media del valor de seguridad ( $G$ ), de las 25000 iteraciones hechas con el Software Oracle Crystal Ball,  $G=R-S$ , este valor nos permite encontrar el nivel de confiabilidad.

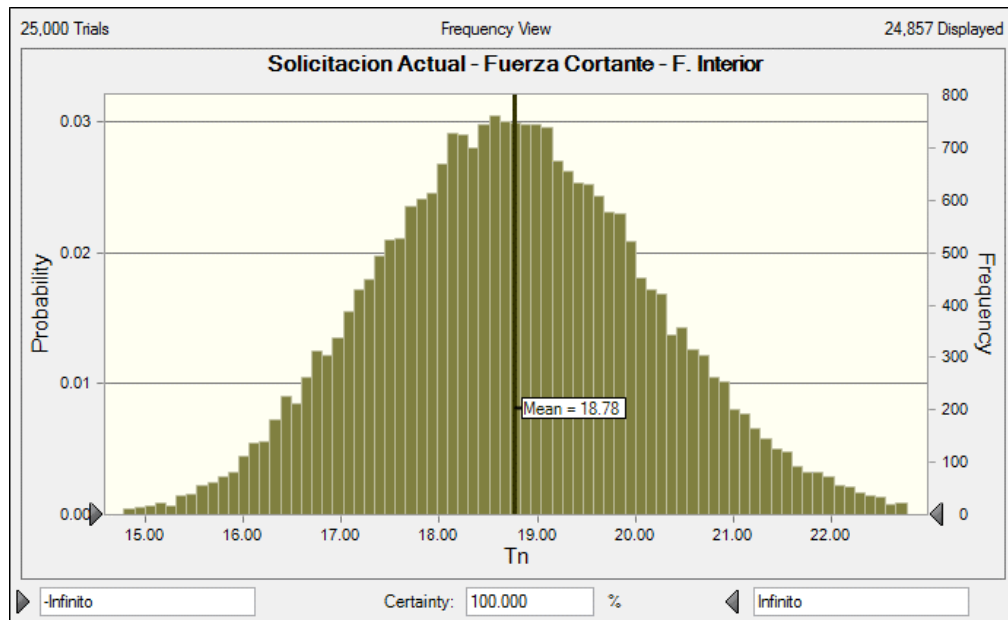


- **Evaluación actual para cortantes, franja interior.**

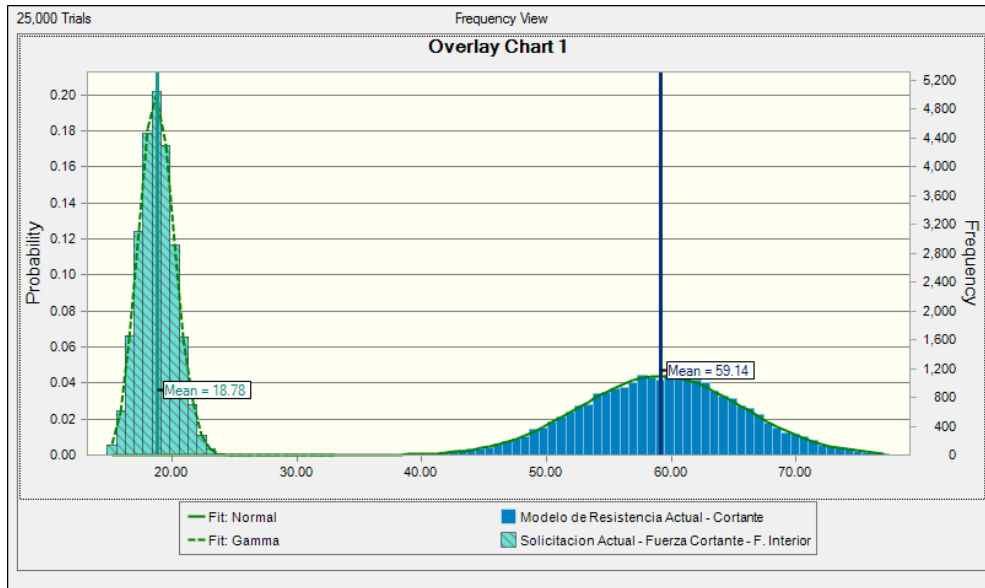
Resumen de Estadísticas en Crystal Ball, siguiendo el procedimiento anterior



**Figura 59** Modelo de Resistencia Actual – Cortantes – Franja Interior.

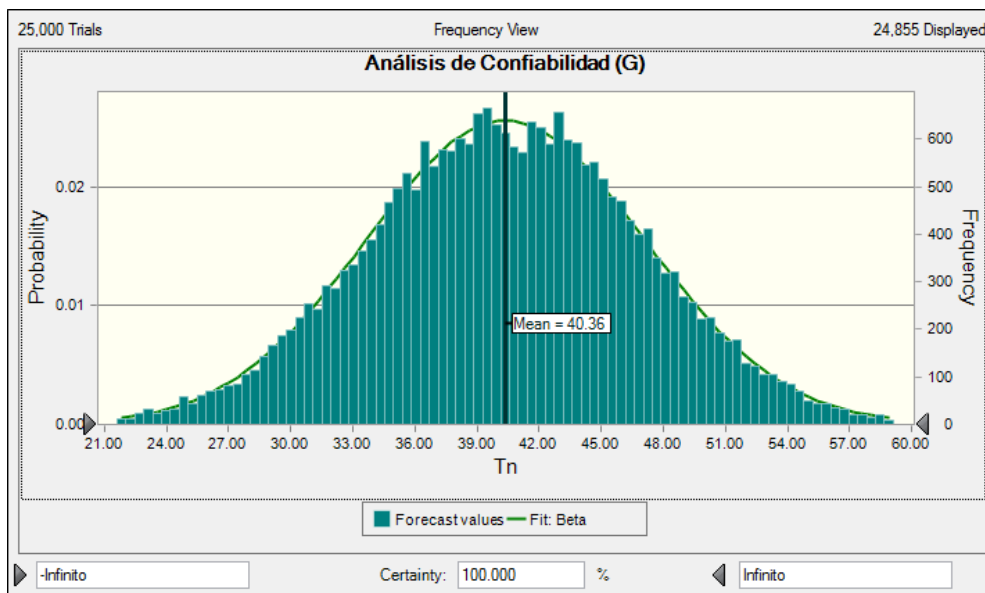


**Figura 60** Modelo de Solicitud Actual – Cortantes – Franja Interior.



**Figura 61** Superposición  $R$  vs  $S$ .

En la Figura 61, vemos la superposición del modelo de Resistencia ( $R$ ), con el modelo de Solicitación ( $S$ ). En la intersección de ambos modelos, hay una ocurrencia mínima, donde el Valor de  $S$ , puede ser mayor a  $R$ , ( $S > R$ ), para estos determinados valores encontramos la probabilidad de falla, para 25 000 iteraciones o pruebas.

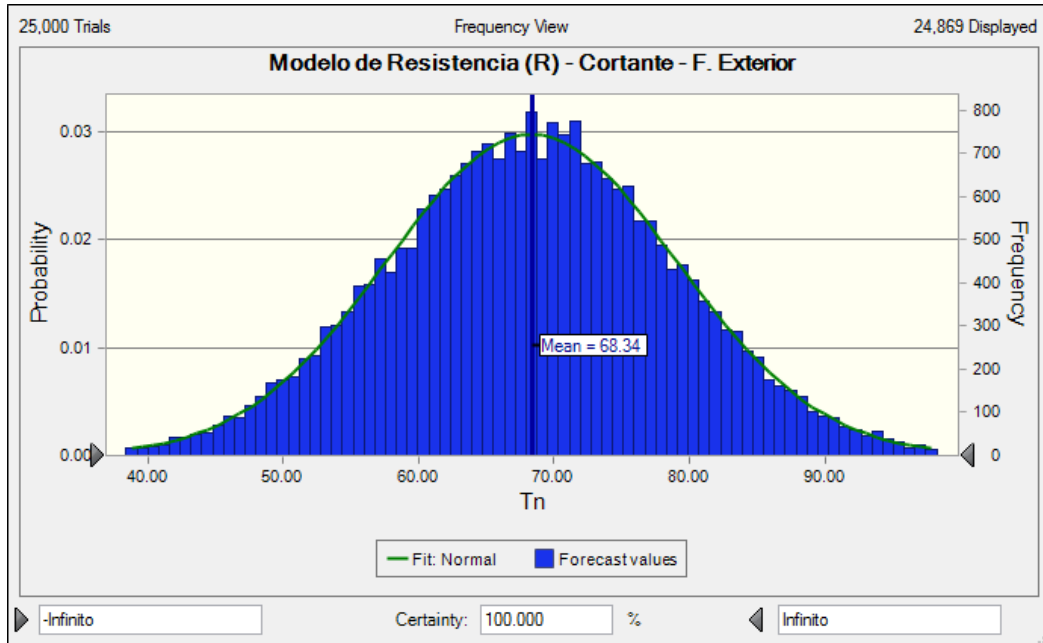


**Figura 62** Análisis de Confiabilidad ( $G$ ).

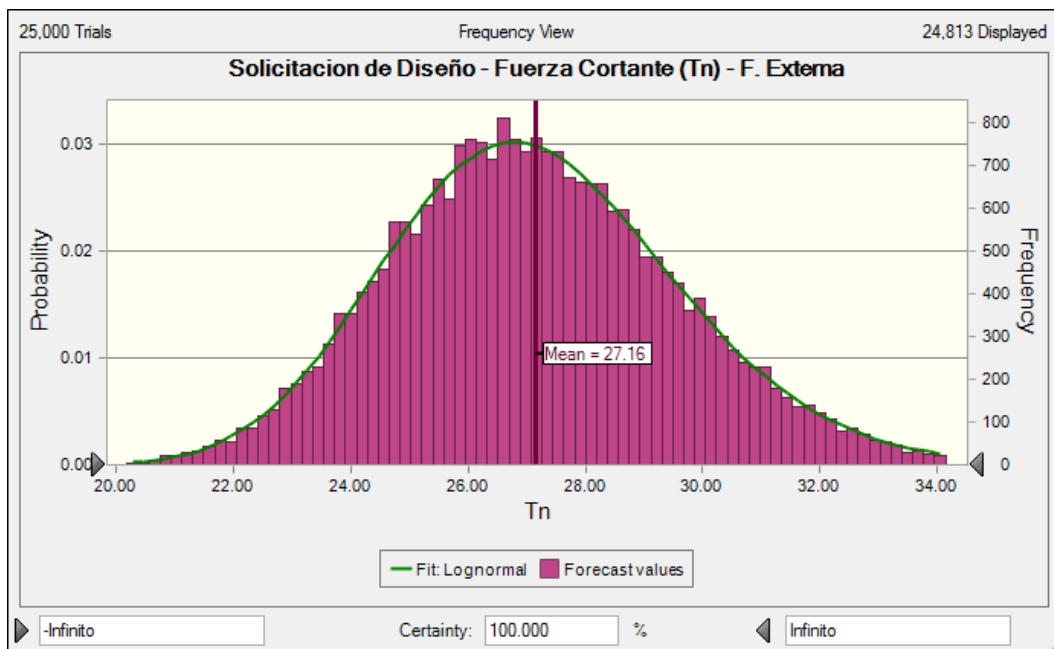
En la figura 62, observamos la media del valor de seguridad ( $G$ ), de las 25000 iteraciones hechas con el Software Oracle Crystal Ball,  $G=R-S$ , este valor nos permite encontrar el nivel de confiabilidad.

- **Evaluación de diseño para cortantes, franja exterior.**

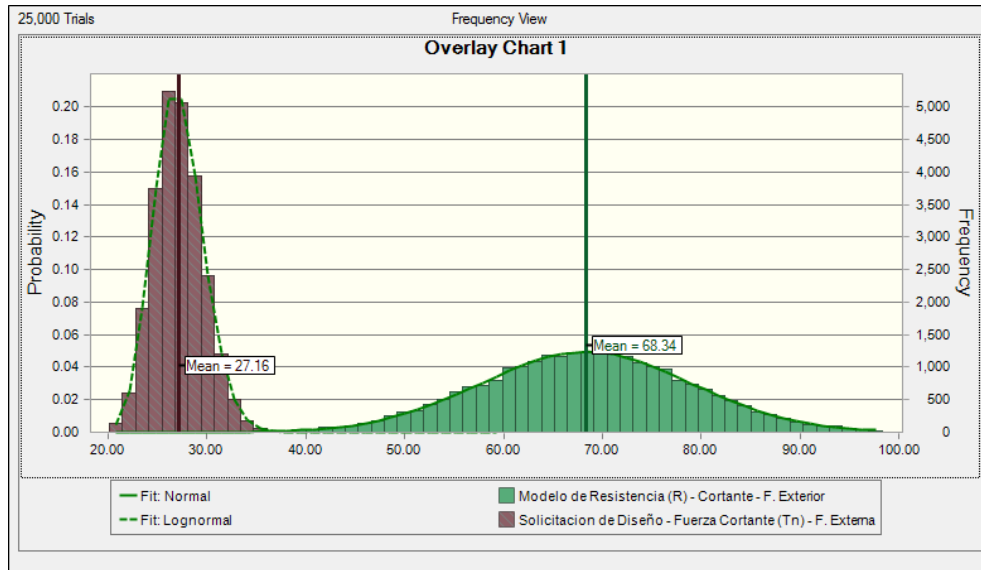
Resumen de Estadísticas en Crystal Ball, siguiendo el procedimiento anterior



**Figura 63** Modelo de Resistencia de Diseño – Cortantes – Franja Exterior.

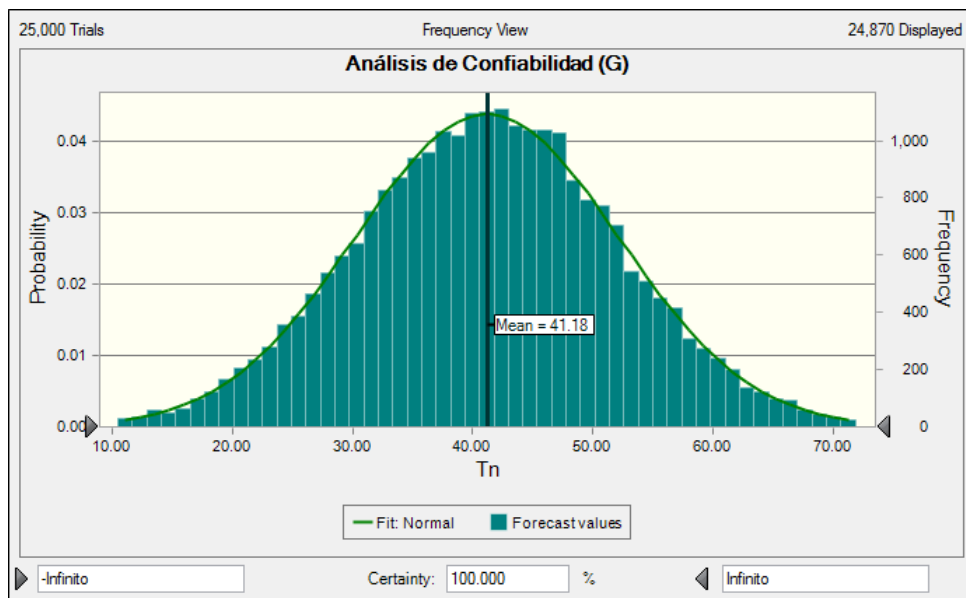


**Figura 64** Modelo de Solicitación de Diseño – Cortantes – Franja Exterior.



**Figura 65** Superposición R vs S.

En la Figura 65, vemos la superposición del modelo de Resistencia (R), con el modelo de Solicitud (S). En la intersección de ambos modelos, hay una ocurrencia mínima, donde el Valor de S, puede ser mayor a R, ( $S > R$ ), para estos determinados valores encontramos la probabilidad de falla, para 25 000 iteraciones o pruebas.

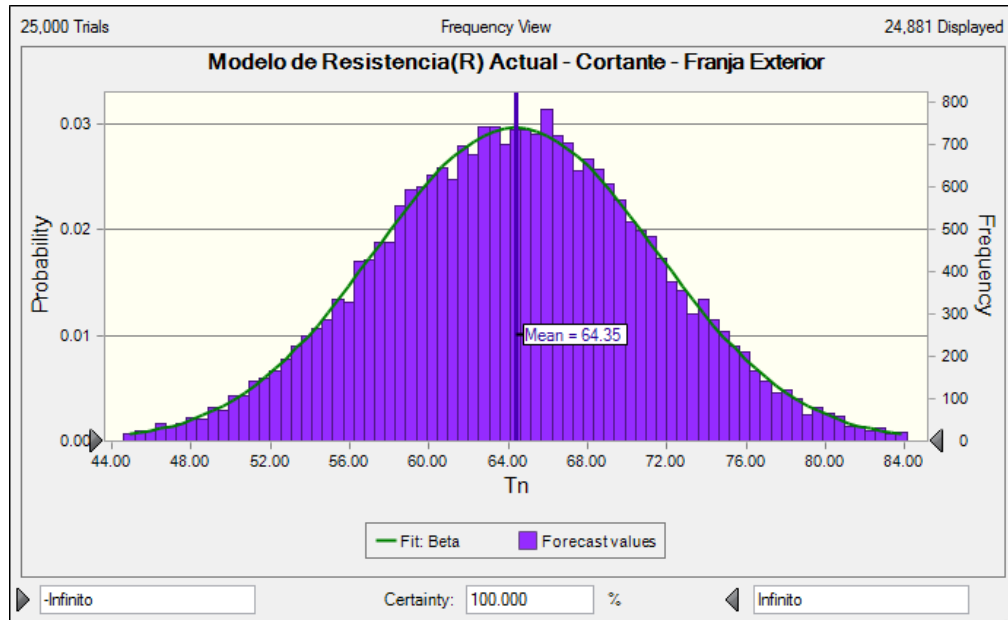


**Figura 66** Análisis de Confiabilidad (G).

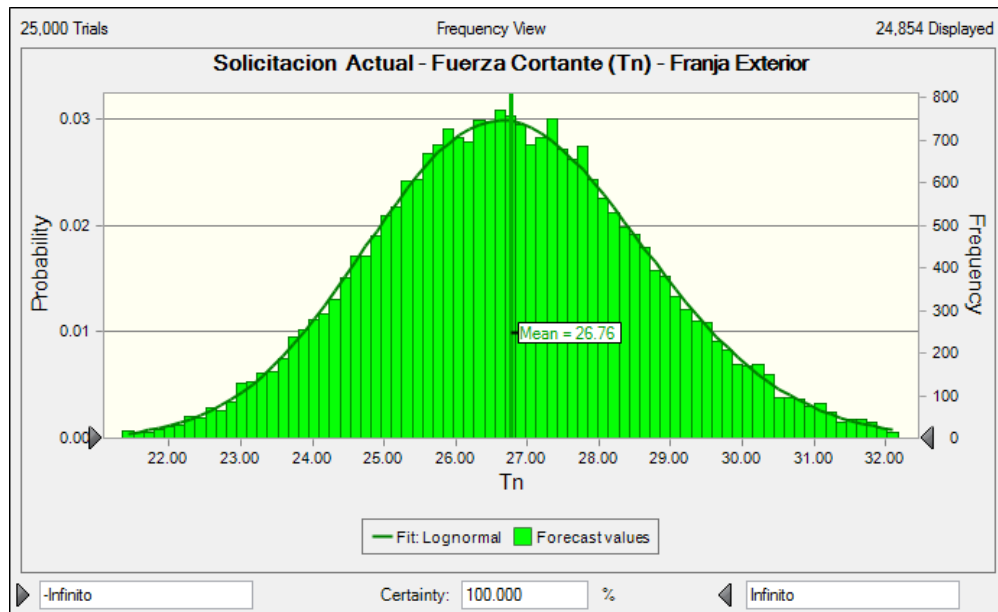
En la figura 66, observamos la media del valor de seguridad (G), de las 25000 iteraciones hechas con el Software Oracle Crystal Ball,  $G=R-S$ , este valor nos permite encontrar el nivel de confiabilidad.

- **Evaluación actual para cortantes, franja exterior.**

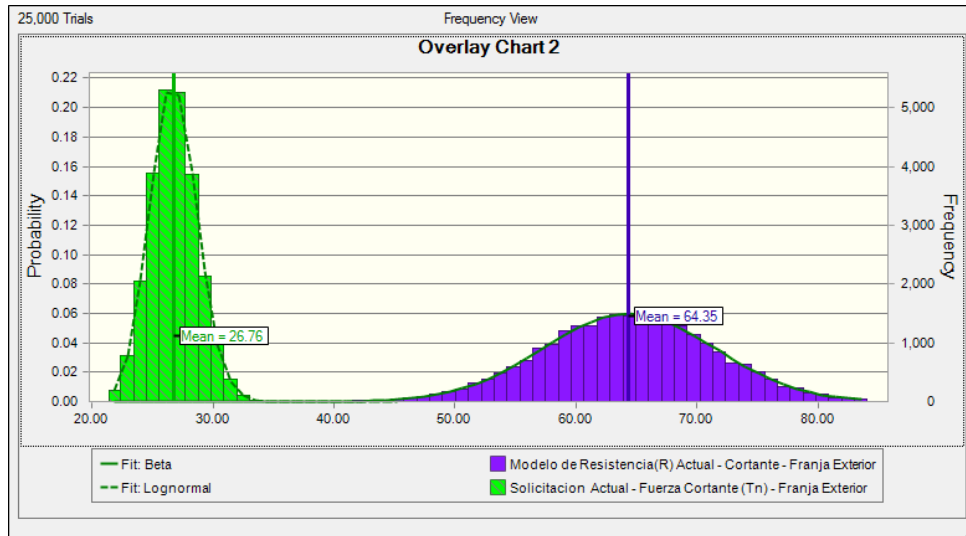
Resumen de Estadísticas en Crystal Ball, siguiendo el procedimiento anterior



**Figura 67** Modelo de Resistencia Actual – Cortantes – Franja Exterior.

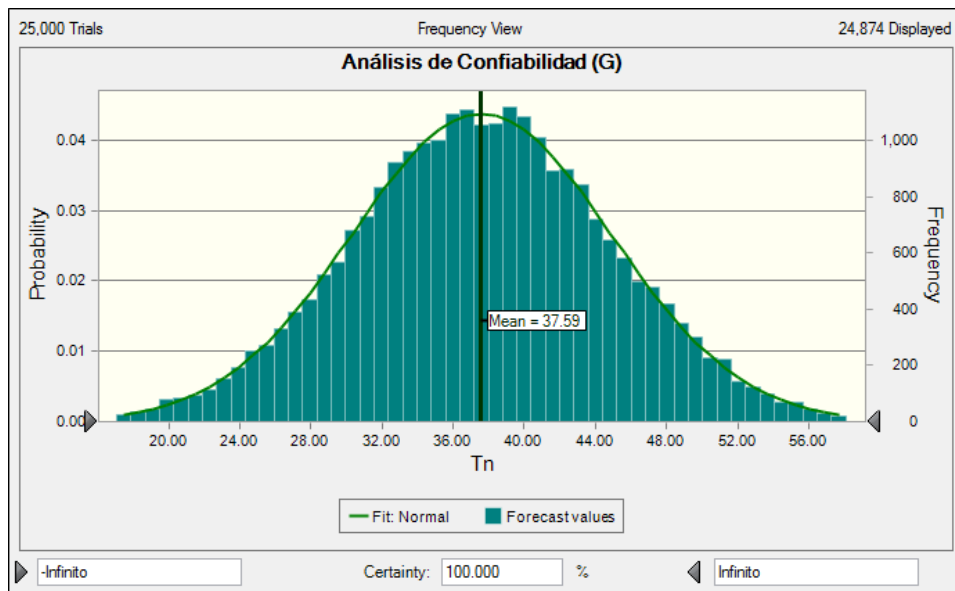


**Figura 68** Modelo de Solicitación de Actual – Cortantes – Franja Exterior.



**Figura 69** Superposición  $R$  vs  $S$ .

En la Figura 69, vemos la superposición del modelo de Resistencia ( $R$ ), con el modelo de Solicitación ( $S$ ). En la intersección de ambos modelos, hay una ocurrencia mínima, donde el Valor de  $S$ , puede ser mayor a  $R$ , ( $S > R$ ), para estos determinados valores encontramos la probabilidad de falla, para 25 000 iteraciones o pruebas.



**Figura 70** Análisis de Confiabilidad ( $G$ ).

En la figura 70, observamos la media del valor de seguridad ( $G$ ), de las 25000 iteraciones hechas con el Software Oracle Crystal Ball,  $G=R-S$ , este valor nos permite encontrar el nivel de confiabilidad.

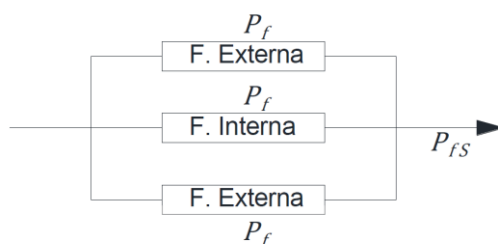
Tabla 25 Resultados análisis de confiabilidad del Puente Huacariz. (Elaboración Propia)

Elemento Estructural	Tipo de Evaluación	Estados de Solicitación (S)		Estados de Resistencia (R)		Índices de Seguridad				
		$\mu(\text{media})$	$\sigma(\text{desv. Est.})$	$\mu(\text{media})$	$\sigma(\text{desv. Est.})$	$\mu(\text{media})$	$\sigma(\text{desv. Est.})$	Índice $\beta$	Pf	
<b>Evaluación para Momento Flector (Tn-m)</b>										
Franja Interior	Diseño	45.54	4.64	93.04	12.10	47.38	12.95	3.66	1.26E-04	
	Desempeño Actual	42.15	3.15	101.41	7.10	60.14	7.76	7.75	3.47E-13	
Franja Exterior	Diseño	42.40	4.12	81.31	10.57	38.86	11.34	3.43	2.78E-04	
	Desempeño Actual	38.33	2.76	88.11	6.17	50.40	6.76	7.46	3.34E-13	
<b>Evaluación para Fuerza Cortante (Tn)</b>										
Franja Interior	Diseño	18.15	1.77	62.72	9.72	44.53	9.88	4.51	2.94E-06	
	Desempeño Actual	18.78	1.43	58.30	6.41	40.36	6.57	6.14	3.81E-10	
Franja Exterior	Diseño	27.18	2.50	68.31	10.59	41.18	10.88	3.79	6.91E-05	
	Desempeño Actual	26.77	1.93	63.52	6.99	37.59	7.25	5.19	1.71E-07	

### 3.2.4. Nivel de confiabilidad estructural.

Índice de Confiabilidad: Se realizó el modelamiento de la estructura en un método de seguridad que posee presente las franjas externas y la franja interna, configurando así un estilo en paralelo, citado por Silva, J. 2018.

Figura 67: Sistema de Seguridad Puente Huacariz.



Después se definió la probabilidad de falla del sistema encontrándose los resultados siguientes:

Tabla 26

Índices de seguridad método de confiabilidad, Puente Huacariz. (Elaboración Propia)

Enfoque de Evaluación	Evaluación Momento		Evaluación Cortante	
	$P_f$	$\beta$	$P_f$	$\beta$
Diseño	4.04E-04	3.34	7.21E-05	3.68
Desempeño Actual	6.81E-13	6.9	1.71E-07	4.59

### 3.3. Análisis de Resultados:

#### 3.3.1. Estudio de tránsito vehicular del puente Huacariz.

##### SEMANA 1:

Tabla 27

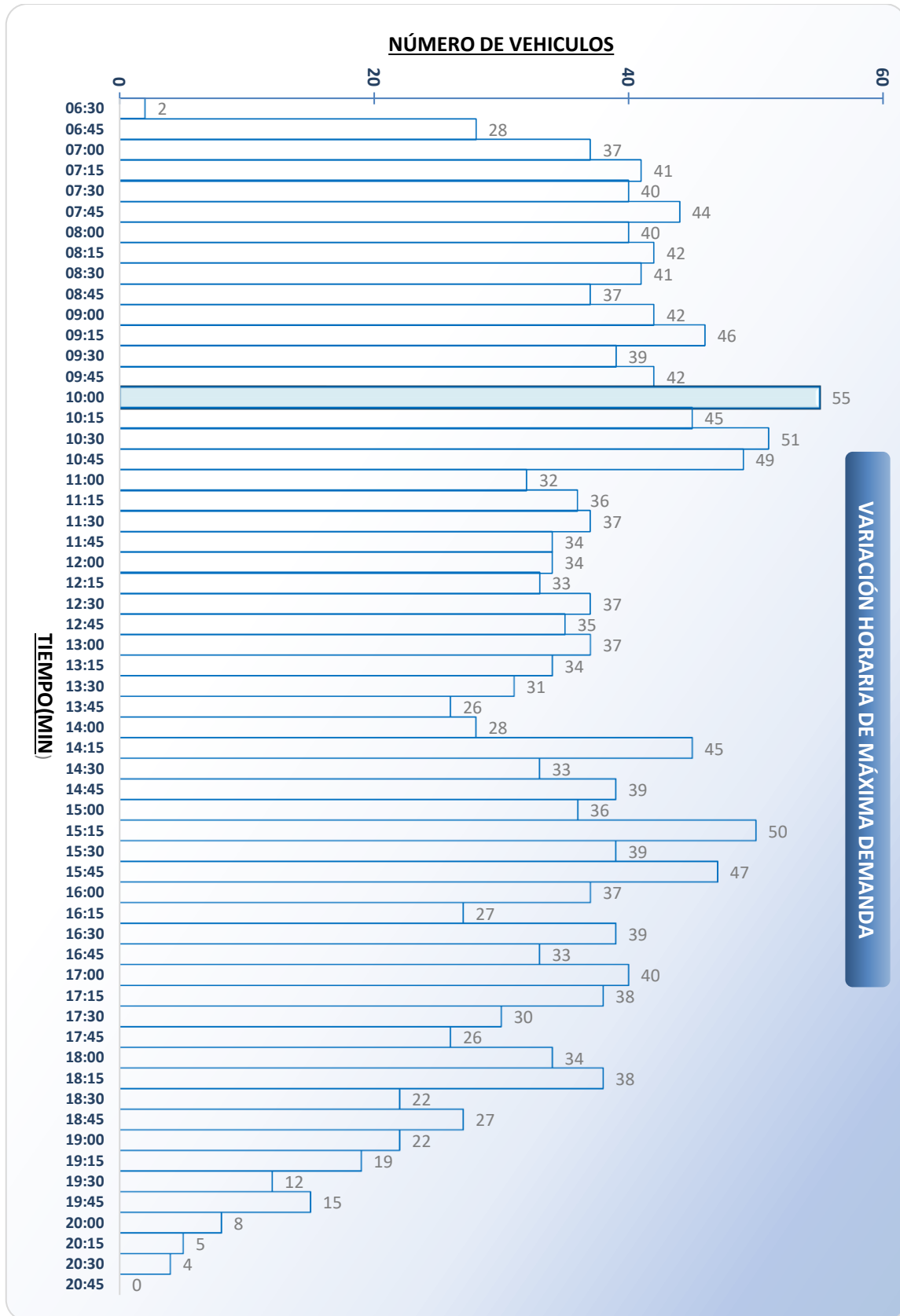
Aforo del día de máxima vehicular (IMDS), semana 1 (Del 4 al 10 de diciembre del 2018). (Elaboración Propia)

ESTUDIO DE TRÁNSITO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA								
ESTUDIO		Aforo Vehicular						
NORMA		Reglamento Nacional de Tránsito - Código de Tránsito. DECRETO SUPREMO N° 016-2009-MTC						
HORA		PROMEDIO SEMANAL IMD						VHMD (veh/h)
		AUTO	TAXI	CAMIONETA	COMBI	CAMION	TOTAL	
06:30	06:45	0	2	0	0	0	2	108
06:45	07:00	6	9	12	1	0	28	146
07:00	07:15	10	11	5	11	0	37	162
07:15	07:30	10	7	13	9	2	41	165
07:30	07:45	9	10	9	11	1	40	166
07:45	08:00	10	11	15	8	0	44	167
08:00	08:15	9	9	15	6	1	40	160
08:15	08:30	10	7	14	9	2	42	162
08:30	08:45	11	7	11	11	1	41	166
08:45	09:00	6	9	12	9	1	37	164
09:00	09:15	10	9	14	9	0	42	169
09:15	09:30	8	15	14	8	1	46	182
09:30	09:45	10	7	10	9	3	39	181
09:45	10:00	12	10	11	7	2	42	193
10:00	10:15	12	17	14	8	4	55	



NIVEL DE CONFIABILIDAD  
SUPERESTRUCTURA DEL  
DE LA  
PUENTE  
HUACARIZ

10:15	10:30	11	10	14	9	1	45	177
10:30	10:45	16	11	13	8	3	51	168
10:45	11:00	15	9	14	10	1	49	154
11:00	11:15	8	8	8	8	0	32	139
11:15	11:30	8	4	14	7	3	36	141
11:30	11:45	5	7	12	11	2	37	138
11:45	12:00	8	12	7	7	0	34	138
12:00	12:15	8	8	9	7	2	34	139
12:15	12:30	9	8	7	7	2	33	142
12:30	12:45	10	7	11	8	1	37	143
12:45	13:00	7	9	9	9	1	35	137
13:00	13:15	12	9	8	8	0	37	128
13:15	13:30	9	5	9	9	2	34	119
13:30	13:45	8	8	7	6	2	31	130
13:45	14:00	6	6	9	3	2	26	132
14:00	14:15	7	6	8	7	0	28	145
14:15	14:30	12	12	9	11	1	45	153
14:30	14:45	7	6	9	9	2	33	158
14:45	15:00	8	7	13	9	2	39	164
15:00	15:15	7	6	10	11	2	36	172
15:15	15:30	11	13	10	15	1	50	173
15:30	15:45	7	9	8	12	3	39	150
15:45	16:00	13	11	12	9	2	47	150
16:00	16:15	12	7	9	8	1	37	136
16:15	16:30	7	6	5	7	2	27	139
16:30	16:45	9	9	11	8	2	39	150
16:45	17:00	11	4	11	7	0	33	141
17:00	17:15	13	9	8	9	1	40	134
17:15	17:30	12	7	11	8	0	38	128
17:30	17:45	9	4	12	5	0	30	128
17:45	18:00	5	6	9	5	1	26	120
18:00	18:15	9	11	9	3	2	34	121
18:15	18:30	6	9	15	5	3	38	109
18:30	18:45	10	6	1	4	1	22	90
18:45	19:00	7	7	10	3	0	27	80
19:00	19:15	5	8	7	2	0	22	68
19:15	19:30	4	7	6	2	0	19	54
19:30	19:45	4	5	0	3	0	12	40
19:45	20:00	7	6	0	2	0	15	32
20:00	20:15	3	4	1	0	0	8	17
20:15	20:30	2	3	0	0	0	5	
20:30	20:45	1	3	0	0	0	4	
20:45	21:00	0	0	0	0	0	0	
<b>TOTAL</b>		481	452	533	397	66	1929	1929



**Figura 71** Variación horaria en el día de máxima demanda.

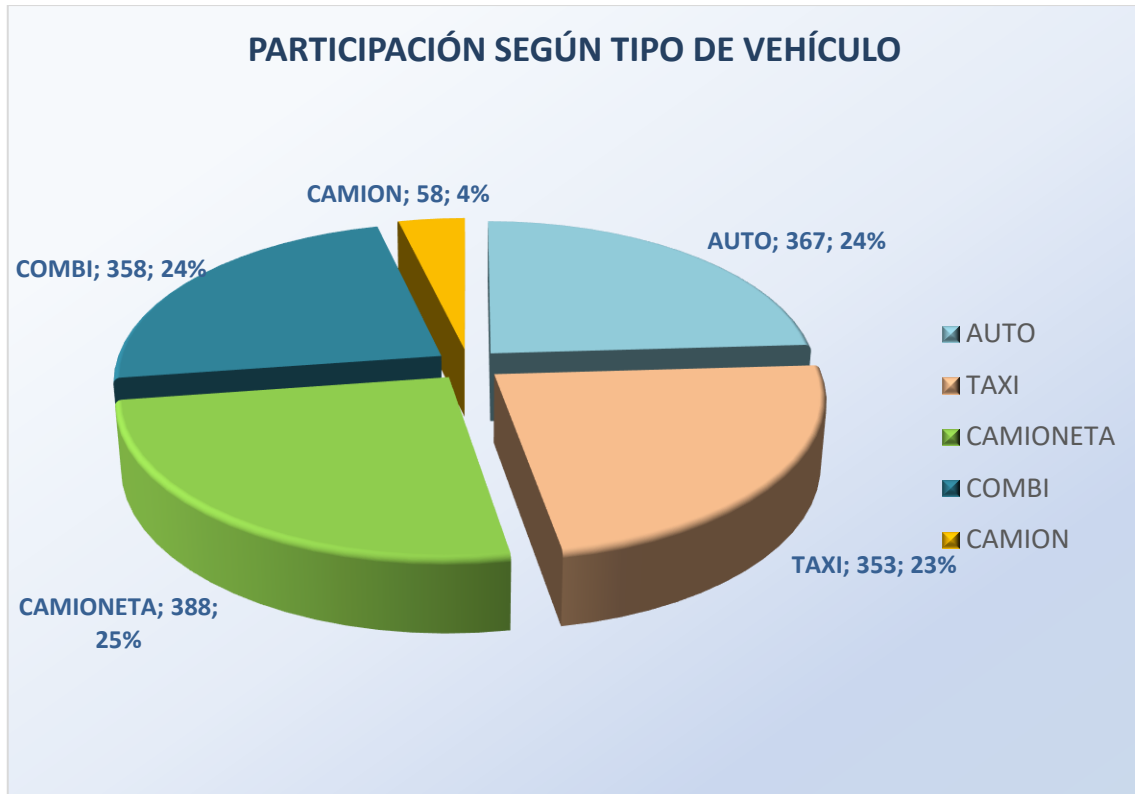
Tabla 28

Resumen de aforo diario semanal por tipo de Vehículo. (Elaboración Propia)

DIAS	VEHICULOS LIVIANOS					VEHICULOS PESADOS	TOTAL
	AUTO	TAXI	CAMIONETA	COMBI	CAMION		
Domingo	343	271	361	370	54	1399	
<b>Lunes</b>	481	452	533	397	66	<b>1929</b>	
Martes	294	242	396	378	54	1364	
Miércoles	258	384	319	328	60	1349	
Jueves	398	327	268	351	64	1408	
Viernes	426	442	449	325	47	1689	
Sábado	436	280	514	370	67	1667	
<b>TPDS</b>	367	353	388	358	58	1544	
<b>% Participación</b>	23.75%	22.87%	25.11%	23.20%	3.73%	100.00%	

**Análisis Vehicular de la semana 1:** Observamos que el día de máxima demanda de la semana 1, fue el día lunes, con un total de 1929 vehículos entre livianos y pesados.

**Nota:** Se contabilizó mototaxis como un vehículo liviano para la semana 1, con un total de 1053 unidades para el día lunes, pese a ser un vehículo con gran influencia en el puente, no se tomó en cuenta para el cálculo de la carga móvil vehicular, por ser un vehículo que no genera cargas considerables de importancia en análisis para el puente en estudio.



**Figura 72** Participación Vehicular según tipo de Vehículos.

**Análisis de la Figura 29:**

Las cargas que se consideran de importancia para el análisis de nivel de confiabilidad en puentes, son los vehículos pesados, sin embargo, en la figura observamos un porcentaje de participación mínima de vehículos pesados (C2, C3, C4) con un 4% en promedio de la semana, lo que nos lleva a deducir que actualmente el puente estudiado, presenta un nivel de confiabilidad bueno, por análisis vehicular.

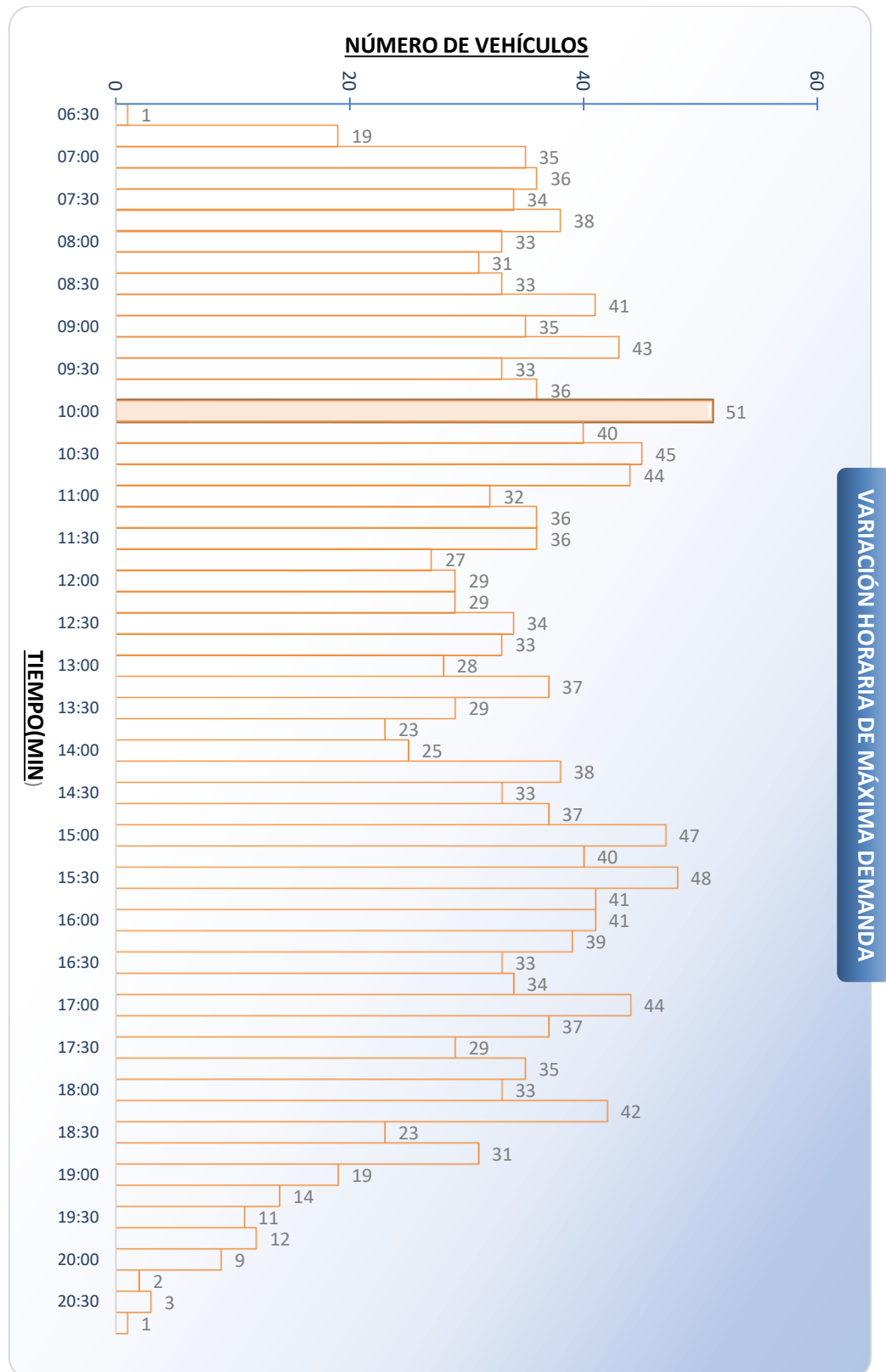
Tabla 29

Aforo del día de máxima vehicular (IMDS), semana 2 (Del 11 al 17 de diciembre del 2018).  
(Elaboración Propia)

HORA		PROMEDIO SEMANAL IMD						VHMD (veh/h)
		AUTO	TAXI	CAMIONETA	COMBI	CAMION	TOTAL	
		<b>ESTUDIO DE TRÁNSITO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b> <b>ESTUDIO</b> Tránsito Vehicular <b>NORMA</b> Reglamento Nacional de Tránsito - Código de Tránsito. DECRETO SUPREMO No 016-2009-MTC						
06:30	06:45	0	1	0	0	0	1	91
06:45	07:00	0	8	10	1	0	19	124
07:00	07:15	5	10	12	8	0	35	143
07:15	07:30	9	6	11	7	3	36	141
07:30	07:45	7	9	7	9	2	34	136
07:45	08:00	7	10	13	8	0	38	135
08:00	08:15	5	8	13	6	1	33	138
08:15	08:30	5	6	11	7	2	31	140
08:30	08:45	9	6	9	8	1	33	152
08:45	09:00	13	8	10	9	1	41	152
09:00	09:15	5	8	12	9	1	35	147
09:15	09:30	7	14	12	8	2	43	163
09:30	09:45	11	6	8	5	3	33	160
09:45	10:00	9	9	9	7	2	36	172
10:00	10:15	11	16	12	8	4	<b>51</b>	<b>180</b>
10:15	10:30	13	9	8	9	1	40	161
10:30	10:45	11	10	11	10	3	45	157
10:45	11:00	14	8	13	8	1	44	148
11:00	11:15	10	7	8	7	0	32	131
11:15	11:30	12	3	11	7	3	36	128
11:30	11:45	7	6	10	11	2	36	121
11:45	12:00	3	11	5	7	1	27	119
12:00	12:15	6	7	7	7	2	29	125
12:15	12:30	8	7	5	7	2	29	124
12:30	12:45	7	10	9	8	0	34	132
12:45	13:00	8	8	7	9	1	33	127

NIVEL DE CONFIABILIDAD  
SUPERESTRUCTURA DEL  
HUACARIZ DE LA  
PUENTE

13:00	13:15	5	8	6	8	1	28	117
13:15	13:30	10	9	7	9	2	37	114
13:30	13:45	9	7	5	6	2	29	115
13:45	14:00	8	5	6	3	1	23	119
14:00	14:15	6	5	7	7	0	25	133
14:15	14:30	8	11	7	11	1	38	155
14:30	14:45	10	5	7	9	2	33	157
14:45	15:00	8	6	11	9	3	37	172
15:00	15:15	13	12	10	10	2	47	176
15:15	15:30	11	12	8	8	1	40	170
15:30	15:45	13	17	6	9	3	48	169
15:45	16:00	10	10	10	9	2	41	154
16:00	16:15	14	12	6	8	1	41	147
16:15	16:30	10	11	9	7	2	39	150
16:30	16:45	6	8	9	8	2	33	148
16:45	17:00	11	7	9	7	0	34	144
17:00	17:15	12	9	13	9	1	44	145
17:15	17:30	10	12	7	8	0	37	134
17:30	17:45	12	3	8	5	1	29	139
17:45	18:00	7	9	10	8	1	35	133
18:00	18:15	13	10	5	3	2	33	129
18:15	18:30	8	8	16	8	2	42	115
18:30	18:45	14	5	0	4	0	23	87
18:45	19:00	9	9	10	3	0	31	75
19:00	19:15	5	7	4	2	1	19	56
19:15	19:30	3	6	3	2	0	14	46
19:30	19:45	3	4	1	3	0	11	34
19:45	20:00	3	5	2	2	0	12	26
20:00	20:15	5	3	1	0	0	9	15
20:15	20:30	0	2	0	0	0	2	
20:30	20:45	0	2	1	0	0	3	
20:45	21:00	1	0	0	0	0	1	
TOTAL		459	450	447	375	71	1802	1802



**Figura 73** Variación horaria en el día de máxima demanda.

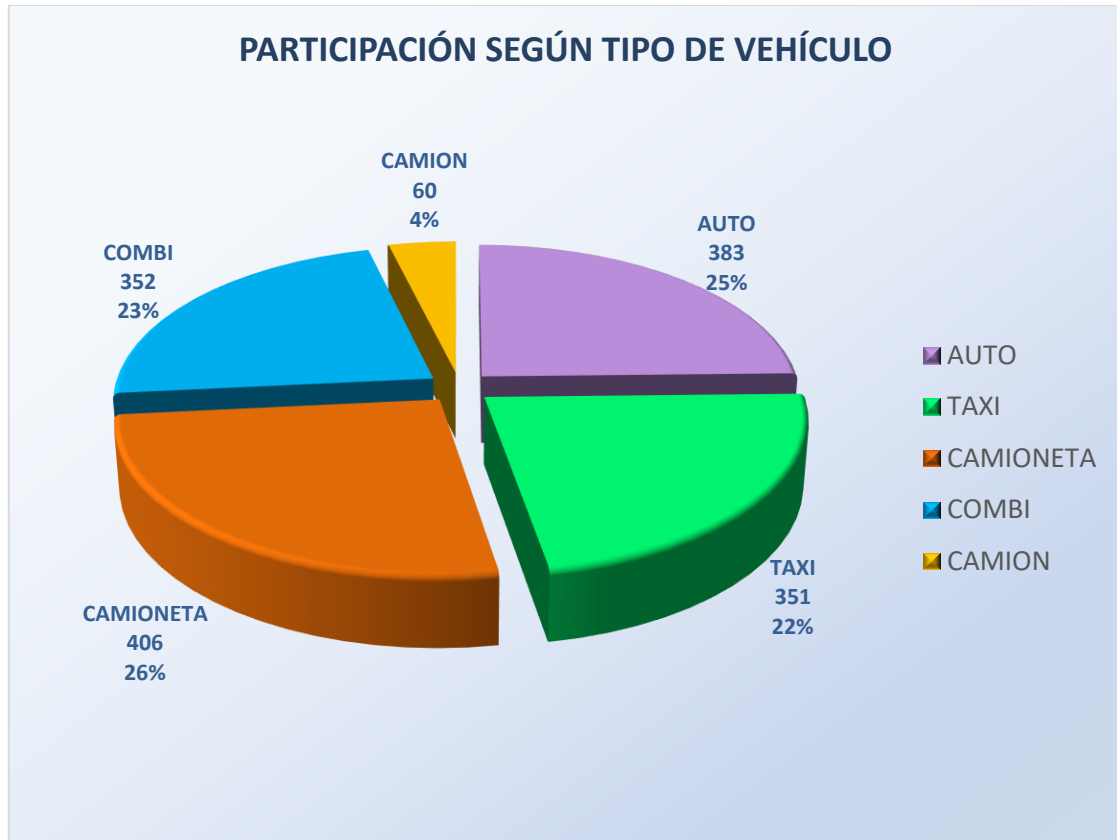
**Tabla 30**
*Resumen de aforo diario semanal por tipo de Vehículo. (Elaboración Propia)*

 <b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>	<b>ESTUDIO DE TRÁNSITO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>					
	<b>ESTUDIO</b>			Tránsito Vehicular		
	<b>NORMA</b>			Reglamento Nacional de Tránsito - Código de Tránsito. DECRETO SUPREMO No 016-2009-MTC		
<b>DIAS</b>	<b>VEHICULOS LIVIANOS</b>				<b>VEHICULOS PESADOS</b>	<b>TOTAL</b>
	<b>AUTO</b>	<b>TAXI</b>	<b>CAMIONETA</b>	<b>COMBI</b>	<b>CAMIÓN</b>	
Domingo	451	446	410	322	65	1694
Lunes	294	239	360	373	52	1318
Martes	260	378	558	327	59	1582
Miércoles	397	324	393	347	48	1509
<b>Jueves</b>	459	450	447	375	71	<b>1802</b>
Viernes	434	269	269	366	65	1403
Sábado	342	278	315	368	52	1355
<b>TPDS</b>	383	351	406	352	60	<b>1523</b>
<b>% Participación</b>	25.11%	23.04%	26.66%	23.09%	3.94%	100.00%

**Análisis Vehicular de la semana 2:** Observamos que el día de máxima demanda de la semana 2, fue el día jueves, con un total de 1802 vehículos entre livianos y pesados.

**Nota:** Se contabilizó mototaxis como un vehículo liviano para la semana 2, con un total de 1163 unidades para el día jueves, pese a ser un vehículo con gran influencia en el puente, no se tomó en cuenta para el cálculo de la carga móvil vehicular, por ser un vehículo que no genera cargas considerables de importancia en análisis para el puente en estudio.





**Figura 74** Participación Vehicular según tipo de Vehículos.

**Análisis de la Figura 31:**


Las cargas que se consideran de importancia para el análisis de nivel de confiabilidad en puentes, son los vehículos pesados, sin embargo, en la figura observamos un porcentaje de participación mínima de vehículos pesados (C2, C3, C4) con un 4% en promedio de la semana, lo que nos lleva a deducir que actualmente el puente estudiado, presenta un nivel de confiabilidad bueno, por análisis vehicular.

**SEMANA 3:**

Tabla 31

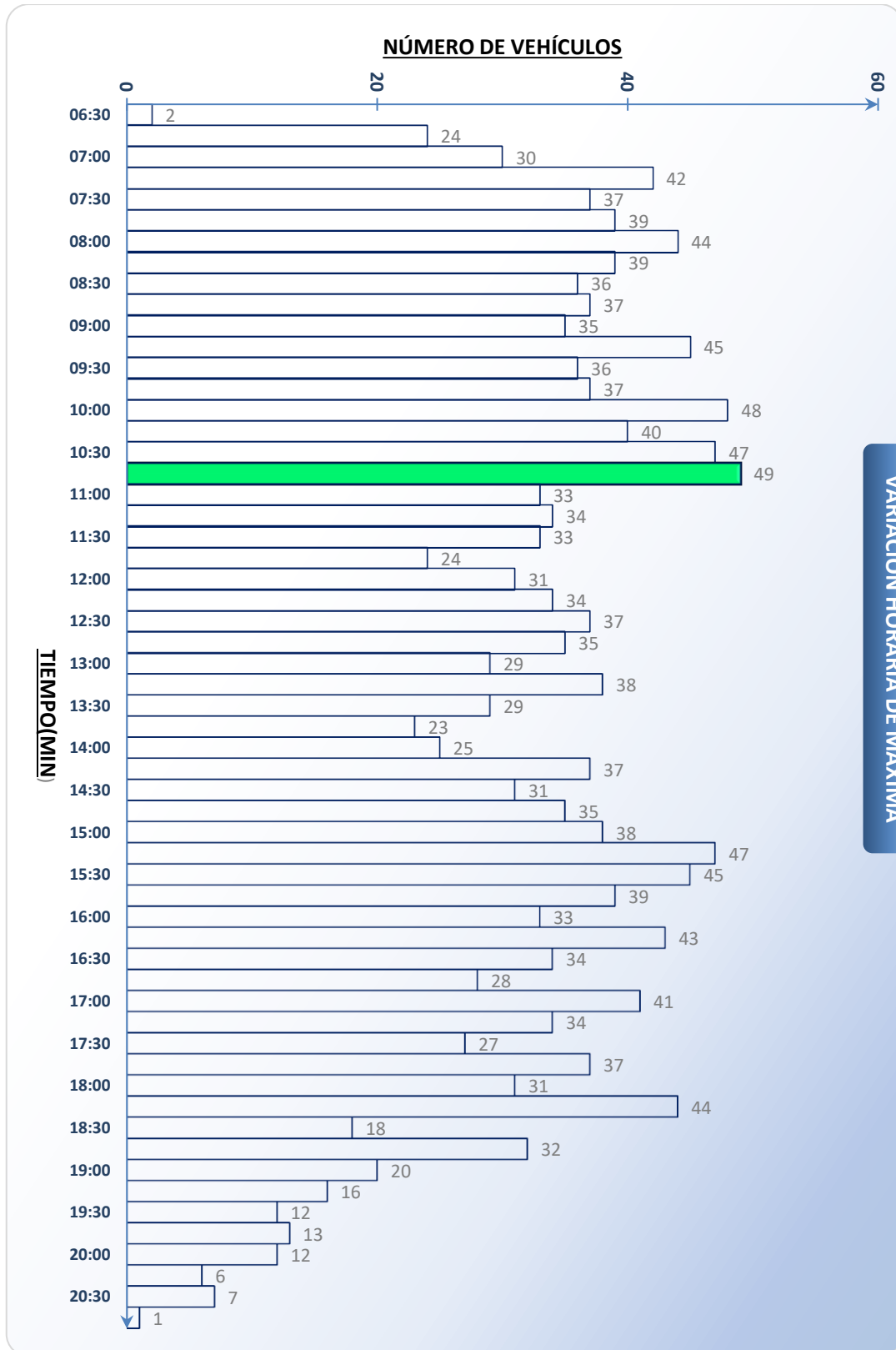
Aforo del día de máxima vehicular (IMDS), semana 2 (Del 18 al 24 de diciembre del 2018).

(Elaboración Propia)

 <b>ESTUDIO DE TRÁNSITO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>								
ESTUDIO		Tránsito Vehicular						
NORMA		Reglamento Nacional de Tránsito - Código de Tránsito. DECRETO SUPREMO No 016-2009-MTC						
HORA		PROMEDIO SEMANAL IMD					TOTAL	VHMD (veh/h)
		AUTO	TAXI	CAMIONETA	COMBI	CAMION		
06:30	06:45	0	2	0	0	0	2	98
06:45	07:00	0	6	10	5	3	24	133
07:00	07:15	6	4	12	8	0	30	148
07:15	07:30	12	7	11	10	2	42	162
07:30	07:45	10	10	7	9	1	37	159
07:45	08:00	9	11	13	6	0	39	158
08:00	08:15	10	9	13	11	1	44	156
08:15	08:30	9	7	11	10	2	39	147
08:30	08:45	10	7	9	9	1	36	153
08:45	09:00	10	9	10	7	1	37	153
09:00	09:15	6	9	12	8	0	35	153
09:15	09:30	10	12	12	10	1	45	166
09:30	09:45	8	7	8	10	3	36	161
09:45	10:00	10	10	9	6	2	37	172
10:00	10:15	12	16	9	7	4	<b>48</b>	<b>184</b>
10:15	10:30	11	10	8	10	1	<b>40</b>	169
10:30	10:45	13	11	11	9	3	<b>47</b>	163
10:45	11:00	16	9	13	10	1	<b>49</b>	149
11:00	11:15	8	8	8	9	0	33	124
11:15	11:30	10	4	11	6	3	34	122
11:30	11:45	6	7	10	8	2	33	122
11:45	12:00	5	8	5	6	0	24	126
12:00	12:15	8	8	7	6	2	31	137
12:15	12:30	13	8	5	6	2	34	135
12:30	12:45	9	11	9	7	1	37	139


NIVEL DE CONFIABILIDAD  
SUPERESTRUCTURA DEL  
HUACARIZ DE LA  
PUENTE

12:45	13:00	10	9	7	8	1	35	131
13:00	13:15	7	9	6	7	0	29	119
13:15	13:30	12	10	7	7	2	38	115
13:30	13:45	9	8	5	5	2	29	114
13:45	14:00	8	6	6	2	1	23	116
14:00	14:15	6	6	7	6	0	25	128
14:15	14:30	7	12	7	10	1	37	141
14:30	14:45	8	6	7	8	2	31	151
14:45	15:00	7	7	11	8	2	35	165
15:00	15:15	8	10	10	8	2	38	169
15:15	15:30	9	13	8	16	1	47	164
15:30	15:45	7	18	6	11	3	45	160
15:45	16:00	8	11	10	8	2	39	149
16:00	16:15	6	13	6	7	1	33	138
16:15	16:30	12	12	9	8	2	43	146
16:30	16:45	7	9	9	7	2	34	137
16:45	17:00	9	4	9	6	0	28	130
17:00	17:15	9	10	13	8	1	41	139
17:15	17:30	11	10	7	6	0	34	129
17:30	17:45	10	4	8	5	0	27	139
17:45	18:00	9	10	10	7	1	37	130
18:00	18:15	11	11	5	2	2	31	125
18:15	18:30	9	9	16	7	3	44	114
18:30	18:45	8	6	0	3	1	18	86
18:45	19:00	13	7	10	2	0	32	80
19:00	19:15	7	8	4	1	0	20	61
19:15	19:30	5	7	3	1	0	16	53
19:30	19:45	4	5	1	2	0	12	43
19:45	20:00	4	6	2	1	0	13	38
20:00	20:15	7	4	1	0	0	12	26
20:15	20:30	3	3	0	0	0	6	
20:30	20:45	2	3	1	1	0	7	
20:45	21:00	1	0	0	0	0	1	
TOTAL		474	486	444	366	65	1835	1835



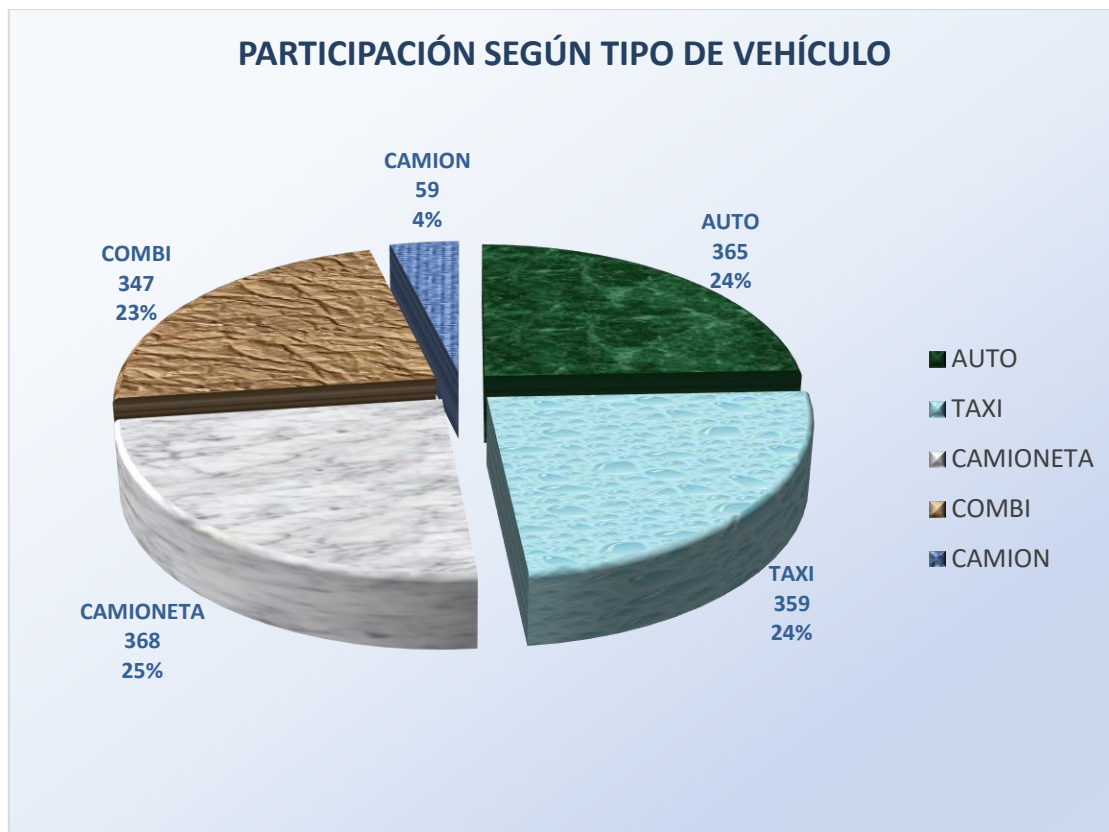
**Figura 75** Variación horaria en el día de máxima demanda.

**Tabla 32**
*Resumen de aforo diario semanal por tipo de vehículo. (Elaboración Propia)*

 <b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>	<b>ESTUDIO DE TRÁNSITO - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>					
	<b>ESTUDIO</b>			Tránsito Vehicular		
	<b>NORMA</b>			Reglamento Nacional de Tránsito - Código de Tránsito. DECRETO SUPREMO No 016-2009-MTC		
<b>DIAS</b>	<b>VEHICULOS LIVIANOS</b>				<b>VEHICULOS PESADOS</b>	<b>TOTAL</b>
	<b>AUTO</b>	<b>TAXI</b>	<b>CAMIONETA</b>	<b>COMBI</b>	<b>CAMION</b>	
Domingo	418	374	358	363	52	1565
Lunes	344	323	435	325	59	1486
Martes	399	435	391	345	63	1633
Miércoles	295	263	313	322	48	1241
Jueves	260	274	267	362	64	1227
<b>Viernes</b>	474	486	444	366	65	<b>1835</b>
Sábado	425	240	442	426	52	1585
<b>TPDS</b>	365	359	368	347	59	<b>1510</b>
<b>% Participación</b>	24.17%	23.78%	24.37%	22.99%	3.87%	100.00%

**Análisis Vehicular de la semana 3:** Observamos que el día de máxima demanda de la semana 3, fue el día viernes, con un total de 1835 vehículos entre livianos y pesados.

**Nota:** Se contabilizó mototaxis como un vehículo liviano para la semana 3, con un total de 1164 unidades para el día viernes, pese a ser un vehículo con gran influencia en el puente, no se tomó en cuenta para el cálculo de la carga viva móvil vehicular, por ser un vehículo que no genera cargas considerables de importancia en análisis para el puente en estudio.

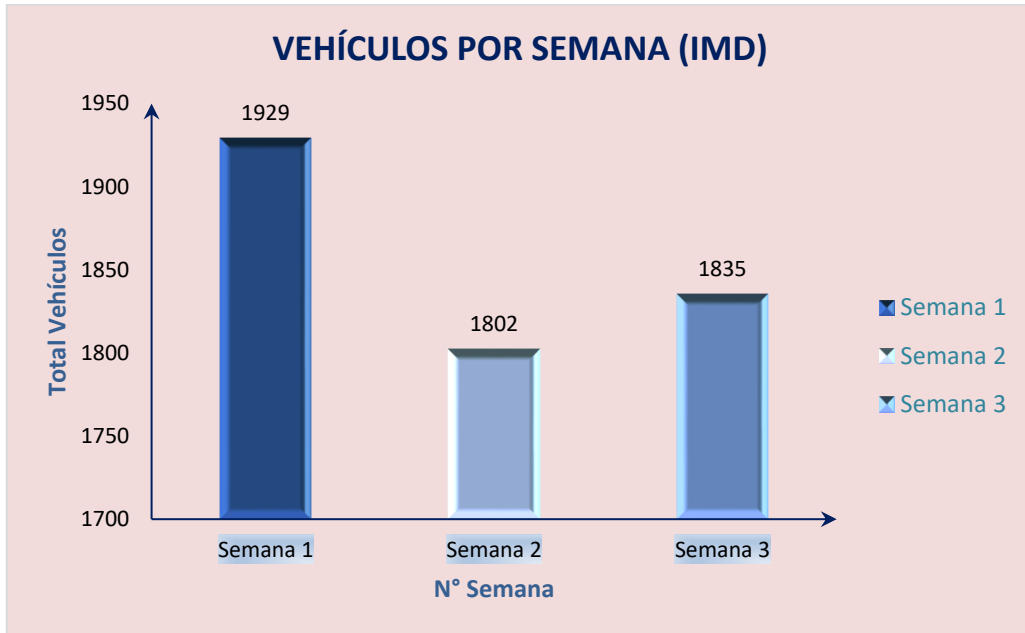


**Figura 76** Participación vehicular según tipo de vehículos.

**Análisis de la Figura 33:**

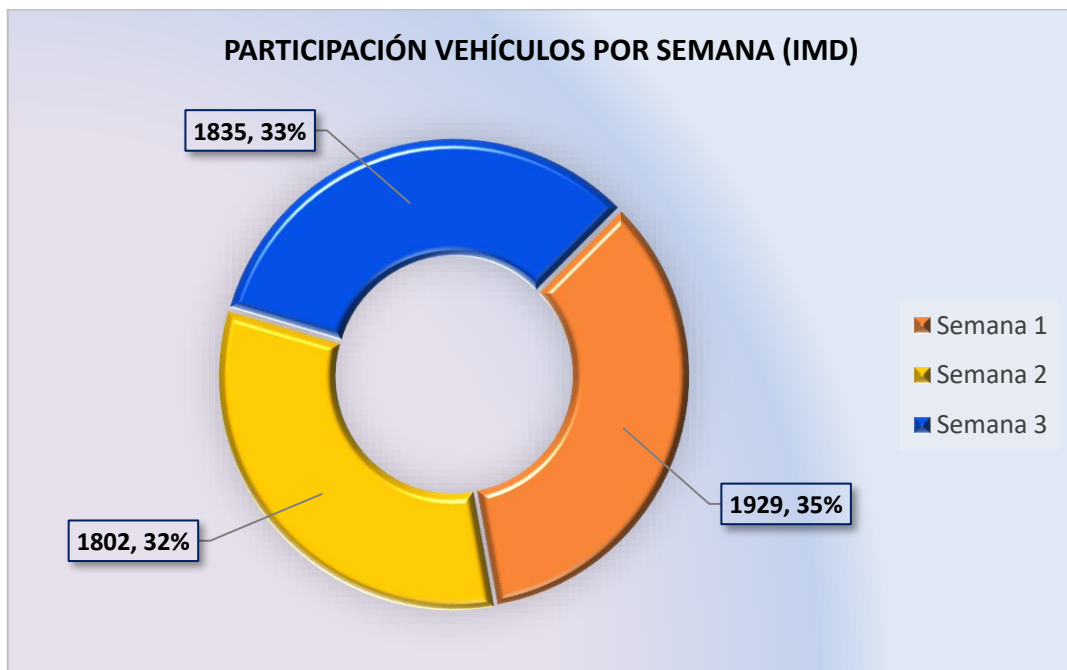
Las cargas que se consideran de importancia para el análisis de nivel de confiabilidad en puentes, son las cargas de los vehículos pesados, sin embargo, en la figura observamos un porcentaje de participación mínima de vehículos pesados (C2, C3, C4) con un 4% en promedio de la semana, lo que nos lleva a deducir que actualmente el puente estudiado, presenta un nivel de confiabilidad bueno, por análisis vehicular.

### Análisis Tránsito Vehicular Total



**Figura 77** Vehículos por semana, IMD.

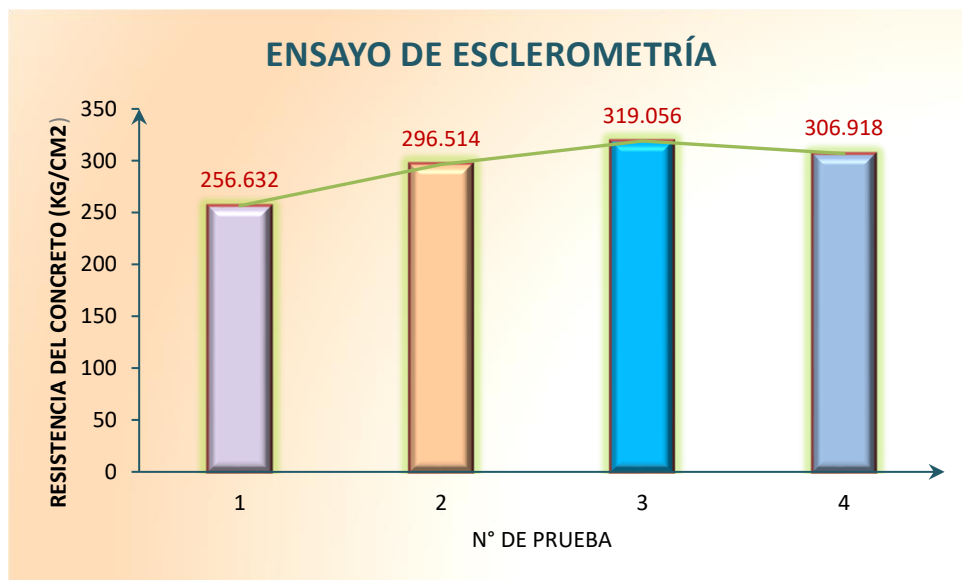
- La mayor demanda vehicular es en la primera semana con un total de 1929 vehículos, en el día de máxima demanda.



**Figura 78** Participación Vehicular por semana (IMD).

### 3.3.2. Estudio de Nivel de confiabilidad del Puente Huacariz

- **Ensayos de Esclerometría**



**Figura 79** Ensayos de Esclerometría en el Puente Huacariz.

En la figura 36, observamos que la resistencia del concreto encontrada en campo es superior a la resistencia con la que fue diseñada el puente (280 kg/cm<sup>2</sup>), esto indica que el puente se encuentra en buen estado de resistencia del concreto, por lo que eleva el nivel de confiabilidad del puente a la acción de cargas. Cabe mencionar que se ha previsto el error de calibración del instrumento de esclerómetro en un 15%. En tal sentido fue aplicado para el cálculo donde se obtuvo los resultados de resistencia a la compresión del concreto aproximados lo real.

- **Nivel de Confiabilidad Estructural del Puente Huacariz.**

Se cotejan los resultados conseguidos con los niveles de seguridad recomendados por el (Army Corps of Engineers. 1997 citado por Silva, J. 2018), en concordancia con la teoría mostrada en las referencias, dichas teóricas incluyen 8 niveles, evidenciados en la siguiente tabla.



Tabla 33 Niveles de confiabilidad propuestos por el Army Corps of Engineers (1997). (Elaboración Propia)

ESCALAS DE SEGURIDAD		
Nivel	Índice $\beta$	
	Mínimo	Máximo
Alto	5.0	---
Bueno	4.0	5.0
Arriba del promedio	3.0	4.0
Bajo del promedio	2.5	3.0
Pobre	2.0	2.5
Insatisfactorio	1.5	2
Peligroso	1.0	1.5
Cercano a la falla	0.0	1.0

En la tabla 33, observamos la escala de seguridad de puentes, para el método de nivel de confiabilidad, a cada escala se le asigna colores característicos por nivel, para su mejor representación, y a cada una de estas escalas, también se les asigna un valor de nivel de confiabilidad. Un valor de confiabilidad ( $\beta$ ) de 3.5, es un valor mínimo de diseño, según AASHTO LRFD, y; Un valor de confiabilidad ( $\beta$ ) de 2.5, es un valor mínimo para evaluación de puentes en su etapa de servicio final.

### Nivel de Confiabilidad, Evaluación de Momentos

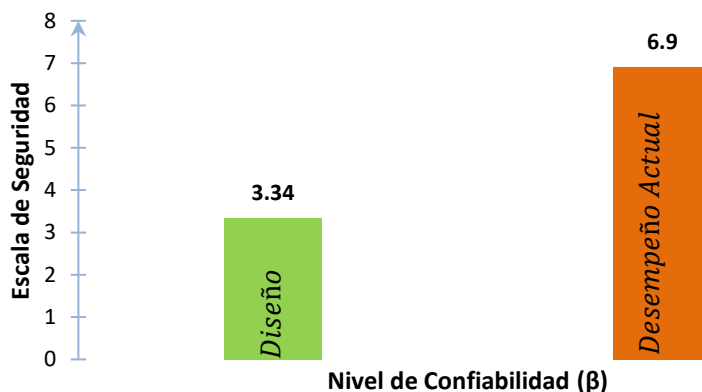
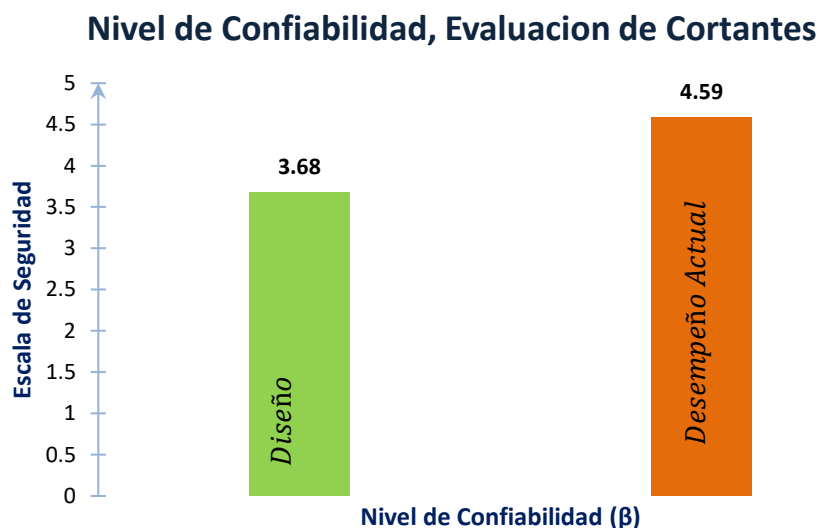


Figura 80 Nivel de Confiabilidad del Puente Huacariz, Evaluación de Momentos.

En la figura 80, observamos que el nivel de confiabilidad de diseño está por arriba del promedio ( $\beta=3.34$ ) y el nivel de confiabilidad de desempeño actual es alto ( $\beta=6.9$ ).



**Figura 81** Nivel de Confiabilidad del Puente Huacariz, Evaluación de Cortantes.

En la figura 81, observamos que el nivel de confiabilidad de diseño está por arriba del promedio, con ( $\beta=3.68$ ) y el nivel de confiabilidad de desempeño actual es bueno, con ( $\beta=4.59$ ).

Luego, el grado de seguridad estructural que tiene el puente en estudio, teniendo en cuenta los índices de seguridad obtenidos para la superestructura es:

Tabla 34

*Grado de seguridad del puente investigado con la metodología de confiabilidad estructural. (Elaboración Propia)*

Puente	Fuerza Interna Propenso a Fallas	Índice $\beta$	Grado de Seguridad
Huacariz	Cortante	4.59	Bueno

## CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1. Discusión

- Se tiene en cuenta la corroboración que los niveles de confiabilidad de la norma AASHTO LRFD 2014, se aplica solidez en un diseño, siguiendo las indicaciones del órgano que establece las normas anteriormente citadas, en tal sentido, avala la seguridad fundamental, comprobado según lo recomendado por Gao, (2007), manifestado en su tesis de investigación.
- Habiéndose seleccionado los lineamientos recomendados por AASHTO LRFD, (2017), es absolutamente evidente considerar que los niveles de seguridad en cuanto se refiere al diseño de puentes losa, y la resistencia de concreto armado, como se precisa en el caso del Puente Huacariz, por tal motivo, se afirma que la situación correspondiente de diseño es el de resistencia final, Se comprueba ya que los niveles de seguridad son continuos al valor  $\beta: 3.5 \pm 0.5$ , significa que obtiene un grado de seguridad promedio de diseño.
- Por las razones antes expuestas se definió que el grado de seguridad estructural  $\beta$  es alta, donde se comparó con los índices  $\beta$  de diseño, entonces esta presente investigación recomienda que la variación del grado de seguridad se da a las situaciones resistentes del concreto de la losa armada, que tiene una ventaja superior a la  $f'c$  de 280 Kg/cm<sup>2</sup> del diseño, agregándole que las sollicitaciones del tránsito vehicular en el Puente Huacariz hacen actuaciones minimas de carga que las del vehículo del diseño HL-93.
- Analizando el tránsito vehicular, determinamos que la participación de vehículos pesados es solo de un 4%, en cambio los vehículos livianos tienen una gran participación, pero para el análisis de confiabilidad de puentes, las cargas de estos

vehículos son de poca consideración, por lo que no se ve afectada el índice de seguridad del puente en el análisis vehicular actual.

- Es factible aseverar, que como el Nivel de Confiabilidad del puente Huacariz es alto, el margen de seguridad sugiere que la estructura tiene suficiente capacidad para cumplir por mucho tiempo su funcionalidad, para el que fue diseñada.

#### 4.2. Conclusiones

- El Nivel de Confiabilidad Estructural del Puente Huacariz es bueno ( $\beta_{\min}$  Actual =4.59), aceptándose la hipótesis propuesta.
- Los ensayos de Esclerometría hecho en 4 puntos del Puente Huacariz, muestran valores comprendidos entre 256.632 hasta 319.056 (kg/cm<sup>2</sup>), tres valores están por encima de la resistencia de concreto de diseño (280kg/cm<sup>2</sup>), evidenciando una resistencia actual eficaz del concreto armado.
- Se Examinaron los cálculos estructurales mediante el uso del software CSI BRIDGE V20.2.0., las condiciones actuales de la estructura y las normas vigentes. Estos cálculos fueron de suma importancia para encontrar las solicitaciones (cargas), a la que está expuesta el Puente Huacariz.
- En el análisis de Tránsito Vehicular del puente Huacariz encontramos que:
  - Los vehículos con mayor influencia vehicular son: Autos, Taxis, Camionetas, Combis (Vehículos Livianos) y Camiones C2, C3, C4 (Vehículos pesados).
  - El día de máxima demanda mayor de las 3 semanas contabilizadas fue de la primera semana, perteneciente al día lunes, con un total de 1929 vehículos entre vehículos livianos y pesados.

- El porcentaje de participación de vehículos pesados C2, C3, C4, importantes para el análisis de confiabilidad del Puente Huacariz, es solo del 4% de total, este resultado evidencia el alto nivel de confiabilidad del puente investigado.
- Cabe decir, que en el aforo vehicular se observó que los vehículos con mayor participación fueron mototaxis, pero no se consideran en el análisis de cargas, por su bajo peso vehicular.
- Según el criterio de evaluación descriptivo de puentes, sobre la condición actual del Puente Huacariz observado en campo, encontramos que el estado de condición del puente es de calificación 1, es decir Bueno, ya que hay problemas menores, algunos elementos estructurales presentan deterioro sin importancia estructural, que llegase afectar la seguridad del puente.

## REFERENCIAS

- Álvarez, L; Castillo, R; & Vargas, L. 2014. Evaluación de La Capacidad de Carga Viva Vehicular de Puentes en Costa Rica. San José, Costa Rica: Publicaciones Congreso Nacional de Ingeniería. San José, Costa Rica. 14 p.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). 2001. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets. 2 ed. Washington DC, Estados Unidos. 942 p.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). 2013. The Manual Bridge Evaluation. 2 ed Rev. Washington DC, Estados Unidos. 588 p.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). 2014. AASHTO LRFD Bridge Design Specifications. 7 ed. Setiembre. Washington, Estados Unidos. 1704 p.
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). 2017. AASHTO LRFD Bridge Design Specifications. 8 ed. Setiembre. Washington, Estados Unidos. 1781 p.
- American Society for Testing and Materials (ASTM). 2002. Standard Test Method for Rebound Number of Hardened Concrete. C-805. Estados Unidos. 3 p.
- Army Corps of Engineers. 1997. Engineering and design: Introduction to probability and reliability methods for use in geotechnical engineering. Washington, DC. Estados Unidos. 15 p.
- Gao, L. 2007. Reliability Based Evaluation of Bridge Live Load Carrying. Tesis Doctoral. Washington, Estados Unidos. 14 p.

- Ghodoosipoor, F. 2013. Development of Deterioration Models for Bridge Decks Using System Reliability Analysis. Tesis doctoral. Montreal, Canadá. 134 p.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). 2003. Reglamento Nacional de Vehículos. Octubre. Lima, Perú. 119 p.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). 2006. Guía para Inspección de Puentes. Marzo. Lima, Perú. 83 p.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). 2018. Manual de Puentes. Ed. Rev. Diciembre. Lima, Perú. 630 p.
- National Cooperative Highway Research Program. 2003. Report 489. Design of Highway Bridge for Extreme Events. Washington DC, New York. U.S. Transportation Research Board. 175 p.
- Nilson, A. 2001. Diseño de Estructuras de Concreto. 12 Ed. Bogotá. Colombia. McGraw-Hill. 738 p.
- Novak, A.; Collins, K. 2000. Reliability of Structures. 1 ed. Estados Unidos: McGraw-Hill. 354 p.
- Nowak, A. 1993. Reliability-based evaluation of existing bridges. 67 (1993) Revista Estadounidense. 275 -282.
- Nowak, A. 1999. NCHRP Report 368. Calibration of LRFD Bridge Design Code. Transportation Research Board. 222 p.
- Taly, N. 2014. Highway Bridge Superstructure Engineering LRFD Approaches to Design and Analysis. 1 Ed. New York, Estados Unidos. Taylor & Francis Group. 959 p.

- Terrones, G. 2014. Evaluación De Las Fallas Estructurales Del Puente Sobre el rio Colpamayo En La Red Vial Bambamarca. Tesis titulación. Chota, Cajamarca, Perú. 170 p.
- Torres, A; Martínez, M. 2001. Diseño de Estructuras de Concreto con Criterios de Durabilidad. Publicación Técnica. Sanfandila, México. 89 p.
- Trujillo, J. 2009. Diseño de puentes. 3 Ed. Bogotá. Colombia. U.
- Torres, R. 2018. Nivel de Serviciabilidad de los jirones Leguía y José Gálvez, de la ciudad de Cajamarca.
- Moses, F., *NCHRP. Report 454: Calibration of Load Factors for LRFD Bridge Evaluation*, Washington D. C.
- Expediente técnico construcción del puente huacariz. (2012).
- European Committee for Standardization (Eurocode) (EN 1990:2002), *Basic of Structural Design. Load of Bridge (Vol. 3)*.
- James, G., *Analysis of Traffic Load Effects on Railway Bridges Railway Bridges, 2003*.
- Hong, H. P. *An Efficient Estimate Method for Probabilistic Analysis*. Tomado del escrito aceptado para publicarse en *Reliability Engineering and System Safety*.
- Lemaire, M., *Structural Reliability*. New Jersey, Estados Unidos: Wiley-ISTE, 2009.
- Melchers R; Beck A. 2018. *Structural Reliability Analysis and Prediction 3 Ed.* New Jersey, Estados Unidos. Wley.
- Sánchez Silva M., *Introducción a la Confiabilidad y evaluación de Riesgos*, Bogota: Ediciones Uniandes, 2005.
- Silva, J. *Índice se Seguridad Estructural en Puentes de la Carretera Longitudinal de la Sierra, Provincia de Chota, 2018*.




## ANEXOS

HUACARIZ

Anexo N° 1: Estudio de Tránsito Vehicular

Tabla 35

Tránsito vehicular del puente Huacariz (del 4 al 10 de diciembre del 2018). (Elaboración Propia)

		ESTUDIO DE TRÁNSITO VEHICULAR – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA																											
		ESTUDIO														Tránsito Vehicular													
		NORMA														Reglamento Nacional de Tránsito – Código de Tránsito. DECRETO SUPREMO N° 016-2009-MTC													

a) SEMANA 1 Estudio de Tránsito Vehicular del Puente Huacariz (del 4 al 10 diciembre)

HORA		PROMEDIO IMD SEMANAL																											
		TRÁFICO LIVIANO														TRÁFICO PESADO													
		AUTO				TAXI				CAMIONETA				COMBI				CAMION											
Días	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	
06:30 06:45	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:45 07:00	1	6	2	2	3	5	4	5	9	5	7	6	8	4	8	12	9	7	6	10	11	0	1	2	1	1	1	0	0
07:00 07:15	11	10	10	11	12	9	13	7	11	7	9	8	10	6	10	14	11	9	8	12	13	8	11	10	9	7	9	8	0
07:15 07:30	8	10	8	9	9	7	12	3	7	3	5	4	6	2	9	13	10	8	7	11	12	10	9	10	9	10	9	10	2
07:30 07:45	5	9	6	6	8	7	10	6	10	5	8	7	9	5	5	9	6	4	3	7	8	9	11	9	8	7	8	9	0
07:45 08:00	8	10	7	6	9	5	11	7	11	7	9	8	10	10	11	15	12	10	9	13	14	6	8	6	5	6	5	6	0
08:00 08:15	7	9	6	5	8	5	10	5	9	5	7	6	8	3	11	15	12	10	9	13	14	11	6	12	11	10	9	11	1
08:15 08:30	8	10	7	6	9	9	11	3	7	2	5	4	6	2	9	14	10	8	7	11	13	11	9	11	10	11	10	11	2
08:30 08:45	12	11	11	10	14	13	16	3	7	3	5	4	6	2	7	11	8	6	5	9	12	9	11	9	8	8	8	9	1
08:45 09:00	3	6	2	1	4	5	3	5	9	5	7	6	8	4	8	12	9	7	6	10	11	7	9	7	6	5	6	7	0
09:00 09:15	8	10	7	6	9	7	5	5	9	5	7	6	8	4	10	14	11	9	8	12	13	8	9	8	7	7	7	8	0
09:15 09:30	6	8	5	4	7	11	6	11	15	10	13	12	14	10	10	14	11	9	8	12	13	10	8	10	9	8	9	10	1
09:30 09:45	8	10	7	6	9	9	11	3	7	3	5	4	6	2	6	10	7	5	4	8	9	10	9	10	9	8	9	10	2
09:45 10:00	10	12	9	8	11	11	12	6	10	6	8	7	9	5	7	11	8	6	5	9	10	6	7	6	5	4	5	6	2
10:00 10:15	10	12	9	8	11	13	13	13	17	12	15	14	16	12	10	14	11	9	8	12	13	7	8	7	6	7	6	7	3
10:15 10:30	10	11	9	8	11	13	12	6	10	5	8	7	9	5	10	14	11	9	8	12	13	10	9	9	9	9	10	1	1
10:30 10:45	12	16	11	10	13	14	10	7	11	6	9	8	10	6	9	13	10	9	8	11	12	9	8	9	8	7	8	9	2
10:45 11:00	9	15	7	6	12	10	14	5	9	4	7	6	8	4	11	14	12	10	9	13	13	10	10	10	9	10	9	10	1
11:00 11:15	11	8	10	9	13	12	14	4	8	3	6	5	7	3	3	8	4	2	1	5	7	10	8	10	9	9	9	10	0
11:15 11:30	4	8	3	3	5	6	7	1	4	2	3	2	3	1	10	14	10	9	8	11	13	6	7	6	5	7	5	6	2
11:30 11:45	1	5	0	1	2	3	4	3	7	2	5	4	6	2	8	12	9	7	6	10	11	10	11	10	9	8	9	10	2
11:45 12:00	4	8	3	2	5	6	7	8	12	7	10	9	11	7	3	7	4	2	1	5	6	6	7	6	5	6	5	6	0
12:00 12:15	9	8	8	7	10	8	12	3	8	2	5	4	7	2	5	9	6	4	3	7	8	6	7	6	5	5	5	6	3
12:15 12:30	5	9	4	3	6	7	3	4	8	3	6	5	7	5	3	7	4	2	1	5	6	6	7	6	5	7	5	6	1

NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE

HUACARIZ

12:30	12:45	6	10	5	4	7	8	3	7	7	6	9	8	10	6	7	11	8	6	5	9	10	7	8	7	6	8	6	7	0	1	0	1	0	0	1	
12:45	13:00	3	7	4	3	4	5	8	5	9	4	7	6	8	8	5	9	6	4	3	7	8	8	9	8	7	9	7	8	2	1	2	1	1	2	1	
13:00	13:15	8	12	7	6	9	10	11	5	9	4	7	6	8	7	4	8	5	3	2	6	8	7	8	7	6	8	6	7	0	0	0	0	1	0	0	
13:15	13:30	5	9	4	5	6	7	8	6	5	5	8	7	9	8	5	9	6	10	9	7	8	7	9	7	6	7	6	7	1	2	1	2	2	1	2	
13:30	13:45	4	8	3	2	5	6	7	4	8	3	6	5	7	3	3	7	4	2	1	5	6	5	6	5	4	6	4	5	1	2	1	2	2	1	2	
13:45	14:00	2	6	1	0	3	4	5	2	6	1	4	3	5	1	5	9	5	4	3	6	8	2	3	3	2	3	2	2	1	2	1	2	2	1	2	
14:00	14:15	3	7	2	1	4	5	2	3	6	2	5	4	5	2	4	8	6	3	2	7	7	6	7	6	5	7	5	6	1	0	1	0	0	1	0	
14:15	14:30	8	12	7	6	9	10	11	8	12	7	10	9	11	10	5	9	6	4	3	7	8	10	11	10	9	9	9	10	2	1	2	1	1	2	1	
14:30	14:45	3	7	2	1	4	5	6	3	6	2	5	4	5	2	5	9	6	4	3	7	8	8	9	8	7	7	7	8	1	2	1	2	2	1	2	
14:45	15:00	4	8	3	2	5	6	8	3	7	2	5	4	6	2	9	13	10	8	7	11	12	8	9	8	7	6	7	8	3	2	3	2	1	3	2	
15:00	15:15	9	7	8	7	10	11	12	11	6	10	13	12	14	9	11	10	10	10	9	11	14	8	11	8	7	8	7	8	1	2	1	2	2	1	2	
15:15	15:30	11	11	10	9	12	13	14	8	13	7	10	9	12	7	6	10	7	5	4	8	9	16	15	16	15	14	15	16	0	1	0	1	1	0	1	
15:30	15:45	8	7	7	6	9	10	11	13	9	12	15	14	17	12	4	8	5	3	2	6	7	11	12	11	10	9	10	11	2	3	2	3	0	2	3	
15:45	16:00	12	13	11	10	13	14	12	7	11	6	9	8	10	6	8	12	9	7	6	10	11	8	9	8	7	8	7	8	1	2	1	2	2	1	2	
16:00	16:15	8	12	7	6	9	10	5	9	7	8	11	10	12	8	5	9	5	4	3	6	8	7	8	7	6	7	6	7	2	1	2	1	1	2	1	
16:15	16:30	3	7	2	1	4	5	2	8	6	7	10	9	11	7	7	5	8	6	5	9	10	8	7	8	7	7	7	8	1	2	1	2	2	1	2	
16:30	16:45	5	9	4	3	6	7	4	4	9	3	6	5	8	3	7	11	8	6	5	9	10	7	8	7	6	6	6	7	1	2	1	2	2	1	2	
16:45	17:00	7	11	6	5	8	9	6	1	4	1	3	2	3	1	7	11	8	6	5	9	10	6	7	6	5	6	6	1	0	1	0	0	1	0		
17:00	17:15	8	13	7	6	9	10	11	6	9	5	8	7	9	5	13	8	12	12	11	13	16	8	9	8	7	9	7	8	0	1	0	1	1	0	1	
17:15	17:30	10	12	9	8	11	12	9	6	7	5	8	7	9	5	7	11	6	6	5	7	10	6	8	6	5	7	5	6	0	0	1	0	0	0	0	
17:30	17:45	5	9	4	3	6	7	8	1	4	2	3	2	3	2	8	12	7	7	6	8	11	5	5	5	4	6	4	5	0	0	0	0	1	0	0	
17:45	18:00	7	5	6	5	8	9	10	5	6	4	7	6	9	7	10	9	9	9	8	10	13	7	5	7	6	6	6	7	1	1	1	1	1	1	1	
18:00	18:15	5	9	4	3	6	8	4	5	11	4	7	6	10	8	5	9	4	4	3	5	8	2	3	3	2	3	2	2	1	2	1	2	0	1	2	
18:15	18:30	9	6	8	8	9	11	8	3	9	2	5	4	8	7	16	15	15	15	14	16	19	7	5	7	6	6	6	7	3	3	3	3	1	3	3	
18:30	18:45	9	10	8	7	10	9	8	2	6	1	4	3	5	6	0	1	0	1	0	0	0	3	4	3	2	4	2	3	1	1	0	1	0	1	1	
18:45	19:00	3	7	2	1	4	5	2	2	7	1	4	3	6	7	6	10	9	5	4	10	9	2	3	3	2	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	
19:00	19:15	1	5	0	1	2	3	4	3	8	2	5	4	7	8	3	7	3	2	1	4	6	1	2	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1
19:15	19:30	1	4	0	0	1	3	5	2	7	1	4	3	6	4	2	6	2	1	0	3	5	1	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
19:30	19:45	2	4	0	0	0	3	3	1	5	4	3	2	4	5	0	0	0	0	0	1	0	2	3	2	2	2	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0
19:45	20:00	3	7	2	1	4	5	6	2	6	2	4	3	5	3	1	0	1	0	0	2	0	1	2	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00	20:15	0	3	0	0	0	0	2	0	4	3	4	3	3	2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:15	20:30	1	2	0	1	1	0	1	1	3	4	3	2	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:30	20:45	0	1	0	0	0	1	0	2	3	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
20:45	21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		343	481	294	258	398	426	436	271	452	242	384	327	442	280	361	533	396	319	268	449	514	370	397	378	328	351	325	370	54	66	54	60	64	47	67	

Tabla 36

Tránsito Vehicular del puente Huacariz (del 11 al 17 de diciembre del 2018). (Elaboración Propia)

	<b>ESTUDIO DE TRÁNSITO VEHICULAR – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>																											
	<b>ESTUDIO</b>														Tránsito Vehicular													
	<b>NORMA</b>														Reglamento Nacional de Tránsito – Código de Tránsito. DECRETO SUPREMO No 016-2009-MTC													

**b) SEMANA 2 Estudio de Tráfico Vehicular del Puente Huacariz (Dom 11 al Sab 17)**

HORA		PROMEDIO IMD SEMANAL																																		
		TRÁNSITO LIVIANO														TRÁNSITO PESADO																				
		AUTO				TAXI				CAMIONETA						COMBI				CAMION																
Días	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	
06:30	06:45	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
06:45	07:00	0	0	0	0	0	0	9	5	7	6	8	5	4	11	8	12	9	10	6	7	1	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
07:00	07:15	6	2	2	3	5	4	1	11	7	9	8	10	7	6	13	10	14	11	12	8	9	9	10	9	7	8	8	8	0	0	0	0	0	0	
07:15	07:30	11	10	11	12	9	13	11	7	3	5	4	6	3	2	12	9	13	10	11	7	8	9	10	9	10	7	10	10	2	3	2	2	3	2	2
07:30	07:45	10	8	9	9	7	12	8	10	5	8	7	9	6	5	8	5	9	6	7	3	4	8	9	8	7	9	9	9	1	0	1	0	2	1	0
07:45	08:00	9	6	6	8	7	10	5	11	7	9	8	10	7	10	13	11	15	12	13	9	10	5	6	5	6	8	6	6	0	0	0	0	0	0	0
08:00	08:15	10	7	6	9	5	11	8	9	5	7	6	8	5	3	8	11	15	12	13	9	10	9	12	11	10	6	11	11	1	1	0	0	1	1	1
08:15	08:30	9	6	5	8	5	10	7	7	2	5	4	6	3	2	9	9	14	10	11	7	8	9	7	8	10	7	9	10	2	2	1	1	2	2	2
08:30	08:45	10	7	6	9	9	11	8	7	3	5	4	6	3	2	8	7	11	8	9	5	6	8	9	8	8	8	9	9	1	1	0	0	1	1	1
08:45	09:00	13	11	10	14	13	16	12	9	5	7	6	8	5	4	9	8	12	9	10	6	7	6	7	6	5	9	7	7	1	0	1	0	1	1	0
09:00	09:15	6	2	1	4	5	3	3	9	5	7	6	8	5	4	10	10	14	11	12	8	9	7	8	7	7	9	8	8	0	1	0	0	1	0	0
09:15	09:30	10	7	6	9	7	5	8	12	9	11	10	14	10	9	9	10	14	11	12	8	9	9	10	9	8	8	10	10	1	0	1	1	2	1	1
09:30	09:45	8	5	4	7	11	6	6	7	3	5	4	6	3	2	9	6	10	7	8	4	5	9	10	9	8	5	10	10	3	2	3	2	3	3	2
09:45	10:00	7	7	6	9	9	11	8	10	6	8	7	9	6	5	10	7	11	8	9	5	6	5	6	5	4	7	6	6	2	0	2	1	2	2	2
10:00	10:15	6	9	8	11	11	12	10	11	12	15	14	16	13	12	8	10	14	11	12	8	9	6	7	6	7	8	7	7	4	3	4	3	4	4	3
10:15	10:30	10	9	8	11	13	13	10	10	5	8	7	9	6	5	9	10	11	9	8	10	7	9	10	9	9	9	10	10	1	1	0	0	1	1	1
10:30	10:45	8	10	9	9	11	10	9	11	6	9	8	10	7	6	9	9	13	10	11	8	9	8	9	8	7	10	9	9	3	2	3	2	3	3	2
10:45	11:00	7	11	10	13	14	10	12	9	4	7	6	8	5	4	8	11	14	12	13	9	10	9	10	9	10	8	10	10	1	1	0	0	1	1	1
11:00	11:15	12	7	6	12	10	14	9	8	3	6	5	7	4	3	7	3	8	4	8	1	2	7	9	10	6	7	8	9	0	0	0	0	0	0	0
11:15	11:30	11	10	9	13	12	14	11	4	2	3	2	3	1	1	13	10	14	10	11	8	9	5	6	5	7	7	6	6	3	2	3	2	3	3	2
11:30	11:45	6	2	4	6	7	7	4	7	2	5	4	6	3	2	5	8	12	9	10	6	7	9	10	9	8	11	10	10	2	2	1	1	2	2	2
11:45	12:00	5	0	1	2	3	4	1	12	7	10	9	11	8	7	6	3	7	4	5	1	2	5	6	5	6	7	6	6	0	1	0	0	1	0	0
12:00	12:15	8	3	2	5	6	7	4	8	2	5	4	7	3	2	8	5	9	6	7	3	4	5	6	5	5	7	6	6	2	3	2	3	2	2	3
12:15	12:30	13	8	7	10	8	12	9	8	3	6	5	7	4	5	6	3	7	4	5	1	2	5	6	5	7	7	6	6	2	1	2	1	2	2	1

NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE

HUACARIZ

12:30	12:45	9	4	3	6	7	3	5	11	6	9	8	10	7	6	10	7	11	8	9	5	6	6	7	6	8	8	7	7	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0		
12:45	13:00	10	5	4	7	8	3	6	9	4	7	6	8	5	8	8	5	9	6	7	3	4	7	8	7	9	9	8	8	1	2	1	2	1	1	1	2				
13:00	13:15	7	4	3	4	5	8	3	9	4	7	6	8	5	7	8	4	8	5	6	2	3	6	7	6	8	8	7	7	0	0	0	0	0	1	0	0				
13:15	13:30	12	7	6	9	10	11	8	10	5	8	7	9	6	8	8	5	9	6	7	9	10	6	7	6	7	9	7	7	2	1	2	1	2	1	2	2	1			
13:30	13:45	9	4	5	6	9	8	5	8	3	6	5	7	4	3	6	3	7	4	5	1	2	4	5	4	6	6	5	5	2	1	2	1	2	1	2	2	1			
13:45	14:00	8	3	2	5	8	7	4	6	1	4	3	5	2	1	8	5	9	5	6	3	4	2	3	2	3	3	2	2	1	0	1	2	1	1	1	0				
14:00	14:15	6	1	0	3	6	5	2	6	2	5	4	5	3	2	7	4	8	6	7	2	3	5	6	5	7	7	6	6	0	1	0	1	0	0	1					
14:15	14:30	7	2	1	4	8	2	3	9	7	10	9	11	8	10	8	5	9	6	7	3	4	9	10	9	9	11	10	10	1	2	1	2	1	1	1	2				
14:30	14:45	12	7	6	9	10	11	8	6	2	5	4	5	3	2	8	5	9	6	7	3	4	7	8	7	7	9	8	8	2	1	2	1	2	1	2	2	1			
14:45	15:00	7	2	1	4	8	6	3	7	2	5	4	6	3	2	8	9	13	10	11	7	8	7	8	7	6	9	8	8	2	2	2	3	3	1	2					
15:00	15:15	8	3	2	5	13	8	4	8	8	9	11	12	10	8	7	10	13	9	10	8	8	7	8	7	8	10	8	8	2	1	2	1	2	1	2	2	1			
15:15	15:30	11	8	7	10	11	12	9	7	7	10	9	12	8	7	9	6	10	7	8	4	5	15	16	15	14	8	16	16	1	0	1	0	1	0	1	1	0			
15:30	15:45	8	10	9	12	13	14	11	12	12	15	14	17	13	12	7	4	8	5	6	2	3	10	11	10	9	9	11	11	3	2	3	2	3	3	2					
15:45	16:00	10	7	6	9	10	11	8	8	6	9	8	10	7	6	8	8	12	9	10	6	7	7	8	7	8	9	8	8	2	1	2	1	2	1	2	2	1			
16:00	16:15	8	11	10	13	14	12	12	11	8	11	10	12	9	8	8	5	9	5	6	3	4	6	7	6	7	8	7	7	1	2	1	2	1	1	1	2				
16:15	16:30	7	7	6	9	10	5	8	7	7	10	9	11	8	7	5	7	11	8	9	5	6	7	8	7	7	7	8	8	2	1	2	1	2	1	2	2	1			
16:30	16:45	7	2	1	4	6	2	3	9	3	6	5	8	4	3	6	7	11	8	9	5	6	6	7	6	6	8	7	7	2	1	2	1	2	1	2	2	1			
16:45	17:00	9	4	3	6	11	4	5	4	1	3	2	7	1	1	9	7	11	8	9	5	6	6	7	6	5	7	6	6	0	1	0	1	0	0	1					
17:00	17:15	5	6	5	8	12	6	7	10	5	8	7	9	6	5	7	13	17	12	13	11	12	7	8	7	9	9	8	8	1	0	1	0	1	0	1	1	0			
17:15	17:30	8	7	6	9	10	11	8	7	5	8	7	12	6	5	6	7	11	6	7	5	6	5	6	5	7	8	6	6	0	1	0	0	0	0	0	0				
17:30	17:45	11	9	8	11	12	9	10	4	2	3	2	3	1	2	8	8	12	7	8	6	7	4	5	4	6	5	5	5	0	0	0	0	0	1	0	0				
17:45	18:00	9	4	3	6	7	8	5	10	4	7	6	9	5	7	7	10	14	9	10	8	9	6	7	6	6	8	7	7	1	1	1	1	1	1	1	1				
18:00	18:15	11	6	5	8	13	10	7	6	4	7	6	10	5	8	8	5	9	4	5	3	4	2	3	2	3	3	2	2	2	1	2	1	2	1	2	2	1			
18:15	18:30	9	4	3	6	8	4	5	5	2	5	4	8	3	7	8	16	20	15	16	14	15	6	7	6	6	8	7	7	3	3	3	3	3	2	3	3				
18:30	18:45	8	8	8	9	14	8	9	6	1	4	3	5	2	6	0	0	1	0	0	0	1	2	3	2	4	4	3	3	1	0	1	1	0	1	1	0	1			
18:45	19:00	7	8	7	10	9	8	9	7	1	4	3	9	2	7	9	6	10	9	10	4	5	2	3	2	3	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
19:00	19:15	7	2	1	4	5	2	3	8	2	5	4	7	3	8	6	3	7	3	4	1	2	0	1	0	1	2	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1			
19:15	19:30	5	0	1	2	3	4	1	7	1	4	3	6	2	4	5	2	6	2	3	0	1	0	0	0	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
19:30	19:45	4	0	0	1	3	5	1	5	4	3	2	4	1	5	0	0	0	0	1	0	0	1	2	2	2	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
19:45	20:00	4	0	0	0	3	3	2	6	2	4	3	5	2	3	0	1	0	1	2	0	0	1	1	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
20:00	20:15	7	2	1	4	5	6	3	4	3	4	3	3	0	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
20:15	20:30	3	0	0	0	0	2	0	3	4	3	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
20:30	20:45	2	0	1	1	0	1	1	3	0	2	1	2	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
20:45	21:00	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
TOTAL		451	294	260	397	459	434	342	446	239	378	324	450	269	278	410	360	558	393	447	269	315	322	373	327	347	375	366	368	65	52	59	48	71	65	52					

HUACARIZ

Tabla 37

Tránsito vehicular del puente Huacariz (del 18 al 24 de diciembre del 2018). (Elaboración Propia)

ESTUDIO DE TRAFICO – UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA																																				
ESTUDIO																																				
Tránsito Vehicular																																				
NORMA																																				
Reglamento Nacional de Tránsito – Código de Tránsito. DECRETO SUPREMO No 016-2009-MTC																																				
c) SEMANA 3 Estudio de Tránsito Vehicular del Puente Huacariz (dom 18 al sab 24)																																				
PROMEDIO IMD SEMANAL																																				
HORA	TRÁFICO LIVIANO															TRÁFICO PESADO C4																				
	AUTO					TAXI					CAMIONETA					COMBI							CAMION													
Días	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	D	L	M	MI	J	V	S	
06:30	06:45	0	2	2	1	0	0	0	0	0	1	0	2	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:45	07:00	0	0	0	0	0	0	0	7	6	8	5	4	9	5	8	12	9	7	6	10	11	2	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
07:00	07:15	4	1	3	2	2	6	5	9	8	10	7	6	11	7	10	14	11	9	8	12	13	10	9	7	9	8	8	11	0	0	0	0	0	0	0
07:15	07:30	13	11	12	10	11	12	9	5	4	6	3	2	7	3	9	13	10	8	7	11	12	10	9	10	9	10	10	12	3	2	3	2	2	2	2
07:30	07:45	12	8	9	8	9	10	7	8	7	9	6	5	10	5	5	9	6	4	3	7	8	9	8	7	8	9	9	11	0	1	2	0	1	1	0
07:45	08:00	10	5	8	6	6	9	7	9	8	10	7	10	11	7	11	8	12	10	9	13	12	6	5	6	5	6	6	8	0	0	0	0	0	0	0
08:00	08:15	11	8	9	7	6	10	5	7	6	8	5	3	9	5	11	9	12	10	9	13	10	12	11	10	9	11	11	13	1	0	1	0	1	1	1
08:15	08:30	10	7	8	6	5	9	5	5	4	6	3	2	7	2	9	7	10	8	7	11	13	7	8	10	9	9	10	12	2	1	2	1	2	2	2
08:30	08:45	11	8	9	7	6	10	9	5	4	6	3	2	7	3	7	11	8	6	5	9	9	9	8	8	8	9	9	11	1	0	1	0	1	1	1
08:45	09:00	16	12	14	11	10	10	13	7	6	8	5	4	9	5	8	5	9	7	6	10	8	7	6	5	6	7	7	9	0	1	1	0	1	1	0
09:00	09:15	3	3	4	2	1	6	5	7	6	8	5	4	9	5	10	10	11	9	8	12	6	8	7	7	7	8	8	9	1	0	1	0	0	0	0
09:15	09:30	5	8	9	7	6	10	7	11	10	14	10	9	12	9	10	8	11	9	8	12	8	10	9	8	9	10	10	11	0	1	2	1	1	1	1
09:30	09:45	6	6	7	5	4	8	11	5	4	6	3	2	7	3	6	8	7	5	4	8	9	10	9	8	9	10	10	11	2	3	1	2	3	3	2
09:45	10:00	11	8	9	7	6	10	9	8	7	9	6	5	10	6	7	11	8	6	5	9	10	6	5	4	5	6	6	7	0	2	2	1	2	2	2
10:00	10:15	12	10	11	9	8	12	11	13	11	12	9	10	16	11	8	12	9	7	6	9	12	7	6	7	6	7	7	8	3	4	3	3	4	4	3
10:15	10:30	13	10	11	9	8	11	13	8	7	9	6	5	10	5	10	8	9	7	10	8	9	8	9	9	9	10	10	9	1	0	1	0	1	1	1
10:30	10:45	10	9	9	10	9	13	11	9	8	10	7	6	11	6	9	10	10	9	8	11	12	9	8	7	8	9	9	10	2	3	2	2	3	3	2
10:45	11:00	10	12	13	11	10	16	14	7	6	8	5	4	9	4	11	11	12	10	9	13	13	8	7	8	9	9	10	12	1	0	1	0	1	1	1
11:00	11:15	14	9	12	7	6	8	10	6	5	7	4	3	8	3	8	4	2	1	8	7	9	10	6	7	8	9	7	0	0	0	0	0	0	0	0
11:15	11:30	14	11	13	10	9	10	12	3	2	3	1	1	4	2	10	10	10	9	8	11	13	6	5	7	5	6	6	7	2	3	2	2	3	3	2
11:30	11:45	7	4	6	2	4	6	7	5	4	6	3	2	7	2	8	7	9	7	6	10	7	8	9	8	9	7	8	10	2	1	2	1	2	2	2
11:45	12:00	4	1	2	0	1	5	3	8	11	10	6	5	8	9	3	7	4	2	1	5	6	6	5	6	5	6	6	7	1	0	1	0	0	0	0
12:00	12:15	7	4	5	3	2	8	6	5	4	7	3	2	8	2	5	9	6	4	3	7	8	6	5	5	5	6	6	7	3	2	2	3	2	2	3
12:15	12:30	8	9	10	8	7	13	8	6	5	7	4	5	8	3	3	7	4	2	1	5	6	6	5	7	5	6	6	7	1	2	2	1	2	2	1

NIVEL DE CONFIABILIDAD DE LA SUPERESTRUCTURA DEL PUENTE

HUACARIZ

12:30	12:45	3	5	6	4	3	9	7	9	8	10	7	6	11	6	7	7	8	6	5	9	10	7	6	8	6	7	7	8	0	1	0	0	1	1	0
12:45	13:00	3	6	7	5	4	10	8	7	6	8	5	8	9	4	5	9	6	4	3	7	8	8	7	9	7	8	8	9	2	1	1	2	1	1	2
13:00	13:15	8	3	4	4	3	7	5	7	6	8	5	7	9	4	4	5	5	3	2	6	8	7	6	8	6	7	7	8	0	0	1	0	0	0	0
13:15	13:30	11	8	9	7	6	12	10	8	7	9	6	8	10	5	5	9	6	10	9	7	8	7	6	7	6	7	7	9	1	2	2	1	2	2	1
13:30	13:45	8	5	6	4	5	9	7	6	5	7	4	3	8	3	3	7	4	2	1	5	6	5	4	6	4	5	5	6	1	2	2	1	2	2	1
13:45	14:00	7	4	5	3	2	8	6	4	3	5	2	1	6	1	5	9	5	4	3	6	8	3	2	3	2	2	2	3	0	1	1	2	1	1	0
14:00	14:15	5	2	3	1	0	6	4	5	4	5	3	2	6	2	4	8	6	3	2	7	7	6	5	7	5	6	6	7	1	0	0	1	0	0	1
14:15	14:30	2	3	4	2	1	7	5	10	9	11	8	10	12	7	5	9	6	4	3	7	8	10	9	9	9	10	10	11	2	1	1	2	1	1	2
14:30	14:45	11	8	9	7	6	8	10	5	4	5	3	2	6	2	5	9	6	4	3	7	8	8	7	7	7	8	8	9	1	2	2	1	2	2	1
14:45	15:00	6	3	4	2	1	7	5	5	4	6	3	2	7	2	9	7	10	8	7	11	6	8	7	6	7	8	8	9	2	2	3	3	1	2	2
15:00	15:15	8	4	5	3	2	8	6	9	11	12	10	8	10	8	10	8	9	8	8	10	12	8	7	8	7	8	8	11	1	2	2	1	2	2	1
15:15	15:30	7	9	10	8	7	9	11	10	9	12	8	7	13	7	6	7	7	5	4	8	9	12	15	14	15	16	16	18	0	1	1	0	1	1	0
15:30	15:45	11	11	12	10	9	7	13	15	14	17	13	12	18	12	4	8	5	3	2	6	7	11	10	9	10	11	11	12	2	3	3	2	3	3	2
15:45	16:00	9	8	9	7	6	8	10	9	8	10	7	6	11	6	8	10	9	7	6	10	9	8	7	8	7	8	8	9	1	2	1	1	2	2	1
16:00	16:15	10	12	13	11	10	6	14	11	10	12	9	8	13	8	5	9	5	4	3	6	8	7	6	7	6	7	7	8	2	1	1	2	1	1	2
16:15	16:30	5	8	9	7	6	12	10	10	9	11	8	7	12	7	7	8	8	6	5	9	5	8	7	7	7	8	8	7	1	2	2	1	2	2	1
16:30	16:45	2	3	4	2	1	7	5	6	5	8	4	3	9	3	7	9	8	6	5	9	10	7	6	6	6	7	7	8	1	2	2	1	2	2	1
16:45	17:00	4	5	6	4	3	9	7	3	2	3	1	1	4	1	7	5	8	6	5	9	9	7	6	5	6	6	6	7	1	0	0	1	0	0	1
17:00	17:15	6	7	8	6	5	9	9	8	7	9	6	5	10	5	13	10	12	12	11	13	7	8	7	9	7	8	8	9	0	1	1	0	1	1	0
17:15	17:30	11	8	9	7	6	11	10	8	7	9	6	5	10	5	7	11	6	6	5	7	5	6	5	7	5	6	6	8	1	0	0	0	0	0	0
17:30	17:45	9	10	11	9	8	10	12	3	2	3	1	2	4	2	8	5	7	7	6	8	11	5	4	6	4	5	5	5	0	0	1	0	0	0	0
17:45	18:00	8	5	6	4	3	9	7	7	6	9	5	7	10	4	10	7	9	9	8	10	13	7	6	6	6	7	7	8	1	1	1	1	1	1	1
18:00	18:15	10	7	8	6	5	11	9	7	6	10	5	8	11	4	5	9	4	4	3	5	8	3	2	3	2	2	2	3	1	2	0	1	2	2	1
18:15	18:30	4	5	6	4	3	9	8	5	4	8	3	7	9	2	16	15	15	15	14	16	10	7	6	6	6	7	7	8	3	3	2	3	2	3	3
18:30	18:45	8	9	9	8	8	8	11	4	3	5	2	6	6	1	0	1	0	1	0	0	0	3	2	4	2	3	3	4	0	1	0	1	1	1	1
18:45	19:00	8	9	10	8	7	13	9	4	3	6	2	7	7	1	6	6	9	5	4	10	9	3	2	3	2	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0
19:00	19:15	2	3	4	2	1	7	5	5	4	7	3	8	8	2	3	7	3	2	1	4	6	1	0	1	0	1	1	2	1	0	1	1	1	0	1
19:15	19:30	4	1	2	0	1	5	3	4	3	6	2	4	7	1	2	6	2	1	0	3	5	0	0	1	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0
19:30	19:45	5	1	1	0	0	4	3	3	2	4	1	5	5	4	0	0	0	0	0	1	0	2	2	1	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0
19:45	20:00	3	2	0	0	0	4	3	4	3	5	2	3	6	2	1	0	1	0	0	2	0	1	1	1	1	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0
20:00	20:15	6	3	4	2	1	7	5	4	3	3	0	2	4	3	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:15	20:30	2	0	0	0	0	3	0	3	2	2	1	1	3	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:30	20:45	1	1	1	0	1	2	0	2	1	2	2	0	3	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
20:45	21:00	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		418	344	399	295	260	474	425	374	323	435	263	274	486	240	358	435	391	313	267	444	442	363	325	345	322	362	366	426	52	59	63	48	64	65	52


## Anexo N° 2: Estudio de Esclerometría

Fecha: 01/12/2018

1Mpa= 10.2 kg/cm<sup>2</sup>

Tabla 38

Ensayo de esclerometría, losa, lado derecho. (Elaboración Propia)

ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA PUENTE HUACARÍZ - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
		ENSAYO		Esclerometría					
		NORMA		ASTM C 805					
N° DE LECTURAS		PUNTO N°01				PUNTO N°02			
		LOSA (Lado Derecho)				LOSA (Lado Derecho)			
		LECTURA				LECTURA			
		REBOTE	VALIDOS	Kg/Cm <sup>2</sup>	VALOR REAL	REBOTE	VALIDOS	Kg/Cm <sup>2</sup>	VALOR REAL
1		32	32	326.4	277.44	34	34	346.8	294.78
2		28	28	285.6	242.76	36	36	367.2	312.12
3		20	20	204	173.4	34	34	346.8	294.78
4		34	34	346.8	294.78	36	36	367.2	312.12
5		32	32	326.4	277.44	36	36	367.2	312.12
6		28	28	285.6	242.76	34	34	346.8	294.78
7		28	28	285.6	242.76	34	34	346.8	294.78
8		30	30	306	260.1	32	32	326.4	277.44
9		32	32	326.4	277.44	36	36	367.2	312.12
10		32	32	326.4	277.44	30	30	306	260.1
DIRECCION		HORIZONTAL				HORIZONTAL			
ANGULO DE PRUEBA		90°				90°			
PROMEDIO ( $\mu$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )		256.632				296.514			
DESVIACION ESTANDAR ( $\sigma$ )(kg/cm <sup>2</sup> )		34.49				17.24			
COEFICIENTE DE VARIACION (C.V)		13.44%				5.82%			

### DONDE:


( $\mu$ ) = Valor promedio de la prueba.

( $\sigma$ ) = Desviación Estándar de la prueba.

(C.V) = Coeficiente de Variación.



**Tabla 39**
*Ensayo de esclerometría, losa, lado izquierdo. (Elaboración Propia)*

ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA PUENTE HUACARÍZ - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA									
		<b>ENSAYO</b>		Esclerometría					
		<b>NORMA</b>		ASTM C 805					
N° DE LECTURAS	PUNTO N°03				PUNTO N°04				
	LOSA (Lado Izquierdo)				LOSA (Lado Izquierdo)				
		LECTURA			LECTURA				
		REBOTE	VALIDOS	Kg/Cm2	VALOR REAL	REBOTE	VALIDOS	Kg/Cm2	VALOR REAL
1	38	38	387.6	329.46	34	34	346.8	294.78	
2	36	36	367.2	312.12	38	38	387.6	329.46	
3	38	38	387.6	329.46	34	34	346.8	294.78	
4	34	34	346.8	294.78	38	38	387.6	329.46	
5	38	38	387.6	329.46	36	36	367.2	312.12	
6	36	36	367.2	312.12	34	34	346.8	294.78	
7	36	36	367.2	312.12	34	34	346.8	294.78	
8	38	38	387.6	329.46	36	36	367.2	312.12	
9	38	38	387.6	329.46	34	34	346.8	294.78	
10	36	36	367.2	312.12	36	36	367.2	312.12	
<b>DIRECCION</b>		HORIZONTAL				HORIZONTAL			
<b>ANGULO DE PRUEBA</b>		90°				90°			
<b>PROMEDIO (<math>\mu</math>) (kg/cm2)</b>		319.056				306.918			
<b>DESVIACION ESTANDAR (<math>\sigma</math>)(kg/cm2)</b>		12.12				14.28			
<b>COEFICIENTE DE VARIACION (C.V)</b>		3.80%				4.65%			


**DONDE:**
 $(\mu)$  = Valor promedio de la prueba.

 $(\sigma)$  = Desviación Estándar de la prueba.

(C.V) = Coeficiente de Variación.

Tabla 40

Ensayo de esclerometría, aletas, lado derecho. (Elaboración Propia)

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA PUENTE HUACARIZ - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
		ENSAYO			Esclerometría		
		NORMA			ASTM C 805		
		PUNTO N°01			PUNTO N°02		
N° DE LECTURAS	ALETAS (Lado Derecho)			ALETAS (Lado Derecho)			
	LECTURA			LECTURA			
	REBOTE	VALIDOS	Kg/Cm2	REBOTE	VALIDOS	Kg/Cm2	
1	28	28	285.6	34	34	346.8	
2	28	28	285.6	28	28	285.6	
3	30	30	306	30	30	306	
4	30	30	306	28	28	285.6	
5	32	32	326.4	30	30	306	
6	28	28	285.6	30	30	306	
7	28	28	285.6	28	28	285.6	
8	28	28	285.6	28	28	285.6	
9	28	28	285.6	28	28	285.6	
10	30	30	306	30	30	306	
DIRECCION	HORIZONTAL			HORIZONTAL			
ANGULO DE PRUEBA	90°			90°			
( $\mu$ ) (kg/cm2)	295.8			299.88			
( $\sigma$ )(kg/cm2)	14.42			19.35			
COEFICIENTE DE VARIACION (C.V)	4.88%			6.45%			


**DONDE:**

( $\mu$ ) = Valor promedio de la prueba.

( $\sigma$ ) = Desviación Estándar de la prueba.

(C.V) = Coeficiente de Variación.

**Tabla 41:** Ensayo de esclerometría, aletas, lado izquierdo. (Elaboración Propia)

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		ENSAYOS DE ESCLEROMETRÍA PUENTE HUACARIZ - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
		ENSAYO			Esclerometría		
		NORMA			ASTM C 805		
N° DE LECTURAS	PUNTO N°03			PUNTO N°04			
	ALETAS (Lado Izquierdo)			ALETAS (Lado Izquierdo)			
	LECTURA			LECTURA			
	REBOTE	VALIDOS	Kg/Cm2	REBOTE	VALIDOS	Kg/Cm2	
1	34	34	346.8	28	28	285.6	
2	34	34	346.8	28	28	285.6	
3	30	30	306	30	30	306	
4	28	28	285.6	30	30	306	
5	28	28	285.6	32	32	326.4	
6	30	30	306	28	28	285.6	
7	28	28	285.6	28	28	285.6	
8	28	28	285.6	28	28	285.6	
9	30	30	306	28	28	285.6	
10	28	28	285.6	26	26	265.2	
DIRECCION		HORIZONTAL			HORIZONTAL		
ANGULO DE PRUEBA		90°			90°		
$(\mu)$ (kg/cm2)		303.96			291.72		
$(\sigma)$ (kg/cm2)		24.42			16.79		
(C.V)		8.04%			5.76%		

**DONDE:**

$(\mu)$  = Valor promedio de la prueba.

$(\sigma)$  = Desviación Estándar de la prueba.

(C.V) = Coeficiente de Variación.

**Anexo N° 3: Nivel de Confiabilidad del Puente**

Tabla 41

Datos para el cálculo de momentos y cortantes. (Elaboración Propia)

<b>CÁLCULO DEL MOMENTO Y CORTANTE NOMINAL DEL PUENTE HUACARIZ</b>				
Parámetros	Diseño		Estado actual	
	Franja Interior	Franja Exterior	Franja Interior	Franja Exterior
As (cm <sup>2</sup> )	38.976	33.797	38.976	33.797
Fy (kg/cm <sup>2</sup> )			4200	
ds (cm)			52.5	
a (cm)	6.878	5.964	Variable	Variable
f'c (kg/cm <sup>2</sup> )		280		Esclerómetro
b (cm)			100	
hf (cm)			2.50	
d (cm)			55	
s (cm)	19	15	19	15

\*El valor Variable, depende del valor promedio de la resistencia del concreto en cada una de las pruebas, determinado con Esclerómetro en campo.

\*Con los valores de la tabla 41, se calculan los momentos nominales de diseño y desempeño actual.

Tabla 42

Hoja de cálculo de las solicitaciones o cargas, del Puente Huacariz. (Elaboración Propia)

Carga	F.D.P	$\lambda$	CV	Momento Flector (Tn-m)		Fuerza Cortante (Tn)	
				$\bar{\mu}M$	$\sigma M$	$\bar{\mu}V$	$\sigma V$
<b>Franja Interior</b>							
Carga Muerta	N	$\lambda_1$	CV1	CD* $\lambda_1$	CD* $\lambda_1$ *CV1	CD* $\lambda_1$	CD* $\lambda_1$ *CV1
Peso Superficie	N	$\lambda_2$	CV2	PS* $\lambda_2$	PS* $\lambda_2$ *CV2	PS* $\lambda_2$	PS* $\lambda_2$ *CV2
Peso Baranda	N	$\lambda_3$	CV3	PB* $\lambda_3$	PB* $\lambda_2$ *CV2	PB* $\lambda_3$	PB* $\lambda_2$ *CV2
Carga Peatonal	LN	$\lambda_4$	CV4	CP* $\lambda_4$	CP* $\lambda_3$ *CV4	CP* $\lambda_4$	CP* $\lambda_3$ *CV4
Carga Viva - Diseño	LN	$\lambda_5$	CV5	CVD* $\lambda_5$	CVD* $\lambda_5$ *CV5	CVD* $\lambda_5$	CVD* $\lambda_5$ *CV5
Carga VIVA - Actual	LN	$\lambda_6$	CV6	CVA* $\lambda_6$	CVA* $\lambda_6$ *CV6	CVA* $\lambda_6$	CVA* $\lambda_6$ *CV6
<b>Franja Exterior</b>							
Carga Muerta	N	$\lambda_1$	CV1	CD* $\lambda_1$	CD* $\lambda_1$ *CV1	CD* $\lambda_1$	CD* $\lambda_1$ *CV1
Peso Superficie	N	$\lambda_2$	CV2	PS* $\lambda_2$	PS* $\lambda_2$ *CV2	PS* $\lambda_2$	PS* $\lambda_2$ *CV2
Peso Baranda	N	$\lambda_3$	CV3	PB* $\lambda_3$	PB* $\lambda_2$ *CV2	PB* $\lambda_3$	PB* $\lambda_2$ *CV2
Carga Peatonal	LN	$\lambda_4$	CV4	CP* $\lambda_4$	CP* $\lambda_3$ *CV4	CP* $\lambda_4$	CP* $\lambda_3$ *CV4
Carga Viva - Diseño	LN	$\lambda_5$	CV5	CVD* $\lambda_5$	CVD* $\lambda_5$ *CV5	CVD* $\lambda_5$	CVD* $\lambda_5$ *CV5
Carga VIVA - Actual	LN	$\lambda_6$	CV6	CVA* $\lambda_6$	CVA* $\lambda_6$ *CV6	CVA* $\lambda_6$	CVA* $\lambda_6$ *CV6

CD: Carga Muerta del concreto.

PS: Peso por Superficie

PB: Peso por Baranda

CP: Carga Peatonal

CVD: Carga Viva por diseño (HL-93)

CVA: Carga Viva Actual (C2, C3, C4)

CV: Coeficiente de variación de cada variable

$\lambda$ : Factor bias para cada variable

Tabla 43

Hoja de cálculo para el nivel de confiabilidad de la estructura. (Elaboración Propia)

Elemento Estructural	Tipo de Evaluación	(S)		(R)		Índices de Seguridad		
		$\mu(\text{media})$	$\sigma(\text{desv. Est.})$	$\mu(\text{media})$	$\sigma(\text{desv. Est.})$	$\mu(\text{media})$	$\sigma(\text{desv. Est.})$	Índice $\beta$
<b>Evaluación para Momento Flector (Tn-m)</b>								
Franja Interior	Diseño	SSD	SSD*CV	CMD	CMD*CV	R-S	Raíz( $\sigma S^2 + \sigma R^2$ )	R-S/ Raíz( $\sigma S^2 + \sigma R^2$ )
	Desempeño Actual	SSDA	SSDA*CV	CMDA	CMDA*CV	R-S	Raíz( $\sigma S^2 + \sigma R^2$ )	R-S/ Raíz( $\sigma S^2 + \sigma R^2$ )
Franja Exterior	Diseño	SSD	SSD*CV	CMD	CMD*CV	R-S	Raíz( $\sigma S^2 + \sigma R^2$ )	R-S/ Raíz( $\sigma S^2 + \sigma R^2$ )
	Desempeño Actual	SSDA	SSDA*CV	CMDA	CMDA*CV	R-S	Raíz( $\sigma S^2 + \sigma R^2$ )	R-S/ Raíz( $\sigma S^2 + \sigma R^2$ )
<b>Evaluación para Fuerza Cortante (Tn)</b>								
Franja Interior	Diseño	SSD	SSD*CV	0.24	CVD*CV	R-S	Raíz( $\sigma S^2 + \sigma R^2$ )	R-S/ Raíz( $\sigma S^2 + \sigma R^2$ )
	Desempeño Actual	SSDA	SSDA*CV	0.00	CVDA*CV	R-S	Raíz( $\sigma S^2 + \sigma R^2$ )	R-S/ Raíz( $\sigma S^2 + \sigma R^2$ )
Franja Exterior	Diseño	SSD	SSD*CV	0.14	CVD*CV	R-S	Raíz( $\sigma S^2 + \sigma R^2$ )	R-S/ Raíz( $\sigma S^2 + \sigma R^2$ )
	Desempeño Actual	SSDA	SSDA*CV	0.00	CVDA*CV	R-S	Raíz( $\sigma S^2 + \sigma R^2$ )	R-S/ Raíz( $\sigma S^2 + \sigma R^2$ )

Donde:

- SSD : Sumatoria de las solicitaciones de diseño
- SSDA : Sumatoria de las Solicitaciones de desempeño actual
- CMD : Cálculo del momento de diseño
- CVD : Cálculo de la cortante de diseño
- CMDA : Cálculo del momento para desempeño actual
- CVDA : Cálculo de la cortante para desempeño actual
- R-S : Diferencia de la resistencia menos la solicitación
- Raíz ( $\sigma S^2 + \sigma R^2$ ) : Raíz cuadrada de la sumatoria de cuadrados de la desviación estándar por solicitación y resistencia.

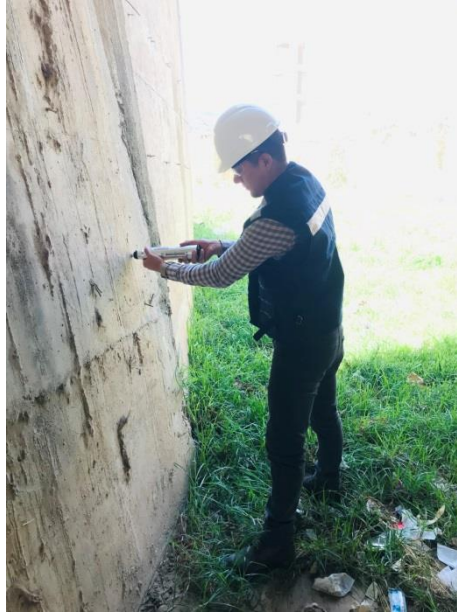
**Anexo N° 4: Panel Fotográfico**



**Figura 82** *Ensayo de Esclerometría del puente Huacariz.*



**Figura 83** *Ensayo de Esclerometría del puente Huacariz, en diversos puntos.*



**Figura 84** *Ensayo de Esclerometría de las Aletas.*





**Figura 85** *Ensayo de Esclerometría, varios puntos - aletas.*



**Figura 86** *Ensayo de Esclerometría, varios puntos - aletas.*



**Figura 87** *Ensayos de Esclerometría – con escalera de apoyo.*



**Figura 88** *Esclerómetro con el que se trabajó en campo.*



**Figura 89** *Anotaciones de Valores hallados con Esclerómetro.*



**Figura 90** *Medición del Ancho de calzada del puente Huacariz.*





**Figura 91** *Medición de la luz del puente Huacariz, entre apoyos.*



**Figura 92** Registro de las dimensiones del puente.



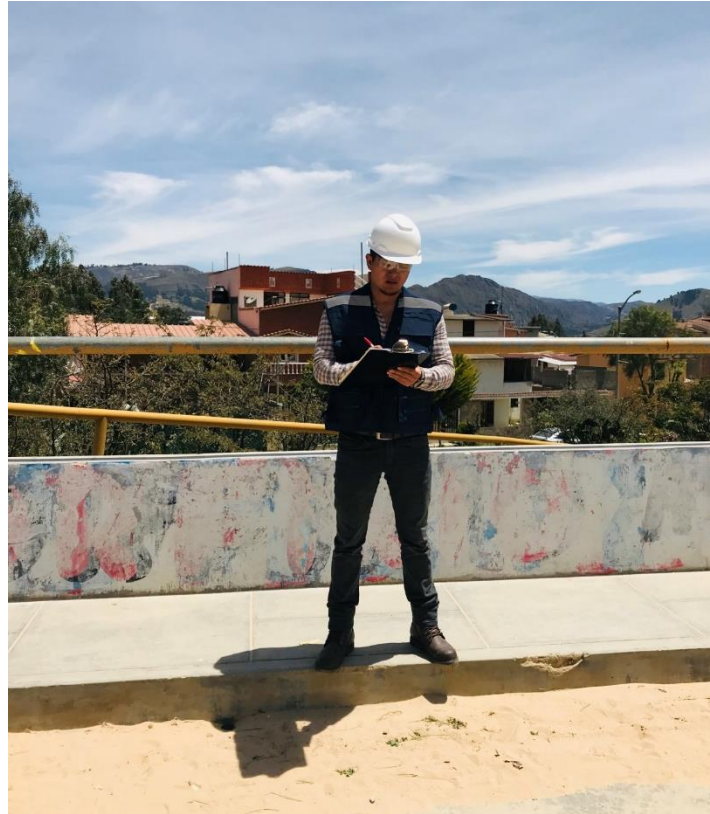


**Figura 93** Registro de tránsito vehicular del puente-1.

**Foto 1:** *Registro de tránsito vehicular del puente-2.*



**Figura 94** *Registro de tránsito vehicular del puente-2.*



**Figura 95** Registro de tránsito vehicular del puente-3.

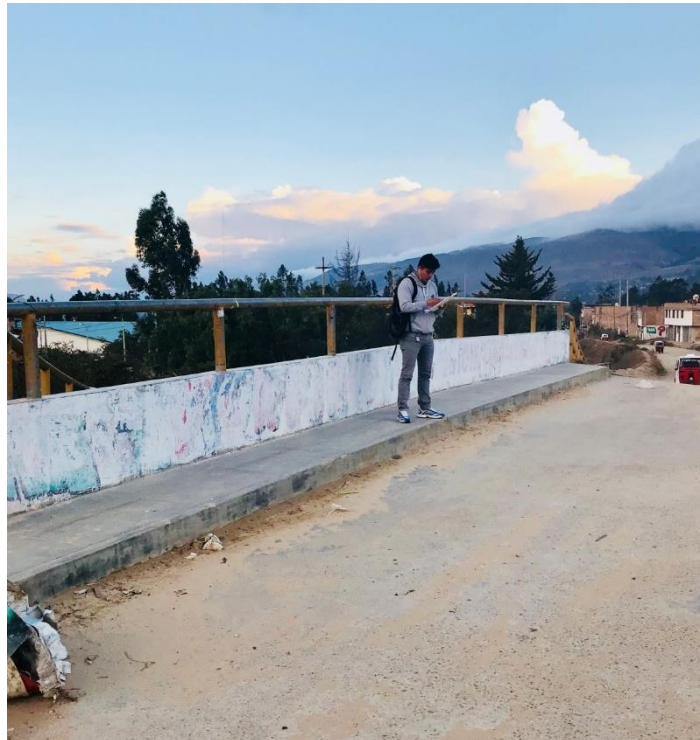


**Figura 96** Registro de tránsito vehicular del puente-4.



**Figura 97** Registro de tránsito vehicular del puente-5.





**Figura 98** Registro de tránsito vehicular del puente-6.



**Figura 99** Registro de tránsito vehicular del puente-6.

## **Anexo N° 5: Reglamento Nacional de Tránsito**

### **Reglamento Nacional de Tránsito - Código de Tránsito.**

#### **DECRETO SUPREMO N.º 016-2009-MTC**

#### **Modificatoria N.º 016-2017-MTC**

De conformidad con el Numeral 1.2 del Numeral 1 de la Única Disposición Complementaria Transitoria del Decreto Supremo N.º 016-2017-MTC, publicado el 30 julio 2017, se dispone que hasta el 31 de julio de 2018, sólo se impondrán papeletas educativas por exceso de velocidad detectadas a través del dispositivo de control y monitoreo inalámbrico. A partir del 01 de agosto de 2018, la autoridad a cargo de la fiscalización impondrá las infracciones que correspondan por exceso de velocidad conforme a lo establecido en el Texto Único Ordenado del Reglamento Nacional de Tránsito, aprobado mediante el presente Decreto.

Que, la Ley N.º 29259 establece la modificación de las sanciones y medidas preventivas previstas en la Ley General de Transporte y Tránsito Terrestre, Ley N.º 27181, siendo necesario actualizar el Reglamento Nacional de Tránsito, conforme a lo dispuesto por el marco legal aplicable;

Según, el título III. De las vías. Contenido en el capítulo I. Aspectos Generales, hace mención en el artículo 9º Elementos. De la vía comprende la calzada, la acera, la berma, la cuneta, el estacionamiento, el separador central, el jardín y el equipamiento de servicios necesarios para su utilización.

Las vías públicas se utilizan de conformidad con el presente reglamento y las normas que rigen sobre la materia.



En concordancia con el artículo 10° Autoridad competente. Los elementos integrantes de la vía pública, sean funcionales, de servicio o de ornato complementarios, son habilitados o autorizados por las respectivas Autoridades, según su competencia.

Mediante, el artículo 13° Normas técnicas. Las normas técnicas de diseño, construcción y mantenimiento de las vías se encuentran establecidas en el Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura, al que se sujetarán las Autoridades competentes en sus respectivas jurisdicciones.

Según, el artículo 24.- Prohibiciones. Está prohibido en la vía lo siguiente:

- 1) Destinar las calzadas a otro uso que no sea el tránsito y el estacionamiento.
- 2) Ejercer el comercio ambulatorio o estacionario.
- 3) Colocar propaganda u otros objetos que puedan afectar el tránsito de peatones o vehículos o la señalización y la semaforización.
- 4) Efectuar trabajos de mecánica, cualquiera sea su naturaleza, salvo casos de emergencia.
- 5) Dejar animales sueltos o situarlos en forma tal que obstaculicen el tránsito.
- 6) Construir o colocar parapetos, kioscos, cabinas, cercos, paraderos u ornamentos en las esquinas u otros lugares de la vía que impidan la visibilidad del usuario de la misma.
- 7) Colocar en la calzada o en la acera, elementos que obstruyan la libre circulación.
- 8) Derivar aguas servidas o de regadío o dejar elementos perturbadores del libre tránsito o desperdicios como maleza, desmonte, material de obra y otros, salvo maleza en los lugares autorizados.
- 9) Recoger o dejar pasajeros o carga en lugares no autorizados.

Según el artículo 29.- Dispositivos de control de tránsito. Los dispositivos de control del tránsito que se instalen en la vía pública, deben cumplir con las exigencias establecidas en el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, que aprueba el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en concordancia con los Convenios Internacionales suscritos por el Perú.

Mediante, el artículo 30° Tránsito en zona urbana. La autoridad competente podrá fijar en zona urbana:

- a) Vías o carriles para la circulación exclusiva de vehículos del servicio público de transporte de pasajeros.
- b) Sentidos de tránsito variable para un tramo de vía o una vía determinada, en horarios que la demanda lo justifique.

Estipulada en el capítulo 11. Dispositivos de control, indicado en la sección I. Los aspectos Generales. En concordancia con el artículo 33° Señalización, indica la regulación del tránsito en la vía pública, debe ejecutarse mediante señales verticales, marcas en la calzada, semáforos, señales luminosas y dispositivos auxiliares.

Las normas para el diseño y la utilización de los dispositivos de regulación, se establecen en el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras que aprueba el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

La instalación, mantenimiento y renovación de los dispositivos de regulación del tránsito, en las vías urbanas de su jurisdicción es competencia de las Municipalidades Provinciales y de las Municipalidades Distritales, y se ejecutará conforme a lo establecido en el presente Reglamento y sus normas complementarias.

De acuerdo a la sección V. La Policía Nacional del Perú, según el artículo 57°, indica sobre la obediencia al efectivo policial. Los usuarios de la vía están obligados a obedecer de inmediato cualquier orden de la Policía Nacional del Perú asignados al control del tránsito, que es la autoridad responsable de fiscalizar el cumplimiento de las normas de tránsito.

Las indicaciones de los efectivos de la Policía Nacional del Perú, asignados al control del tránsito, prevalecen sobre las señales luminosas o semáforos, y éstas sobre los demás dispositivos que regulan la circulación.

Estipulado en el título IV. De la circulación, señalado capítulo I. De los peatones y uso de la vía. En concordancia con el artículo 67° Circulación del peatón, donde debe circular por las aceras, bermas o franjas laterales, según sea el caso, sin utilizar la calzada ni provocar molestias o trastornos a los demás usuarios, excepto cuando deba cruzar la calzada o encuentre un obstáculo que esté bloqueando el paso, y en tal caso, debe tomar las precauciones respectivas para evitar accidentes. Debe evitar transitar cerca al sardinel o al borde de la calzada.

Establecido en el capítulo 11, los conductores y uso de la vía. Donde se detalla en el artículo 83° Precauciones, manifiesta que el conductor de cualquier vehículo debe:

1. Tener cuidado y consideración con los peatones y con los vehículos que transiten a su alrededor.
2. Tomar las debidas precauciones con los peatones que despejen la intersección en el momento que el semáforo ya no los autoriza a cruzar la calzada, debiendo detener su marcha absteniéndose de usar la bocina de forma que pudiera causar sobresalto o confusión al peatón.

3. Tener especial cuidado con las personas con discapacidad, niños, ancianos y mujeres embarazadas.

Mediante la sección VI. Velocidades. Según el artículo 160° Prudencia en la velocidad de la conducción, indica que el conductor no debe conducir un vehículo a la velocidad mayor de la que sea razonable y prudente, bajo las condiciones de transitabilidad existentes en la vía, debiendo considerar los riesgos y peligros presentes y posibles.

En todo caso la velocidad debe ser tal, que le permita controlar el vehículo para evitar accidentes.

Según el artículo 162° Límites máximos de velocidad, indica cuando no existan los riesgos o circunstancias señaladas en los artículos anteriores, los límites máximos de velocidad son los siguientes:

a) Zona urbana:

1. En calles y jirones: 40 km/h
2. En avenidas: 60 km/h
3. En vías expresas: 80 km/h
4. Zona escolar: 30 km/h
5. Zona de hospital: 30 km/h

En concordancia con el artículo 164° Límites máximos de velocidad especiales, señala los límites máximos especiales:

- a) En las intersecciones urbanas no semaforizadas; la velocidad precautoria, no debe superar a 30 km/h.

b) En la proximidad de establecimientos escolares, deportivos y de gran afluencia de personas, durante el ingreso, su funcionamiento y evacuación, la velocidad precautoria no debe superar a 20 km/h.

e) En vías que circunvalen zonas urbanas, 60 km/h, salvo señalización en contrario.

De acuerdo a lo establecido en el artículo 168-A.- Tolerancia sobre las velocidades máximas permitidas, en atención a las velocidades máximas permitidas en el presente Reglamento debe aplicarse un margen de tolerancia de 5 Km/h, por lo que el exceso de velocidad es sancionable sólo cuando se supere la velocidad máxima más el margen de tolerancia señalado.» (\*)

(\*) Artículo incorporado por el Artículo 3 del Decreto Supremo N° 025-2014-MTC, publicado el 01 enero 2015.

(\*) De conformidad con la Tercera Disposición Complementaria Final del Decreto Supremo N° 009-2015-MTC, publicado el 24 septiembre 2015, se dispone que en los casos en que se utilice sistemas de control y monitoreo inalámbrico para medir la velocidad a los vehículos del servicio de transporte público de personas en los ámbito nacional y regional, se considerará un margen de error de 10 km/h en la velocidad detectada del vehículo que se encuentra en movimiento. En estos casos no es de aplicación lo dispuesto en el presente artículo.

**Anexo N° 6: Planos**