



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Determinación del índice de condición del pavimento rígido en la  
Av. sesquicentenario de la ciudad de Puno – 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Benito Mamani, Yomara Silvia (ORCID: 0000-0002-6288-3107)

Mendoza Colque, Jaime Marcial (ORCID: 0000-0001-8523-652X)

**ASESOR:**

Mg. Ing. Ordinola Enríquez, Luis Enrique (ORCID: 0000-0003-0439-4388)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

PIURA – PERÚ

2021

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de investigación a mis queridos padres; Joel Benito Castillo y Marina Mamani Cáceres quienes con su sacrificio, apoyo incondicional y amor que me entregan guiaron mi camino a pesar de todos los tropiezos que he tenido a lo largo de mi vida. A mis hermanos Edy y Amanda, por su comprensión y apoyo en todo momento.

A mi querido esposo Jaime Marcial Mendoza Colque, por su comprensión, apoyo y amor que me brinda día a día para alcanzar nuestras metas, tanto profesionales como personales.

**Yomara Silvia**

Dedico este proyecto de tesis a mis padres; Emiliano Mendoza Concha y Mercedes Colque Ccopa, a mis hermanos María, Roxana, Ángel y a mis sobrinos por el amor que me entregan.

A mi esposa Yomara Silvia Benito Mamani, por estar siempre a mi lado apoyándome y que juntos como familia hemos alcanzado nuestras metas por un futuro mejor.

**Jaime Marcial**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios todo poderoso por concederme la vida y darme la fortaleza para seguir adelante en todos mis proyectos. A mis padres, hermanos y esposo por su fortaleza y motivación que me brindaron a lo largo de mi formación profesional.

A mi asesor Luis Enrique Ordinola Enríquez por brindarnos su conocimiento, orientación y experiencia profesional en el desarrollo de este proyecto de tesis.

**Yomara Silvia**

Agradezco a Dios, por haber guiado mi camino y el de mi familia, por nunca dejarme caer en los momentos complicados. A mis padres, mis hermanos, mi esposa y amistades por los consejos que siempre recibí, por el afecto y su apoyo incondicional he podido llegar a lograr un objetivo más en mi vida.

**Jaime Marcial**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS .....	vi
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II.MARCO TEÓRICO .....	4
III.METODOLOGÍA.....	51
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	51
3.2 Variables y operacionalizacion .....	52
3.3 Población, muestra y muestreo .....	52
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	53
3.5 Procedimientos.....	54
3.6 Método de análisis de datos .....	57
3.7 Aspectos éticos .....	64
IV. RESULTADOS.....	65
V. DISCUSIÓN .....	73
VI. CONCLUSIONES .....	78
VII. RECOMENDACIONES .....	80
REFERENCIAS.....	81
ANEXOS .....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Resumen de las fallas del pavimento con superficie de concreto asfáltico .	14
<b>Tabla 2</b>	Resumen de las fallas del pavimento con superficie de concreto rígido .....	15
<b>Tabla 3</b>	Niveles de severidad para la falla de losa dividida.....	18
<b>Tabla 4</b>	Niveles de severidad para la falla de escala. ....	20
<b>Tabla 5</b>	Niveles de severidad para grietas lineales (longitudinales, transversales y diagonales).....	23
<b>Tabla 6</b>	Niveles de severidad para la falla de punzonamiento .....	29
<b>Tabla 7</b>	Nivel de Severidad para la falla en Descascaramiento de Esquina. ....	33
<b>Tabla 8</b>	Niveles de Severidad para la falla en Descascaramiento de Junta.....	34
<b>Tabla 9</b>	Rangos de calificación del PCI.....	49

## ÍNDICE DE GRÁFICOS Y FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Conformación de un pavimento flexible.....	10
<b>Figura 2.</b> Sección típica de un pavimento mixto. ....	11
<b>Figura 3.</b> Conformación de un pavimento rígido.....	12
<b>Figura 4.</b> Blowups o buckles.....	16
<b>Figura 5.</b> Grieta de esquina. ....	17
<b>Figura 6.</b> Losa dividida.....	18
<b>Figura 7.</b> Grietas de durabilidad “D”. ....	19
<b>Figura 8.</b> Escala.....	20
<b>Figura 9.</b> Daño del sello de la junta. ....	21
<b>Figura 10.</b> Desnivel carril / berma. ....	22
<b>Figura 11.</b> Grieta longitudinal.....	24
<b>Figura 12.</b> Grieta transversal. ....	24
<b>Figura 13.</b> Parche grande. ....	25
<b>Figura 14.</b> Parche pequeño. ....	26
<b>Figura 15.</b> Pulimentos de agregados. ....	27
<b>Figura 16.</b> Popout. ....	28
<b>Figura 17.</b> Bombeo. ....	29
<b>Figura 18.</b> Punzonamiento.....	30
<b>Figura 19.</b> Cruce de vía férrea.....	30
<b>Figura 20.</b> Desconchamiento.....	31
<b>Figura 21.</b> Grietas de retracción. ....	32
<b>Figura 22.</b> Descascaramiento de esquina. ....	33
<b>Figura 23.</b> Descascaramiento de junta. ....	35
<b>Figura 24.</b> Curva de valor deducido para el daño Blowup / Buckling.....	37
<b>Figura 25.</b> Curva de valor deducido para el daño grieta de esquina. ....	38
<b>Figura 26.</b> Curva de valor deducido para el daño losa dividida. ....	38
<b>Figura 27.</b> Curva de valor deducido para el daño grieta de durabilidad “D”.....	39
<b>Figura 28.</b> Curva de valor deducido para el daño escala.....	39
<b>Figura 29.</b> Curva de valor deducido para el daño Blowup / Buckling.....	40
<b>Figura 30.</b> Curva de valor deducido para el daño desnivel carril / berma. ....	40

<b>Figura 31.</b> Curva de valor deducido para el daño grietas lineales.....	41
<b>Figura 32.</b> Curva de valor deducido para el daño parche grande.....	41
<b>Figura 33.</b> Curva de valor deducido para el daño parche pequeño.....	42
<b>Figura 34.</b> Curva de valor deducido para el daño pulimento de agregados.....	42
<b>Figura 35.</b> Curva de valor deducido para el daño popouts. ....	43
<b>Figura 36.</b> Curva de valor deducido para el daño bombeo. ....	43
<b>Figura 37.</b> Curva de valor deducido para el daño punzonamiento. ....	44
<b>Figura 38.</b> Curva de valor deducido para el daño cruce de vía férrea.....	44
<b>Figura 39.</b> Curva de valor deducido para el daño desconchamiento, mapa de grietas, craquelado.....	45
<b>Figura 40.</b> Curva de valor deducido para el daño grietas de retracción. ....	45
<b>Figura 41.</b> Curva de valor deducido para el daño descascaramiento de esquina...	46
<b>Figura 42.</b> Curva de valor deducido para el daño descascaramiento de junta. ....	46
<b>Figura 43.</b> Curva de corrección del valor deducido para pavimentos de concreto de cemento portland.....	48
<b>Figura 44.</b> Ilustración de las unidades de muestra de la sección 1. ....	52
<b>Figura 45.</b> Ilustración de las unidades de muestra de la sección 1. ....	56
<b>Figura 46.</b> Ilustración de las unidades de muestra de la sección 2. ....	56
<b>Figura 47.</b> Formato PCI para pavimentos rígidos. ....	58
<b>Figura 48.</b> Llenado del formato PCI para pavimento rígido “A”.....	59
<b>Figura 49.</b> Llenado del formato PCI para pavimento rígido “B”. ....	59
<b>Figura 50.</b> Llenado del formato PCI para pavimento rígido “C”. ....	60
<b>Figura 51.</b> Curva de valor deducido grieta de esquina para pavimento rígido.....	61
<b>Figura 52.</b> Calculo del valor deducido de las fallas de la UM – 05. ....	61
<b>Figura 53.</b> Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos de la UM – 05 “D”. ....	62
<b>Figura 54.</b> Cálculo del valor deducido total (VDT) para la falla 22 grieta de esquina de la UM - 05.....	62
<b>Figura 55.</b> Curva de valores deducidos corregidos “CVD” para “q” 5. ....	63
<b>Figura 56.</b> Calculo del máximo valor deducido corregido “CVD” para la UM - 05....	63
<b>Figura 58.</b> Resumen en porcentaje de las fallas existentes en la sección 1.....	65
<b>Figura 59.</b> Resumen en porcentaje de las fallas existentes en la sección 2.....	66

<b>Figura 60.</b> Resumen de los niveles de severidad de las fallas existentes en la sección 1.....	67
<b>Figura 61.</b> Resumen de los niveles de severidad de las fallas existentes en la sección 2.....	68
<b>Figura 62.</b> Resumen de los resultados PCI y clasificación de todas las unidades de muestra.....	69
<b>Figura 63.</b> Clasificación del grado de severidad del PCI de la sección 1.....	70
<b>Figura 64.</b> Clasificación del grado de severidad del PCI de la sección 2.....	71
<b>Figura 65.</b> Promedio de valores de PCI de la sección 1 y 2.....	72
<b>Figura 66.</b> Matriz de consistencia.....	85
<b>Figura 67.</b> Hoja de registro y cálculo de datos de la UM - 01.....	91
<b>Figura 68.</b> Valor deducido del daño en el sello de la junta en la UM - 01.....	92
<b>Figura 69.</b> Valor deducido de grietas lineales en la UM - 01.....	92
<b>Figura 70.</b> Valor deducido de pulimento de agregados en la UM - 01.....	93
<b>Figura 71.</b> Valor deducido de popouts en la UM - 01.....	93
<b>Figura 72.</b> Valor deducido de las grietas de retracción en la UM - 01.....	94
<b>Figura 73.</b> Valor deducido de descascaramiento de esquina en la UM - 01.....	94
<b>Figura 74.</b> Valor deducido corregido de la UM - 01.....	95
<b>Figura 75.</b> Hoja de registro y cálculo de datos de la UM - 02.....	96
<b>Figura 76.</b> Valor deducido de grietas lineales en la UM - 02.....	97
<b>Figura 77.</b> Valor deducido de pulimento de agregados en la UM - 02.....	97
<b>Figura 78.</b> Valor deducido de grietas de retracción en la UM - 02.....	98
<b>Figura 79.</b> Valor deducido de descascaramiento de esquina en la UM - 02.....	98
<b>Figura 80.</b> Valor deducido de descascaramiento de junta en la UM - 02.....	99
<b>Figura 81.</b> Valor deducido corregido de la UM - 02.....	99
<b>Figura 82.</b> Hoja de registro y cálculo de datos de la UM - 03.....	100
<b>Figura 83.</b> Valor deducido de grieta de esquina en la UM - 03.....	101
<b>Figura 84.</b> Valor deducido de grietas lineales en la UM - 03.....	101
<b>Figura 85.</b> Valor deducido de desconchamiento, mapa de grietas, craquelado en la UM - 03.....	102
<b>Figura 86.</b> Valor deducido de grietas de retracción en la UM - 03.....	102
<b>Figura 87.</b> Valor deducido de descascaramiento de esquina en la UM - 03.....	103
<b>Figura 88.</b> Valor deducido de descascaramiento de junta en la UM - 03.....	103

<b>Figura 89.</b> Valor deducido corregido de la UM - 03. ....	104
<b>Figura 90.</b> Hoja de registro y cálculo de datos de la UM - 04. ....	105
<b>Figura 91.</b> Valor deducido de grieta de esquina en la UM - 04.....	106
<b>Figura 92.</b> Valor deducido de grietas lineales en la UM - 04. ....	106
<b>Figura 93.</b> Valor deducido de pulimento de agregados en la UM - 04.....	107
<b>Figura 94.</b> Valor deducido de grietas de retracción en la UM - 04.....	107
<b>Figura 95.</b> Valor deducido corregido de la UM - 04. ....	108
<b>Figura 96.</b> Hoja de registro y cálculo de datos de la UM - 05. ....	117
<b>Figura 97.</b> Valor deducido de grieta de esquina en la UM - 05.....	110
<b>Figura 98.</b> Valor deducido de escala en la UM - 05.....	110
<b>Figura 99.</b> Valor deducido de grietas lineales en la UM - 05. ....	111
<b>Figura 100.</b> Valor deducido de grietas de retracción en la UM - 05.....	111
<b>Figura 101.</b> Valor deducido de descascaramiento de esquina en la UM - 05.....	112
<b>Figura 102.</b> Valor deducido de descascaramiento de junta en la UM - 05.....	112
<b>Figura 103.</b> Valor deducido corregido de la UM - 05. ....	113
<b>Figura 104.</b> Hoja de registro y cálculo de datos de la UM - 06. ....	114
<b>Figura 105.</b> Valor deducido de losas divididas en la UM - 06.....	115
<b>Figura 106.</b> Valor deducido corregido de la UM - 06. ....	115
<b>Figura 107.</b> Hoja de registro y cálculo de datos de la UM - 07.....	116
<b>Figura 108.</b> Valor deducido de losas divididas en la UM - 07.....	117
<b>Figura 109.</b> Valor deducido corregido de la UM - 07. ....	117
<b>Figura 110.</b> Hoja de registro y cálculo de datos de la UM - 08. ....	118
<b>Figura 111.</b> Valor deducido de losas divididas en la UM - 08.....	119
<b>Figura 112.</b> Valor deducido de parche grande en la UM - 08. ....	119
<b>Figura 113.</b> Valor deducido de pulimento de agregados en la UM - 08.....	120
<b>Figura 114.</b> Valor deducido de punzonamiento en la UM - 08.....	120
<b>Figura 115.</b> Valor deducido de desconchamiento, mapa de grietas, craquelado en la UM - 08.....	121
<b>Figura 116.</b> Valor deducido corregido de la UM - 08. ....	121
<b>Figura 117.</b> Hoja de registro y cálculo de datos de la UM – 09.....	122
<b>Figura 118.</b> Valor deducido de losas divididas en la UM - 09.....	123
<b>Figura 119.</b> Valor deducido de punzonamiento en la UM - 09.....	123

<b>Figura 120.</b>	Valor deducido corregido de la UM - 09. ....	124
<b>Figura 121.</b>	Hoja de registro y cálculo de datos de la UM - 10. ....	125
<b>Figura 122.</b>	Valor deducido de losas divididas en la UM - 10. ....	126
<b>Figura 123.</b>	Valor deducido de punzonamiento en la UM - 10. ....	126
<b>Figura 124.</b>	Valor deducido corregido de la UM - 10. ....	127
<b>Figura 125.</b>	Hoja de registro y cálculo de datos de la UM - 11. ....	128
<b>Figura 126.</b>	Valor deducido de losas divididas en la UM - 11. ....	129
<b>Figura 127.</b>	Valor deducido corregido de la UM - 11. ....	129
<b>Figura 128.</b>	Hoja de registro y cálculo de datos de la UM - 12. ....	130
<b>Figura 129.</b>	Valor deducido de losas divididas en la UM - 12. ....	131
<b>Figura 130.</b>	Valor deducido de daño en el sello de la junta en la UM - 12. ....	131
<b>Figura 131.</b>	Valor deducido de punzonamiento en la UM - 12. ....	132
<b>Figura 132.</b>	Valor deducido de descascaramiento de junta en la UM - 12. ....	132
<b>Figura 133.</b>	Valor deducido corregido de la UM - 12. ....	133
<b>Figura 134.</b>	Hoja de registro y cálculo de datos de la UM - 13. ....	134
<b>Figura 135.</b>	Valor deducido de losas divididas en la UM - 13. ....	135
<b>Figura 136.</b>	Valor deducido de daño en el sello de la junta en la UM - 13. ....	135
<b>Figura 137.</b>	Valor deducido de punzonamiento en la UM - 13. ....	136
<b>Figura 138.</b>	Valor deducido de descascaramiento de junta en la UM - 13. ....	136
<b>Figura 139.</b>	Valor deducido corregido de la UM - 13. ....	137
<b>Figura 140.</b>	Hoja de registro y cálculo de datos de la UM - 14. ....	138
<b>Figura 141.</b>	Valor deducido de losas divididas en la UM - 14. ....	139
<b>Figura 142.</b>	Valor deducido de pulimento de agregados en la UM - 14. ....	139
<b>Figura 143.</b>	Valor deducido de punzonamiento en la UM - 14. ....	140
<b>Figura 144.</b>	Valor deducido corregido de la UM - 14. ....	140
<b>Figura 145.</b>	Hoja de registro y cálculo de datos de la UM - 15. ....	141
<b>Figura 146.</b>	Valor deducido de losas divididas en la UM - 15. ....	142
<b>Figura 147.</b>	Valor deducido de punzonamiento en la UM - 15. ....	142
<b>Figura 148.</b>	Valor deducido de descascaramiento de junta en la UM - 15. ....	143
<b>Figura 149.</b>	Valor deducido corregido de la UM - 15. ....	143
<b>Figura 150.</b>	Hoja de registro y cálculo de datos de la UM - 16. ....	144
<b>Figura 151.</b>	Valor deducido de grieta de esquina en la UM - 16. ....	145

<b>Figura 152.</b> Valor deducido de losas divididas en la UM - 16.....	145
<b>Figura 153.</b> Valor deducido de grietas lineales en la UM - 16. ....	146
<b>Figura 154.</b> Valor deducido de pulimento de agregados en la UM - 16.....	146
<b>Figura 155.</b> Valor deducido de popouts en la UM - 16. ....	147
<b>Figura 156.</b> Valor deducido de desconchamiento, mapa de grietas, craquelado en la UM - 16.....	147
<b>Figura 157.</b> Valor deducido de descascaramiento de junta en la UM - 16.....	148
<b>Figura 158.</b> Valor deducido corregido de la UM - 16. ....	148
<b>Figura 159.</b> Esquema representativo de la seccion 1 y 2. ....	149
<b>Figura 160.</b> Inicio de la inspección del pavimento rígido, unidad de muestra 01....	150
<b>Figura 161.</b> Identificación de falla por Retracción, unidad de muestra 01. ....	150
<b>Figura 162.</b> Identificación de falla por Grieta Lineal en la unidad de muestra 01. ..	151
<b>Figura 163.</b> Control de falla por Escala con nivel de severidad alto.....	151
<b>Figura 164.</b> Intersección entre el pavimento rígido moderno y antiguo. ....	152
<b>Figura 165.</b> Identificación de falla por losa dividida. ....	152
<b>Figura 166.</b> Identificación de falla por Parcheo Grande.....	153
<b>Figura 167.</b> Identificación de falla por Parcheo Grande.....	153
<b>Figura 168.</b> Identificación de falla por losa dividida, en la unidad de muestra 07...	154
<b>Figura 169.</b> Verificación de falla por Pulimento de agregados y losa dividida. ....	154
<b>Figura 170.</b> Verificación de falla por losa dividida con nivel de severidad medio....	155
<b>Figura 171.</b> Identificación de falla por Parcheo Grande, en la unidad de muestra 07. ....	155
<b>Figura 172.</b> Identificación de falla por punzonamiento, en la unidad de muestra 07. ....	156
<b>Figura 173.</b> Verificación de máquinas pesadas en la vía en estudio. ....	156
<b>Figura 174.</b> Identificación de falla por punzonamiento, en la unidad de muestra 08. ....	157
<b>Figura 175.</b> Identificación de falla por punzonamiento, en la unidad de muestra 08. ....	157
<b>Figura 176.</b> Identificación de falla por Losa dividida, en la unidad de muestra 12..	158
<b>Figura 177.</b> Identificación de falla por punzonamiento, en la unidad de muestra 12. ....	158
<b>Figura 178.</b> Identificación de falla por Grieta de esquina y descascaramiento de junta en la unidad de muestra 15.....	159

<b>Figura 179.</b> Identificación de falla por Descascaramiento de junta.....	159
<b>Figura 180.</b> Identificación de falla por Grieta de esquina, en la unidad de muestra 16. .....	160
<b>Figura 181.</b> Identificación de falla por Grieta lineal, en la unidad de muestra 16....	160
<b>Figura 182.</b> Identificación de falla por Grieta de esquina, en la unidad de muestra 16. .....	161
<b>Figura 183.</b> Identificación y trazo de falla por Losa dividida, en la unidad de muestra 16. ....	161

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo principal determinar el índice de condición del pavimento rígido en la Av. Sesquicentenario de la ciudad de Puno – 2021. La metodología de la investigación empleada fue de tipo descriptivo con enfoque cuantitativo y de diseño no experimental. Para esto se planteó la inspección de dos secciones distribuidas según el año de construcción que conforman el pavimento rígido de la Av. Sesquicentenario mediante el método PCI, donde nos permitirá conocer las fallas, niveles de severidad y grado de severidad presentes en la vía de estudio. La metodología plantea una cantidad mínima de unidades de muestra a inspeccionar sin embargo para este estudio se analizó todas las unidades de muestra, teniendo en cuenta que según la norma es ideal para una mejor estimación del mantenimiento y reparaciones que sean necesarias. Se evaluó 312 losas distribuidas en 16 unidades de muestra; donde se identificó como las fallas más influyentes de la sección 1 a las fallas por retracción en un 32%, grieta lineal 17% y descascaramiento de esquina 13% y en la sección 2 la falla más representativa son las losas divididas en un 73% seguido de la falla por punzonamiento 11%. Posteriormente se determinó el valor del PCI promedio de la sección 1 siendo 85.70 con una clasificación EXCELENTE y el valor del PCI en la sección 2 siendo 14.55 con una clasificación MUY MALO. A raíz de todo lo investigado llegamos a la siguiente conclusión; que para la sección 1 es recomendable corregir los daños ya existentes con un mantenimiento de vía para así mismo evitar que estos daños se conviertan en fallas de mayor severidad y en la sección 2 es necesario intervenir de forma inmediata y reconstruir la vía ya que se encuentra en un estado muy malo que perjudica el transporte urbano y la calidad del tránsito. Y que la evaluación del pavimento es fundamental para conocer los tipos de daños presentados y a través de estos datos se determina, una propuesta de solución.

Palabras Clave: Pavimento, inspección, fallas.

## **ABSTRACT**

The main objective of this research project is to determine the condition index of the rigid pavement on Av. Sesquicentenario in the city of Puno - 2021. The research methodology used was descriptive with a quantitative approach and a non-experimental design. For this, the inspection of two sections distributed according to the year of construction that make up the rigid pavement of Av. Sesquicentenario through the PCI method was proposed, where it will allow us to know the faults, severity levels and degree of severity present in the study route. The methodology proposes a minimum number of sample units to be inspected, however for this study all sample units were analyzed, taking into account that according to the standard it is ideal for a better estimate of the maintenance and repairs that are necessary. 312 slabs distributed in 16 sample units were evaluated; where the most influential failures of section 1 were identified as shrinkage failures in 32%, linear crack 17% and corner peeling 13% and in section 2 the most representative failure are the slabs divided in 73% followed of punching shear failure 11%. Subsequently, the average PCI value of section 1 was determined, being 85.70 with an EXCELLENT classification and the PCI value in section 2 being 14.55 with a VERY BAD classification. As a result of everything investigated we reached the following conclusion; that for section 1 it is advisable to correct the existing damage with track maintenance in order to prevent these damages from becoming more severe faults and in section 2 it is necessary to intervene immediately and rebuild the track as it is in a very bad state that affects urban transport and the quality of traffic. And that the evaluation of the pavement is essential to know the types of damage presented and through these data a solution proposal is determined.

Keywords: Pavement, inspection, failures.

## I. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Puno, capital de la región Puno está situada a riberas del lago Titicaca a 3827 msnm, en la actualidad la población y la expansión urbana en nuestra ciudad está en aumento por lo tanto la movilización de bienes y personas sobre las vías genera mayor transitabilidad.

La zona de estudio para el proyecto será la calzada de concreto rígido de la Av. Sesquicentenario de la ciudad; lo cual comprende un total de 1280m, encontrándose esta zona a orillas del lago Titicaca que a la vez es una zona turística, y esta vía se dirige a la Isla Esteves y Uros Chulluni.

En la actualidad el tráfico en la ciudad ha variado ya que la población está en aumento y por lo tanto los servicios para el ciudadano genera mayor demanda de circulación vehicular, lo que ocasiona un deterioro acelerado de los pavimentos y la presencia de diferentes fallas. El caos automovilístico provocado por demasiados vehículos en carreteras estrechas es el pan de cada día, donde se concentra más personas, la población está condenada a hacer frente a las dificultades del tráfico y perder el tiempo en los atascos.

Una de las circunstancias de las averías de vías en Puno es que no existe mayor interés por parte de las autoridades al no realizar el mantenimiento de las vías en el tiempo adecuado. El mantenimiento es un procedimiento de labores empleadas a mantener el estado de la carretera y sus elementos (por ejemplo, capa rodante, berma, edificio, sistema de drenaje, ingeniería de cimientos, equipos de control de tráfico y demás.

También podemos señalar que el mantenimiento de carreteras sigue un proceso específico de trabajos de ingeniería vial para evitar de forma preventiva el daño precoz de los componentes de la vía. Estas actividades deben ser corregido en el menor tiempo posible desde que se detectó el deterioro, por lo que la vigilancia visual diaria de la carretera es la actividad diaria básica de la organización.

La red vial de un país es primordial para su incremento y progreso porque es el principal medio que facilita el traslado de los habitantes y los cargamentos.

En ese sentido el problema de la investigación responde a la interrogante ¿Cuál es el índice de condición del pavimento rígido en la Av. Sesquicentenario de la ciudad de Puno?, ya que se observa el deterioro de las vías a causa de diferentes factores como el cambio climático, la edad y el tránsito en la vía.

Por otro lado, el proyecto de estudio se argumenta porque en la actualidad las vías pavimentadas en la región de Puno origina dificultades de tráfico, y al mismo tiempo el vehículo se ve afectado mecánicamente. En ese entendimiento, es significativo aplicar la metodología del índice de condición del pavimento (PCI) para calcular la condición del estado actual de la Av. Sesquicentenario; este método es conocido mundialmente y validado por diferentes naciones para realizar el cálculo de afección y fallas de las carreteras pavimentadas que nos ayudará a comprender la problemática que actualmente atraviesa la red vial en el entorno de la metrópolis de Puno y posteriormente plantear posibles soluciones.

Entre los modelos de gestión de carreteras disponibles en la actualidad, el Pavement Condition Index (PCI) es el método más completo para evaluar e identificar objetivamente superficies de carreteras flexibles y rígidas. Este método presenta una guía donde se incluyen el conjunto de fallas en el formato del PCI, donde posteriormente se efectuarán posibles observaciones de las afecciones que no se deberían considerar por su formación o condiciones impropias a las locales.

Tenemos como objetivo general determinar el índice de condición del pavimento rígido en la Av. Sesquicentenario de la ciudad de Puno – 2021 y como objetivos específicos identificar los tipos de fallas que presenta el pavimento rígido de la Av. Sesquicentenario de la ciudad de Puno – 2021, evaluar el nivel de severidad que presentan las fallas del pavimento rígido de la Av. Sesquicentenario de la ciudad de Puno – 2021 y determinar el grado de severidad que presenta el pavimento rígido de la Av. Sesquicentenario de la ciudad de Puno – 2021.

Para la elaboración del presente estudio es fundamental efectuar un monitoreo prolijo y detallado; utilizando la metodología del pavement condition index (PCI), logrando obtener un diagnóstico de las fallas existentes de la vía en estudio. Los cálculos de PCI se basan en los resultados de un inventario visual de las condiciones de la carretera, que determina el nivel, la gravedad y la cantidad de cada tipo de daño.

Por los argumentos expuestos anteriormente podemos colegir que originan un problema en la Av. sesquicentenario de la ciudad de Puno; siendo indispensable la determinación del estado de la vía. En consecuencia, se requiere un estudio de las afecciones presentes en el piso de concreto rígido y el análisis de sus fallas y eso es lo que se realizará en este proyecto de investigación, aplicando el método PCI donde nos permite realizar un análisis de la condición actual de la vía pavimentada en estudio.

## II. MARCO TEÓRICO

Recolectando información previa para el estudio consideramos distintos proyectos de tesis como antecedentes siendo los siguientes:

Espinoza y Miranda (2020) en su tesis de titulación de la Universidad Cesar Vallejo plantea tuvo como objetivo general, analizar las patologías del pavimento rígido en la Av. 31 de mayo - Catac - Recuay -Ancash – 2019. Utilizó la ficha del método numérico del PCI para la recolección de datos. El autor identificó y calculó las fallas existentes de acuerdo a sus respectivos porcentajes de influencia. Se encontraron 13 fallas en todo el tramo, con un número de daño total de 845. De igual manera, el PCI de cada tramo y el índice promedio de condición de la vía fueron 60.53%. Por lo tanto, tiene un buen estado dentro del alcance de la clasificación. Finalmente, observó que el sellado de juntas es la afección más frecuente, que afectará el deterioro de la calzada.

Doig (2020) en su tesis de titulación de la Universidad Cesar Vallejo planteó como objetivo principal conocer el estado de conservación del pavimento rígido de 0.57 km de la Avenida Confraternidad Internacional Este de la Provincia de Huaraz - Áncash, que consta de 2 tramos evaluadas a través del método (PCI). El autor comenzó su investigación recopilando datos utilizando listas de verificación de campo PCI, donde anotó datos de inspección visual, como el tipo de falla, la gravedad y la densidad. Procesa los datos y usa los ábacos para calcular VR (valor de reducción individual) y VRT (valor de reducción total). El resultado es un PCI promedio del 25%, lo que da como resultado una puntuación mala. Determinó que en la Parte I Av. Atusaría a Jr. Diego Ferrer la falla más común es la falla de los sellos de junta, el PCI es del 10%, lo cual es muy malo. En la Parte II Jr. Diego Ferrer-Av. Antonio Raimondi, las fallas más comunes son las fisuras lineales, las cuales presentan el 40% de PCI lo cual indica que es regular. Finalmente, dijo que la carretera de concreto rígido debe ser reparada con urgencia.

Paredes (2019) en su estudio de investigación de titulación de la Universidad Católica los Ángeles de Chimbote, planteó como objetivo principal identificar y evaluar el estado actual de los pavimentos rígidos dentro del distrito de San Juan Bautista, provincia de Huamanga y departamento de Ayacucho. Utilizó el método PCI, se analizaron los 07 bloques que constituyen la superficie de la carretera y se muestreó una unidad de muestra compuesta por 24 losas. El ancho del carril era de 6,20 m, el área de la losa era de 9,3 metros cuadrados (3,10 x 3 m) y el área total de la muestra era de 223,2m<sup>2</sup>. Evaluados en un total de 12 unidades de muestra, su análisis arrojó un PCI promedio de 77.25, lo que indica que el PCI es muy bueno. La conclusión es que la pista estudiada se encuentra en buen estado y apta para un tráfico rodado cómodo.

Granda (2019) en su tesis de titulación de la Universidad Nacional Daniel A. Carrión, tiene como objetivo principal evaluar la condición del pavimento rígido del Anillo Vial tramo Chaupimarca – Yanacancha – Pasco utilizando la metodología del índice de condición del pavimento (PCI), determina el estado de la carretera a través de una inspección visual, y luego, a través del procesamiento matemático de los datos de inspección, el índice PCI es 32, por lo que la condición de la carretera es mala. Finalmente, sugirió a la Diputación Provincial de Pasco que realicen el mantenimiento del anillo vial para mejorar la calzada.

Salinas, Rojas, y Jimenez (2019) en su trabajo de investigación de titulación de la Universidad Cesar Vallejo tiene como objetivo principal realizar la evaluación superficial del pavimento mediante el método índice de condición del pavimento PCI para determinar el estado de conservación de la avenida Pakamuros de la ciudad de Jaén Cajamarca. Tomando como objeto de investigación la carretera del lado izquierdo del pavimento rígido, está compuesta por dos carriles de un solo sentido, que incluyen 21 unidades de muestreo y 13 unidades de análisis, y cada unidad está compuesta por 28 losas. Finalmente, de acuerdo con los resultados de la evaluación del PCI, se concluye que la vía se encuentra tiene un PCI de 45.6 en condición regular, tiene tendencia a deteriorarse y aún puede brindar servicios, pero existen algunas molestias en la ruta, como baches por el deterioro de las esquinas.

Silva (2019) en su trabajo de investigación de titulación de la Universidad Nacional de Jaén planteó como objetivo realizar una evaluación superficial del pavimento rígido de la calle Dos de Mayo, que consta de un total de 4 cuadras de la provincia y región de Jaén-Cajamarca, mediante la evaluación superficial e inventario detallado de las muestras de pavimento rígido de falla superficial de cada bloque y determinar su grado de deterioro en cada área de estudio; metodología Aplicada (PCI). Como resultado, se obtienen los tipos, severidad y deterioro de las fallas superficiales en las unidades de muestra UM: 01, 03, 04, 06 y 07. Se determina que el PCI promedio de la vía de 7 unidades de muestra es de 13,75, y toda la vía N ° 01-04, Calle Dos de Mayo necesita ser reemplazada y / o cambiada por completo, debido a que la superficie de la vía tiene un servicio de más de 20 años y ha cumplido con su fecha límite de diseño, y el resultado es muy malo en el método de índice de condición de la carretera.

Cieza y Liñan (2018) en su tesis de titulación de la Universidad Cesar Vallejo tuvo como objetivo realizar la evaluación del deterioro físico del pavimento rígido, estudio del tráfico vehicular y determinar el Índice de condición del pavimento (PCI) y proponer un modelo para mejorar el pavimento en la 2da cuadra de la Av. Augusto B. Leguía del distrito de independencia, para mejorar la transitabilidad vehicular y peatonal. Obtuvo como resultado, la falla del pulido agregado con una densidad de 15 paños del 25% fue seguida por las placas divididas, de los cuales 6 paños fueron 8.33%, 13 paños tenían fisuras lineales y su VR (M y L) fueron 8 y 6 con densidades de 11.67% y 10 % respectivamente. Después de la investigación de tráfico, obtuvieron un índice promedio diario de 1672 vehículos. Determinaron que los tipos de vehículos más frecuentes en la cuadra son automóviles con IMDA de 697 y camionetas con IMDA de 590, seguido de un IMDA de 105 por día camionetas pickup, y le resultó un PCI de 60.

Rimarachin (2018) en su tesis de titulación de la Universidad Cesar Vallejo tiene como objetivo evaluar superficialmente utilizando el método del índice de condición de pavimento a tres avenidas principales de la ciudad de Chota, 2018. Inicialmente realizó una observación general de cada uno, y luego trazó el plano en planta con las

losas y la unidad de muestra correspondiente. La longitud de la Avenida Adriano Novoa es de 1312 m, se evalúa 15 unidades de muestras y la longitud alcanza los 851,58 m, en Inca Garcilazo de la Vega la longitud total de la avenida es 1685.67m, se evalúa 21 unidades de muestras y la longitud total es 1606.96m; la Avenida Todos los Santos tiene 975m de longitud total, se evalúa 17 unidades de muestreo y la longitud total es 547.51 metros. Finalmente, concluyó que, según el método PCI, el índice de condición de la Avenida Adriano Novoa es 40.59, la Avenida Inca Garcilaso de la Vega es 42.89 y la Avenida Todos los Santos es 45.06. También señaló que, hasta el momento, el estado de la calzada es regular.

Terrones (2018) en su tesis de titulación de la Universidad Cesar Vallejo tuvo como objetivo general realizar la evaluación y análisis del pavimento rígido en el Jr. 28 de julio entre las cuadras 1 al 9 de la ciudad de Bagua, región Amazonas. En primer lugar, realizó un levantamiento topográfico de la zona a ser estudiada haciendo una división de 3 tramos que comprende 3 cuadras cada uno. Aplicó el método PCI y obtuvo resultados del primer tramo, según el CDV máximo de 52 y su valor de PCI de 42, encontrándose en condición regular. En el segundo tramo determinó que se encuentra en estado malo con un CDV máximo de 62 y su valor PCI de 38 y la tercera sección muy mala tiene un valor máximo de CDV de 75 y un valor de PCI de 25. Se determina que la vía en estudio está en una condición muy mala. Las fallas encontradas son fisuras de esquina con una densidad del 50% y su reducción es de 52, el parche pequeño de densidad 10% y la reducción es 2, el daño del sello de la junta es de gravedad baja, y la densidad es del 10%, el valor de reducción es 5, parche grande con densidad de 15% de gravedad baja y reducción de 10, desnivel / carril es baja severidad y su fluctuación de densidad es del 5% con un valor de reducción de 1. Concluyó que las evaluaciones de las vías pavimentadas son fundamentales para determinar los tipos de daños presentes y realizar una propuesta de solución.

Torres (2018) en su proyecto de investigación de titulación de la Universidad Cesar Vallejo planteó como objetivo evaluar la condición superficial del pavimento rígido aplicando el método de pavement condition index (PCI) en función a la norma ASTM

D 5340, en las calles del distrito de Yanama – Yungay, región Ancash. Utilizó como muestra 5 calles principales: Av. 2 de Julio, Jr. Santa Rosa, Jr. 28 de Julio, Jr. Yanama, Jr. Bellavista. Finalizada su investigación y evaluación superficial, identificó distintas patologías, la mayoría son de gravedad moderada a baja. Se obtuvieron los siguientes resultados como porcentaje final de los daños; parche grande 25,25%, fisuras lineales 23,24%, losa dividida 15,89%, fisuras de esquina 12,71%, parche pequeño 8,36%, pulimento de agregado 6,86%, desconchamiento de juntas 0,67% y 7,02%, no aparecieron lesiones evidentes en la superficie de la carretera. Concluye determinando el índice de condición actual de la vía, el PCI con resultado 52, lo que indica que la vía se encuentra en un estado regular.

Asenjo (2017) en su tesis de titulación de la Universidad Nacional Cajamarca tiene como objetivo principal evaluar el estado actual del pavimento rígido de la avenida Mariscal Castilla de la ciudad de Jaén, región Cajamarca, usando el método PCI para determinar la falla y la causa de la superficie rígida de la carretera. En cuanto a la recolección de datos, determinó la unidad de muestreo. La sección 1 comprende de 24 unidades de muestreo y un total de 360 losas de evaluación. La sección 2 comprende de 19 unidades de muestreo y un total de 318 losas de evaluación. Finalmente, el PCI del tramo 1 es 42.44, que se clasifica como vía en estado regular, y el PCI del tramo 2 es 64.95, que se clasifica como buen pavimento; además, también se determinan defectos, y los más comunes son los siguientes; fisuras en las esquinas, losas agrietadas, parche grande, escala, reparación y descascaramiento que son causados principalmente por una compactación pobre confirmada, tipo de suelo y calidad de los materiales utilizados en el concreto, factores climáticos, sistema de drenaje de aguas pluviales insuficiente, tráfico de vehículos pesados .

Rodríguez (2016) en su tesis de titulación de la Universidad Católica los Angeles Chimbote realizó un estudio que consistió en conocer el estado de deterioro de las pistas del barrio El Triunfo en el distrito de Carhuaz, provincia de Carhuaz, Región Ancash, conformado por 5 calles. El autor utilizó para la evaluación el método (PCI) ASTM D 5340. El estudio comenzó con los datos recopilados en el sitio utilizando el

formato PCI, en el que realizó una inspección visual registrando los datos según el tipo de daño, la gravedad y la densidad. Después de calcular obtiene un PCI de 45.20, lo que indica que la pista está en estado regular, solo debe mantenerse cuando la edad media de la pista es de 6 años. Finalmente, discutió las posibles causas de las dos afecciones más comunes, como son las fisuras de esquinas y las losas divididas.

Paucar (2019) en su proyecto de tesis de titulación de la Universidad Nacional del Altiplano planteó como objetivo evaluar la superficie de los pavimentos de la ciudad de Puno con las metodologías de Índice de Condición del Pavimento (PCI) e Inspección Visual de Zonas y Rutas en Riesgo (VIZIR) para el mantenimiento vial. Para esto analizó dos vías representativas de la metrópolis de Puno que son la Av. Floral (Pavimento con asfalto) y el Jr. Carabaya (Pavimento con concreto de cemento). El resultado es que la superficie flexible de la vía Av. Floral está en un estado regular, el PCI es 49.35 y 41.91, y el valor promedio de VIZIR a la izquierda y derecha es 3 y 4 respectivamente; esto se debe a sus defectos más influyentes que son los agujeros, piel de cocodrilo y parches. Determina la necesidad de mantenimiento vial rutinario y periódico antes de la temporada de lluvias, resultando en un presupuesto de aproximadamente S / . 119.118,50. El estado promedio de la superficie rígida de la carretera de Jr. Carabaya es bueno, con un PCI de 67.30; determinando sus daños más influyentes son, losas divididas, grietas lineales y parches. Concluyó en que se requiere una reparación de rutina, pero también recomendó realizar un mantenimiento periódico antes de la temporada de lluvias, resultando en un presupuesto de aproximadamente S / . 266.720,21.

A continuación, se define algunas teorías y enfoques conceptuales concernientes al presente estudio:

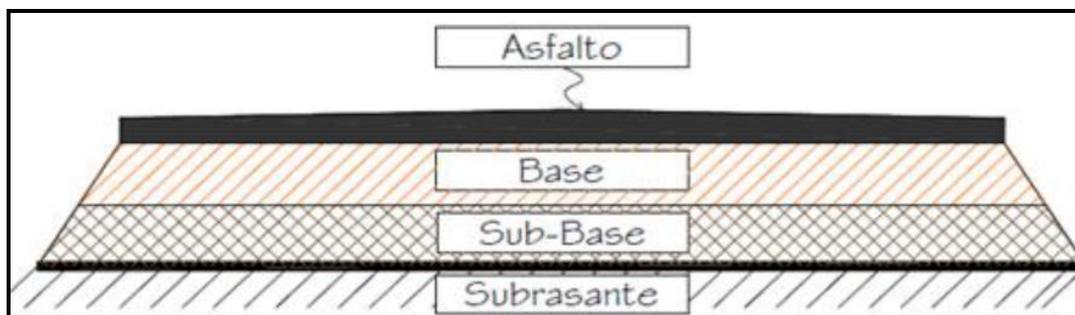
Una vía pavimentada está compuesta por una agrupación de estratos colocados correspondientemente horizontales, que están diseñados y elaborados por tecnología, utilizando materia prima apropiados y completamente consolidados; estas estructuras en capas soportan la sub rasante de la carretera adquirida a través de

movimiento de suelos durante el transcurso de inspección, y deben resistir completamente la tensión transferida a él por cargas de tráfico repetidas durante el diseño de la estructura del pavimento.

Describimos al pavimento como una estructura simple o compuesta con una capa de rodadura lisa definida, utilizado para el transporte de individuos, animales y unidades vehiculares. Ésta estructura se fija sobre una base adecuada, su propósito es proporcionar una superficie rodante que permita a los vehículos pasar de manera segura y cómoda bajo cualquier condición climática a la velocidad requerida. Donde los pavimentos se clasifican en; Pavimentos flexibles, pavimentos mixtos y pavimentos rígidos:

En el *pavimento flexible*, existen tres tipos habituales de estructuras: pavimento flexible con una capa de mezcla asfáltica que sirve de soporte para toda la estructura, y un pavimento flexible donde la capa de asfalto (tratamiento asfáltico) no ofrece soporte a la estructura, y por último el pavimento flexible conformado solo por capas granulares.

El pavimento flexible es un componente estructural generalmente formado por una carpeta de rodadura, base, subbase y subrasante, armado en todo su terreno, planteado y fabricado para resistir cargas inmóviles y/o cargas dinámicas durante un tiempo establecido por el cual convendrá aprobar alguna muestra de procedimiento para aumentar su período de vida.



**Figura 1.** Conformación de un pavimento flexible. (Armijos, 2009)

Los pavimentos mixtos son una combinación de diferentes tipos de estructuras de pavimentos de asfalto y concreto de cemento. Por lo general, la franja rígida está por debajo de la franja flexible. Generalmente, el pavimento compuesto incluye concreto o base de cemento Portland y cobertura de concreto de asfalto; a través de aglutinante hidráulico (cemento Portland) para estabilizar el suelo, se puede obtener un material con suficiente capacidad de carga para uso de camiones o aviones con capa base en la superficie de la carretera de alta resistencia.

Este tipo de pavimento también incluye los adoquines de concreto. Algunas ventajas técnicas de los pavimentos semirrígidos es que ofrece excelente rendimiento estructural, larga vida útil, ausencia de fatiga en la capa de asfalto y deformación extremadamente baja del lecho de la carretera.

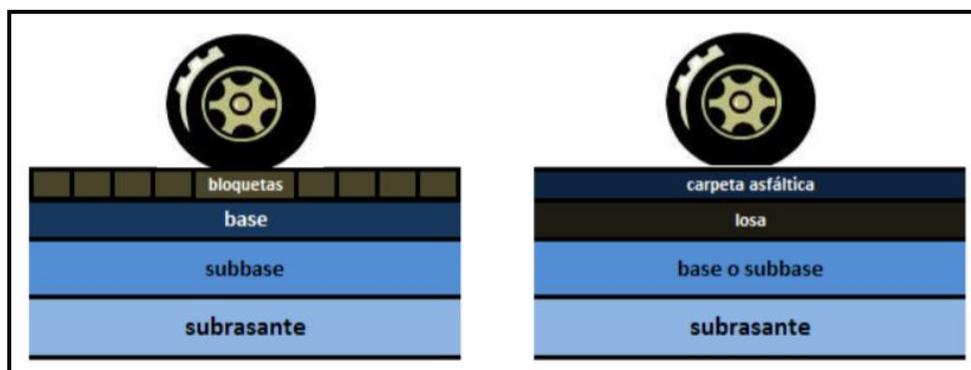
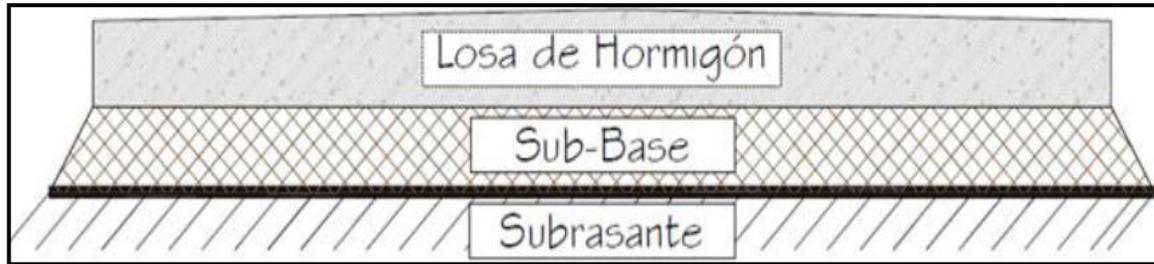


Figura 2. Sección típica de un pavimento mixto. (Rodríguez, 2009)

El pavimento rígido es una estructura especialmente construida por una franja de base granulada. Sin embargo, la franja puede ser granular o consolidado con asfalto, cemento o cal, y una franja laminada de losas de concreto de cemento hidráulico con componentes como adhesivos, conglomerados o aditivos.

Por otra parte, se puede decir que; el pavimento de hormigón hidráulico consiste en una capa base o una losa de hormigón directamente sobre el lecho de la carretera. Transfiere la tensión directa y minimamente al fondo, tiene auto resistencia y se tiene que controlar la porción de hormigón. El pavimento rígido también se clasifican en

losas de hormigón que pueden contener o no acero, este tipo de pavimento no puede doblarse a la deformación de la capa inferior.



*Figura 3.* Conformación de un pavimento rígido. (Armijos, 2009)

Cada sección del pavimento cumple diversas funciones como se describe a continuación:

La función más importante de la subbase es evitar el bombeo en las juntas, fisuras y los lados de la superficie de la carretera. Se puede entender que el material fino y el agua se bombean fuera de la estructura del pavimento debido a la penetración de agua a través de la junta de la losa. El agua que ha penetrado en las juntas licua el suelo fino de la calzada y lo evacua a la superficie bajo la presión ejercida por la carga que circula por la losa.

Por otra parte, la losa del pavimento rígido cumple la función de poner a disposición una superficie uniforme y segura para el tránsito, con textura y color adecuado, y soportar la abrasión del tránsito, así como la función estructural de resistir y transmitir el esfuerzo que se le aplica.

Para lograr el objetivo de este estudio asignaremos la metodología PCI:

Este método fue desarrollado por el Centro de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos entre 1974 y 1976 fue publicado por Shahin y Khon en 1978. El propósito es obtener un sistema de gestión de mantenimiento vial rígido y flexible. Además, este método es el más completo para evaluar objetivamente las superficies de las carreteras. Ha sido adoptado oficialmente como un procedimiento estandarizado y ha sido publicado como el método de aplicación ASTM D6433-03

como un procedimiento estándar para probar los índices de condición del pavimento de carreteras

*La metodología PCI* es un proceso que determina y/o proporciona el índice de condición del pavimento a través de un registro visual que se basa en los daños presentes en su capa superficial y así identificar el tipo de falla, evaluar su severidad y determinar su densidad. El PCI brinda un valor numérico del estado actual de la vía pavimentada en base a los daños identificados en el pavimento, que a la vez demuestra la integridad de la estructura y las condiciones de operación de la capa superficial. El PCI no puede calcular la magnitud estructural o medir directamente la resistencia al deslizamiento o la rugosidad. Para proporcionar un fundamento objetivo y razonable para definir las necesidades de mantenimiento, reparación y sus ventajas, se debe monitorizar continuamente el PCI para determinar el grado de deterioro de la superficie de la carretera, de modo que la necesidad de reparaciones adicionales se pueda determinar prematuramente. El PCI proporciona información sobre el comportamiento de la superficie de la carretera para verificar o mejorar los diseños y procedimientos de protección existentes.

*Las fallas* se definen como una serie de daños que aparecen en el pavimento, reducen su aplicabilidad y función y es un indicador externo del deterioro de la carretera; estas fallas a menudo ocurren debido a defectos de diseño, carga, causas ambientales, defectos de construcción o una mezcla de estas razones. Al realizar la identificación de fallas, se debe evaluar la calidad del viaje o del tráfico para calcular la gravedad respectiva; aunque existen varias formas de clasificar y medir la calidad del tráfico, esta cualidad está en relación a las averías y fallas que afectan la carretera.

*Los niveles de severidad* se refieren al grado de impacto de la falla o daño en la calidad del tráfico, esta severidad se clasifica de la siguiente manera:

L (Bajo): El vehículo sentirá la vibración, pero no necesita reducir la velocidad.

M (Medio): La vibración en el vehículo es grande y es necesario bajar la velocidad.

H (Alto): Si el vehículo vibra demasiado, la velocidad del vehículo debe reducirse considerablemente, lo que resulta en una incomodidad obvia o la posibilidad de causar peligro o daños graves al vehículo.

En el manual del PCI se considera 19 fallas en pavimento con superficie de concreto asfáltico y 19 fallas para pavimento de concreto articulado, los cuales se pueden observar en la tabla 1 y 2.

**Tabla 1**

*Resumen de las fallas del pavimento con superficie de concreto asfáltico*

<b>N<sup>a</sup></b>	<b>Tipo de falla</b>
1	Piel de cocodrilo
2	Exudación
3	Agrietamiento en bloque
4	Abultamientos y hundimientos
5	Corrugación
6	Depresión
7	Grieta de borde
8	Grieta de reflexión de junta
9	Desnivel carril / berma
10	Grietas longitudinales y transversales
11	Parcheo y acometidas de servicios públicos
12	Pulimento de agregados
13	Huecos
14	Cruce de vía férrea
15	Ahuellamiento
16	Desplazamiento
17	Grietas parabólicas
18	Hinchamiento
19	Meteorización / desprendimiento de agregados

Fuente: Adaptado de Pavement condition index (PCI), (Vásquez, 2002).

**Tabla 2**

*Resumen de las fallas del pavimento con superficie de concreto rígido*

<b>N°</b>	<b>Tipo de falla</b>
21	Blowup - Buckling.
22	Grieta de esquina.
23	Losa dividida.
24	Grieta de durabilidad "D".
25	Escala
26	Daño del sello de la junta.
27	Desnivel carril - berma.
28	Grietas lineales.
29	Parches grandes.
30	Parches pequeños.
31	Pulimento de agregados.
32	Popouts.
33	Bombeo.
34	Punzonamiento.
35	Cruce de vía férrea.
36	Desconchamiento, mapa de grietas, craquelado.
37	Grietas de retracción.
38	Descascaramiento de esquina.
39	Descascaramiento de junta.

Fuente: Adaptado de Pavement condition index (PCI), (Vásquez, 2002).

Considerando que el tipo de pavimento en estudio será el *pavimento rígido* se describe a continuación los distintos daños que se presentan según la Norma ASTM D6433-03.

Los *blowups* o *buckles*; se producen en tiempos cálidos, habitualmente en fisuras o juntas transversales, cuyo ancho no es suficiente para expandir la losa. El espacio insuficiente en general se debe a la penetración de materias en la cavidad de la junta. Cuando se propaga no puede eliminar la presión adecuada y se origina una alteración hacia arriba (pandeo) o la ruptura del borde de la placa cerca de la junta. De igual manera pueden aparecer en los cantos de los lavabos y zanjias donde se instalan los servicios públicos.

#### *Niveles de Severidad*

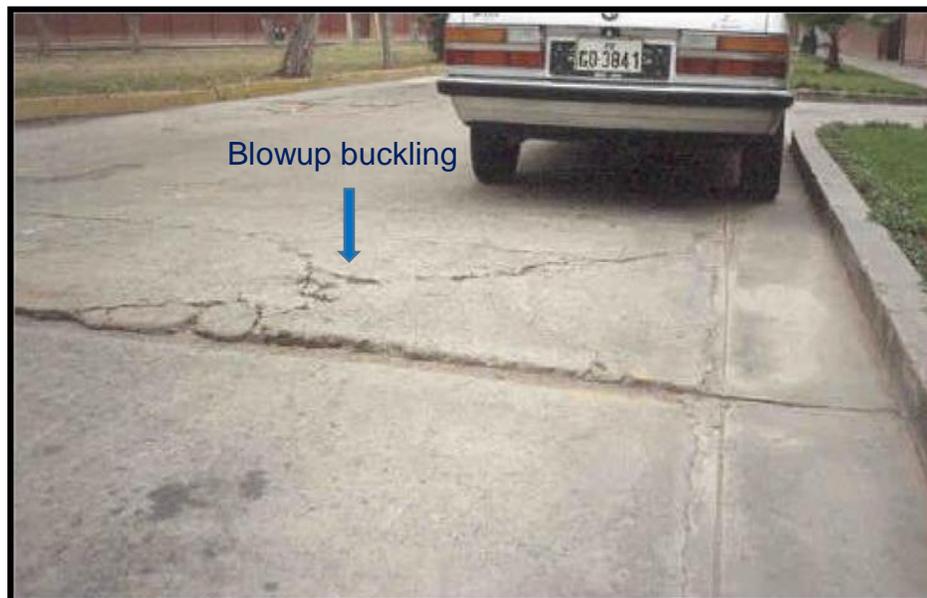
L: Cuando el pandeo o la rotura originan una calidad de tráfico leve.

M: Cuando el pandeo o la rotura originan una calidad de tráfico moderada.

H: Cuando el pandeo o la rotura originan una calidad de tráfico alto.

#### *Medida*

El pandeo en una fisura se considera en la losa como presente. No obstante, si se presenta en la junta afectando ambas losas, se contabilizará en ambas. Si la gravedad del pandeo inutiliza el piso, se debe reparar de forma inmediata.



**Figura 4.** Blowups o buckles. (Booz Allen et al. 1999)

*Una grieta de esquina;* es la ranura que corta la unión o los costados de la losa delimitador, y la diferencia a cada lado medida desde la esquina es menor a 1,30 m. Forma una losa triangular a través de la intersección de las juntas horizontal y vertical, que conforman un ángulo de 50° en el sentido del tráfico. Las grietas de las esquinas se incrementan verticalmente a lo largo de todo el espesor de la losa.

La diferencia entre una grieta de esquina y un desconchamiento de esquina es que una grieta de esquina se extiende verticalmente mediante todo el espesor de la losa, al igual que la otra que intersecta la unión en ángulo; comúnmente la carga, la pérdida de apoyo y la fuerza de alabeo. Causará grietas en las esquinas.

#### *Niveles de Severidad*

L: La fisura está determinada por una grieta de severidad leve.

M: La fisura está determinada por una grieta de severidad moderada.

H: La fisura está determinada por una grieta de severidad alta.

#### *Medida*

Si solo hay una grieta en una esquina, múltiples grietas de la resistencia especificada anteriormente o dos o más grietas de diferente gravedad, se registra como una losa dañada. Para 2 o más fisuras de esquina, se registrará la gravedad más alto.



**Figura 5.** Grieta de esquina. (Ministerio de transporte, 2006)

*La losa dividida*; por sobrecarga o soporte insuficiente, la losa puede partirse en cuatro o más piezas. Si la grieta de la esquina contiene todos los fragmentos o grietas, esta falla se considera como una fisura de esquina alto.

*Niveles de severidad*

*Tabla 3*

*Niveles de severidad para la falla de losa dividida*

Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos en la losa agrietada		
	IV a V	VI a VIII	VIII o más
L	L	L	M
M	M	M	H
H	M	M	H

Fuente: Pavement condition index (PCI), (Vásquez, 2002, p. 50)

*Medida*

Cuando este tipo de falla es de severidad mediana y alta, no debe registrarse los demás tipos de falla.



**Figura 6.** Losa dividida. (Booz Allen et al., 1999)

*Las grietas de durabilidad "D";* estas fallas son ocasionadas a causa del esparcimiento de grandes agregados a causa al desarrollo de congelación y descongelación, y el concreto se agrieta gradualmente con el tiempo. Por lo general, esta falla se muestra como un patrón de fisuras paralelo y cercano a la abertura o fisura lineal, dado que el concreto está saturado cerca de las aberturas y grietas, los depósitos oscuros generalmente se encuentran cerca de las fisuras "D". Esta clase de daño puede conducir a la destrucción definitiva de toda la placa de concreto.

#### *Niveles de severidad*

L: Cuando las fisuras "D" que envuelve el área de la losa son menores al 15%, en su mayoría las fisuras se encuentran cerradas y puede haber desprendimiento de algunos pedazos.

M: Cuando las fisuras "D" que cubren el área de la losa son menores al 15%, en su mayoría puede haber desprendimiento de pedazos o se pueden remover fácilmente. Cuando las fisuras "D" que cubren el área de la losa son mayores al 15%, en su mayoría las fisuras se encuentran cerradas y algunas piezas pueden desprenderse o se pueden remover fácilmente.

H: Cuando las fisuras "D" que cubren el área de la losa son mayores al 15%, en su mayoría las piezas se desprenden o se pueden remover fácilmente.

#### *Medida*

Cuando se identifica la falla y se determina un solo nivel de severidad, se establece como 1 placa de concreto, en caso de determinar varios márgenes de severidad, la placa de concreto se establece en nivel de severidad más alto.



*Figura 7.* Grietas de durabilidad "D". (Vásquez, 2002)

*Escala*; es el desnivel que se presenta entre dos losas vecinas con respecto a la junta. Algunas razones por las cuales se produce esta falla son; asentamiento debido a un suelo blando, la remoción del material base de la placa de concreto y cambios de temperatura o humedad que hacen que los cantos de la placa de concreto se deformen.

#### *Niveles de Severidad*

**Tabla 4**

*Niveles de severidad para la falla de escala.*

<b>Nivel de severidad</b>	<b>Diferencia en elevación</b>
L	0.3 a 1.0 cm
M	1.0 a 1.9 cm
H	Mayor que 1.9 cm

Fuente: Pavement condition index (PCI). (Vásquez, 2002, p. 54)

#### *Medida*

Cuando hay desnivel mediante la abertura de dilatación entre losas se contabiliza como una placa de concreto. Solo se contabiliza las placas de concreto afectadas. El desnivel mediante una fractura no se cuenta como falla, pero si se considera para determinar el nivel de severidad de la grieta.



**Figura 8.** Escala. (Torres, 2018, p31)

*Daño del sello de la junta;* esta falla es causado por diferentes condiciones, el suelo o las rocas se acumularán en las aberturas de dilatación o permitirán que se filtren grandes cantidades de agua.

El desgaste del sello de la abertura de dilatación puede ser causado por la remoción o pérdida del material de sellado, el endurecimiento por oxidación del material de sellado o la disminución de consistencia al borde del tablero.

#### *Niveles de Severidad*

L: Cuando el sellante se encuentra en optima condición.

M: Se halla en una condición moderada.

H: Se halla en buena condición con una o más fallas en un grado severo.

#### *Medida*

La falla de sellante en la abertura de dilatación no se cuenta uno por uno, tal que son calificados según la condición total dentro del área estudiada.



**Figura 9.** Daño del sello de la junta. (Ministerio de transporte instituto nacional de vías, 2006)

*El desnivel carril / berma;* es la distancia que se muestra entre la erosión de la berma y el extremo de la superficie en la carretera. La distinción de altura puede ocasionar un peligro en la vía. También en ocasiones se debe a una mayor penetración de agua.

#### *Niveles de severidad*

L: El desnivel de carril y berma se encuentra entre 2.5 cm y 5.1 cm

M: El desnivel se encuentra entre 5.1 cm a 10.2 cm

H: Los desniveles son mayores a 10.2 cm

#### *Medida*

Se calcula el promedio de las diferencias grandes y pequeños a lo extenso de la losa, cada losa debe registrarse de forma separada determinando su nivel de severidad.



**Figura 10.** Desnivel carril / berma. (Vásquez, 2002)

*Las grietas lineales;* la división de una losa en 2 o 3 piezas suele deberse al efecto combinado de cargas de tráfico repetidas y alabeos provocados por gradientes de calor o humedad. Un tablero dividido en cuatro o más piezas se cuenta como un tablero dividido. Las grietas capilares que tienen varios centímetros de largo y no se expanden por completa la longitud de la placa se consideran fisuras por contracción.

## Niveles de severidad

**Tabla 5**

*Niveles de severidad para grietas lineales (longitudinales, transversales y diagonales)*

<b>Nivel de severidad</b>	<b>Losa sin refuerzo</b>	<b>Losa con refuerzo</b>
L	Ranuras sin sellar con un ancho inferior a 1,2 cm (incluido relleno insuficiente), o grietas selladas de cualquier ancho con el relleno en buen estado. No hay escala.	Ranuras sin sellar con un ancho de 0.3-2.5cm, o use masillas para sellar grietas de diferentes anchos en buenas condiciones. No hay dimensión.
	Ranuras sin sellar con un ancho entre 1,2 cm y 5,1 cm.	La ranura sin sellar es de 2,5 cm a 7,6 cm de ancho, sin dimensiones.
M	Cualquier ranura sin sellar con un ancho no superior a 5,1 cm y una graduación inferior a 1,0 cm.	Cualquier ranura sin sellar que no exceda los 7,6 cm de ancho y menos de 1,0 cm de tamaño.
	Ranura sellada de diferentes anchos con medida inferior que 1.0 cm.	Ranura sellada de cualquier ancho con dimensión hasta de 1.0 cm.
H	Ranura no sellada con anchos mayor que 5.1 cm.	Ranura no sellada de más de 7.6 cm de ancho.
	Ranura sellada o no de diferentes anchos con medidas superior que 1.0 cm.	Ranura sellada o no de distintos ancho y con dimensión superior que 1.0 cm.

Fuente: Adaptado de Pavement condition index (PCI), (Vásquez, 2002).

## Medida

Después de determinar la gravedad se considera el daño de una losa. Cuando se producen dos fracturas de gravedad intermedia en la losa, se considera que la losa tiene una grieta de gravedad alta. Una losa dividida en 4 o más piezas se cuenta como un daño de losa dividida. Las placas de más de 9,10 m se dividen en losas de poco más o menos la misma longitud y juntas falsas, asumiendo que están en un estado ideal.



*Figura 11.* Grieta longitudinal. (Ministerio de transporte instituto nacional de vías, 2006)



*Figura 12.* Grieta transversal. (Ministerio de transporte instituto nacional de vías, 2006)

*Parche grande (superior de 0.45 m<sup>2</sup>) y acometidas de instalaciones públicos;* es una dimensión en que las losas originales fueron cambiados por un nuevo material. Los cortes de servicios públicos son parches que reemplazan al concreto inicial para conceder la instalación o la conservación de conexiones subterráneas.

El nivel de gravedad del perforado de instalaciones públicos es el mismo que el de los parches regulares.

#### *Niveles de severidad*

L: Cuando el parche no presenta ningún deterioro o daño leve y se encuentra en buen funcionamiento.

M: Cuando el parche presenta daño moderado y descascaramiento en los bordes.

H: Cuando el parche presenta deterioro alto.

#### *Medida*

Si se considera que una losa presenta varios retoques con idéntico nivel de gravedad, se reconoce como una losa que presenta esa falla. Si la losa tiene distintos niveles de gravedad, se considera la losa que tiene el nivel de gravedad más alto. Si el objeto remiendo es más grave, solo se considera el desperfecto original.



*Figura 13.* Parche grande. (Espinoza y Miranda, 2020)

*Parche pequeño (inferior de 0.45m<sup>2</sup>);* es la zona en donde las losas originales fueron cambiados por un nuevo material.

### *Niveles de Severidad*

L: El parche obtiene poco desgaste.

M: El parche obtiene daño moderado.

H: El parche se encuentra muy dañado.

### *Medida*

Si se considera que una losa presenta varios pedazos con mismo nivel de gravedad, se cuenta como un paño que presenta ese daño. Si un paño de concreto tiene distintos niveles de gravedad, se considera el nivel de gravedad más alto. Cuando el pedazo es más grave, solo se considera el deterioro original.



**Figura 14.** Parche pequeño. (Flores, 2016, p47 )

*Pulimento de agregados*, esta falla se refiere al hecho de que la superficie de la capa de rodadura es demasiado lisa debido al pulido del árido que lo constituye. La ausencia o desgaste de la textura de la superficie elemental para una fricción suficiente entre la superficie de la carretera y el neumático.

### *Niveles de Severidad*

No determinan el nivel de gravedad, no obstante, la cantidad del pulido tendrá que ser considerable para registrarlo y calificarlo como daño.

### *Medida*

Se cuenta el pulimento por losa.



*Figura 15.* Pulimentos de agregados. (Mundaca, 2019, p64)

*Popout* es un trozo pequeño de concreto y se desprende de la parte superficial del pavimento. Esto en ocasiones se debe a pedazos blandos o virutas de madera dañadas y desgastadas con la congestión del tránsito. Cambia en medida, desde 2.5 cm a 10.2 cm de diámetro y 1.3 cm a 5.1 cm de espesor.

### *Niveles de severidad*

No determinan el nivel de gravedad, pero, el popout tendrá que ser considerable para registrarlo y calificarlo como daño. En la losa debe ser considerable la densidad y no debe superar tres por m<sup>2</sup>.

### *Medida*

Definir la densidad de la falla, en caso de existir dudas sobre el valor medio superior a tres daños de popout emergentes por metro cuadrado se debe comprobar

mínimamente tres áreas en un metro cuadrado seleccionadas al azar. Se considera la losa cuando el valor promedio son mayores que la densidad.



**Figura 16.** Popout. (Ministerio de transporte instituto nacional de vías, 2006)

El bombeo es un fenómeno en el que el agua entre la superficie inferior de la losa de hormigón y su cimentación se ve obligada a drenar al exterior a través de las juntas, aristas y fisuras de la calzada debido a la deflexión provocada por el paso de objetos pesados. El agua puede arrastrar material de grano fino suspendido para formar huecos o cavidades debajo de la losa.

#### *Niveles de Severidad*

No determinan la elevación de gravedad, por lo tanto, solo se registra la acción del daño.

#### *Medida*

El bombeo de la abertura ocasionado por dos paños de concreto se cuenta por separado, sin embargo, si las juntas de los bordes del paño de concreto presentan este daño se debe considerar una placa por cada abertura que se adiciona.



*Figura 17.* Bombeo. (Vásquez, 2002)

*Punzonamiento*, este tipo de falla es que el área local de la losa se rompe en pedazos. Teniendo distintas formas, pero generalmente se define por una ranura y una junta o dos ranuras muy poco espaciadas, normalmente a 152 cm de distancia. Este deterioro es generado por productos pesados repetidos, grosor de placa insuficiente, disminución de resistencia de la cimentación o defectos locales de la estructura de concreto.

*Niveles de Severidad*

**Tabla 6**

*Niveles de severidad para la falla de punzonamiento*

Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos		
	II a III	IV a V	Más de V
L	L	L	M
M	L	M	H
H	M	H	H

Fuente: Pavement condition index (PCI), (Vásquez, 2002, p. 70)

*Medida*

Cuando varios punzonamientos se manifiestan en un paño de concreto se considera como si tendría presente uno con severidad alta.



**Figura 18.** Punzonamiento. (Booz Allen et al. 1999)

*El deterioro de cruce de vía férrea se identifica por hundimientos o derrame al borde del carril.*

*Niveles de severidad*

L: El daño origina calidad de tráfico leve.

M: El daño origina calidad de tráfico moderado.

H: El daño origina calidad de tráfico alto.

*Medida*

Se considera las losas que son atravesadas por los carriles. Cualquier bache que se produce a causa de los rieles se registra como parte de la intersección.



**Figura 19.** Cruce de vía férrea. (Paucar, 2019, p52)

*Desconchamiento, craquelado*; se detalla a una red de fracturas diminutas o finas que solo se expanden el área superficial del concreto.

Debido al desprendimiento de pequeñas piezas de hormigón, el exterior de la placa se agrietó a una excavación de 0.6 a 1.3 cm. Las ranuras estrechas son una cuadrícula de grietas superficiales muy pequeñas que solo se extienden a lo largo de la plataforma superior del concreto y las grietas generalmente se cruzan en una inclinación de 120° y se desarrollan según la intensidad del tráfico, lo que lleva a un desconchado y un desconchado gradual.

#### *Niveles de Severidad*

L: Cuando se cuartea gran parte de la losa; solo presenta descascaramiento en menor cantidad y se encuentra en una condición buena.

M: Cuando el descascaramiento de la losa no sobrepasa el 15% del área de la losa en estudio.

H: Cuando el descascaramiento de la losa es mayor que el 15% del área de la losa en estudio.

#### *Medida*

Se registra como una losa en caso que la losa presente descascaramiento. El craquelado con severidad leve se cuenta solo si el descascaramiento es inminente o existe algunos pedazos desprendidos.



**Figura 20.** Desconchamiento. (Booz Allen et al. 1999)

*Grietas de retracción;* son ranuras superficiales, generalmente de pocos centímetros de largo, y no se expanden por toda la longitud de la placa de concreto. Se integran durante la solidificación y resanado del hormigón y, por lo general, no se expanden por todo el grosor de la placa de concreto.

#### *Niveles de Severidad*

No determinan el nivel de gravedad, sin embargo, solo se registra la existencia del daño si está presente.

#### *Medida*

Se cuenta como una losa si existe varias fisuras de contracción.



**Figura 21.** Grietas de retracción. (Ministerio de transporte instituto nacional de vías, 2006)

*Descascaramiento de esquina;* es el daño que aproximadamente a 0,6 m de la esquina se encuentra la fractura de la losa.

La diferencia de una pieza de esquina con una grieta de esquina es que la pieza de esquina generalmente se inclina para abajo e interceptar la junta, donde la ranura se alarga de figura vertical, pasando por la esquina de la placa de concreto. No se registrarán los descascaramientos de menos de 12.7 cm medidos iniciando de la fisura hasta ambos extremos de la esquina.

### *Niveles de severidad*

El daño en estudio que tengan áreas menores a 64.52 cm<sup>2</sup> iniciando de la fractura hasta el borde en ambos lados no se contabiliza.

**Tabla 7**

*Nivel de Severidad para la falla en Descascaramiento de Esquina.*

<b>Profundidad del descascaramiento</b>	<b>Longitudes de los bordes del descascaramiento</b>	
	<b>12.7 x 12.7 cm a 30.5 x 30.5 cm</b>	<b>Mayor que 30.5 x 30.5 cm</b>
Menor de 2.5 cm	L	L
> 2.5 cm a 5.1 cm	L	M
Mayor de 5.1 cm	M	H

Fuente: Pavement condition index (PCI), (Vásquez, 2002, p. 77)

### *Medida*

Si se considera que una placa de concreto presenta varios descascaramientos con igual nivel de gravedad, se considera como una placa de concreto que presenta esa falla. Si una placa de concreto tiene distintos niveles de gravedad, se considera la placa de concreto con el nivel de gravedad más elevado.



**Figura 22.** Descascaramiento de esquina. (Ruiz, 2011)

*Descascaramiento de junta*; es el agrietamiento o desintegración del borde de la placa de concreto dentro de los 60 cm de la abertura o esquina. Normalmente, no cruzan la placa de concreto perpendicularmente, sino intersecan la abertura en ángulo.

Esta falla se origina a causa del empuje desmedido originado en las aberturas de dilatación por las sobrecargas de tráfico y/o la penetración de objetos incompresibles; y también debido al sobretratamiento, el hormigón de la junta es más débil.

#### *Niveles de Severidad*

Las juntas deterioradas (donde el hormigón se ha desgastado en toda la abertura de dilatación) se clasifican como gravedad baja.

**Tabla 8**

*Niveles de Severidad para la falla en Descascaramiento de Junta*

Fragmentos del Descascaramiento	Ancho del desconchamiento	Longitud del desconchamiento	
		< 60 cm	> 60cm
Duros: No es fácil de mover (se pueden perder muy pocas piezas).	< 10.2 cm	L	L
	> 10.2 cm	L	L
Suelos: Se pueden mover y se pueden perder varias partes. Si faltan todas las piezas, los desconchamientos son superficiales y tienen menos de 2,5 cm.	< 10.2 cm	L	M
	> 10.2 cm	L	M
Desaparecidos: Todas las piezas han sido movidos.	< 10.2 cm	L	M
	> 10.2 cm	M	H

Fuente: Pavement condition index (PCI), (Vásquez, 2002, p. 79)

#### *Medida*

Si este daño ocurre en el canto de la placa de concreto, se considera como una falla de descascaramiento de junta. Cuando el daño es superior a un canto de la misma placa de concreto se considera el borde de nivel severo. El desprendimiento de la

unión puede ocurrir en los cantos de dos placas de concreto continuas, cada placa de concreto debe ser considerada con el daño.



*Figura 23.* Descascamiento de junta. (Ruiz, 2011)

El manual del PCI nos indica que debemos seguir un procedimiento para lograr el objetivo del estudio. Tenemos como primer paso determinar las unidades de muestra a ser estimadas considerando que para pavimentos de concreto rígido sean con longitudes inferiores al 7.60m; el área de la unidad de muestra debe estar dentro del rango  $20 \pm 8$  Losas.

Para la valoración de un estudio se debe revisar la totalidad de unidades; sin embargo, en el caso de no ser posible, la cantidad mínimo de unidad de muestra a evaluar se obtiene de la siguiente ecuación ya que produce una estimación del valor promedio real de PCI  $\pm 5$ , y una veracidad de 95%.

$$n = \frac{N * \sigma^2}{\frac{e^2}{4} * (N - 1) + \sigma^2}$$

Donde:

N: Totalidad de unidades de muestra en el componente de pavimento.

e: Error admisible estimado del PCI del componente (e=  $\pm 5\%$ ).

$\sigma$ : Desviación estándar del PCI de las unidades de prueba.

A lo largo del registro inicial, se toma una desviación estándar PCI de la superficie de la carretera siendo 10 en pavimento asfáltico (rango PCI 25) y 15 para pavimento de concreto (rango PCI 35).

Cuando la cantidad mínima de unidades a evaluar son menores que 5 ( $n < 5$ ), todas las unidades necesitarán ser evaluadas.

Una vez que se determina la cantidad de unidades de muestra, se podrá distribuir equidistantemente a lo extenso de la carretera, y primeramente debe seleccionarse al azar. Para el cálculo del intervalo de espaciamiento de las unidades tenemos la siguiente ecuación:

$$i = \frac{N}{n}$$

Donde:

N: Cantidad total disponible de unidades de muestra.

n: Cantidad mínimo de unidades de muestra a ser evaluadas.

i: Intervalo de muestreo donde se iguala al número entero inferior.

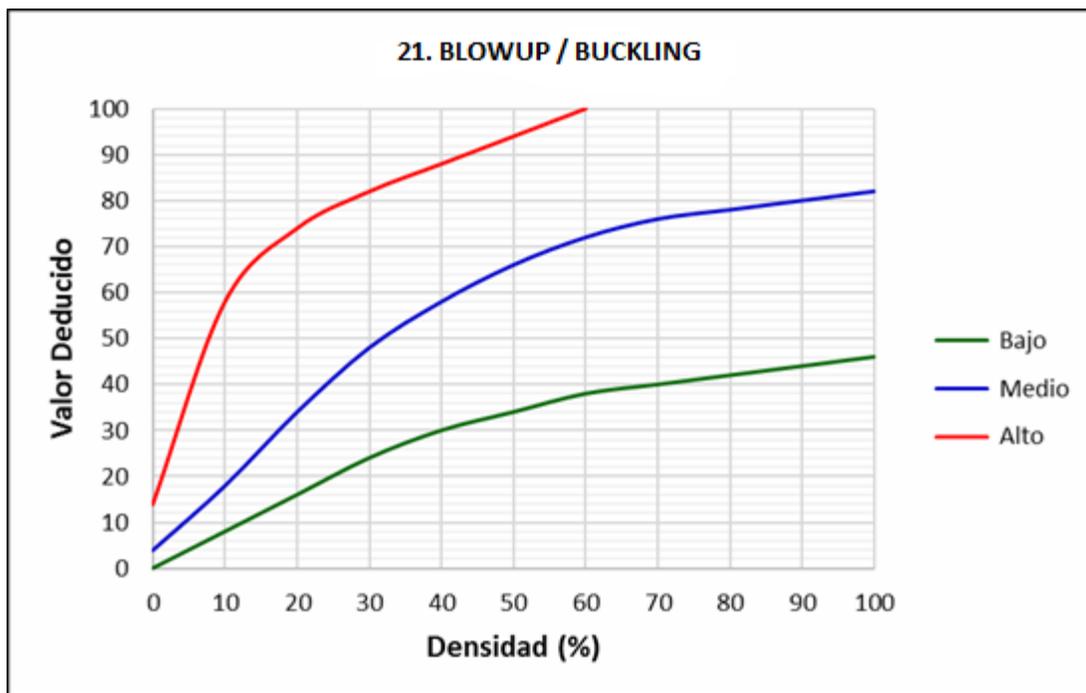
No obstante, si se necesitan números de fallas precisas en los formularios de licitación, se deberán inspeccionar la totalidad y cada una de las unidades de muestra.

*El procesamiento de datos del PCI se establece en los resultados de la lista de verificación percibido visualmente de las condiciones de la carretera. Lo que determina el nivel, la gravedad y la cantidad de cada muestra de desperfecto. mediante el método PCI obtenemos indicadores de integridad estructural de la placa de concreto y condiciones de operación del pavimento y la superficie de rodadura.*

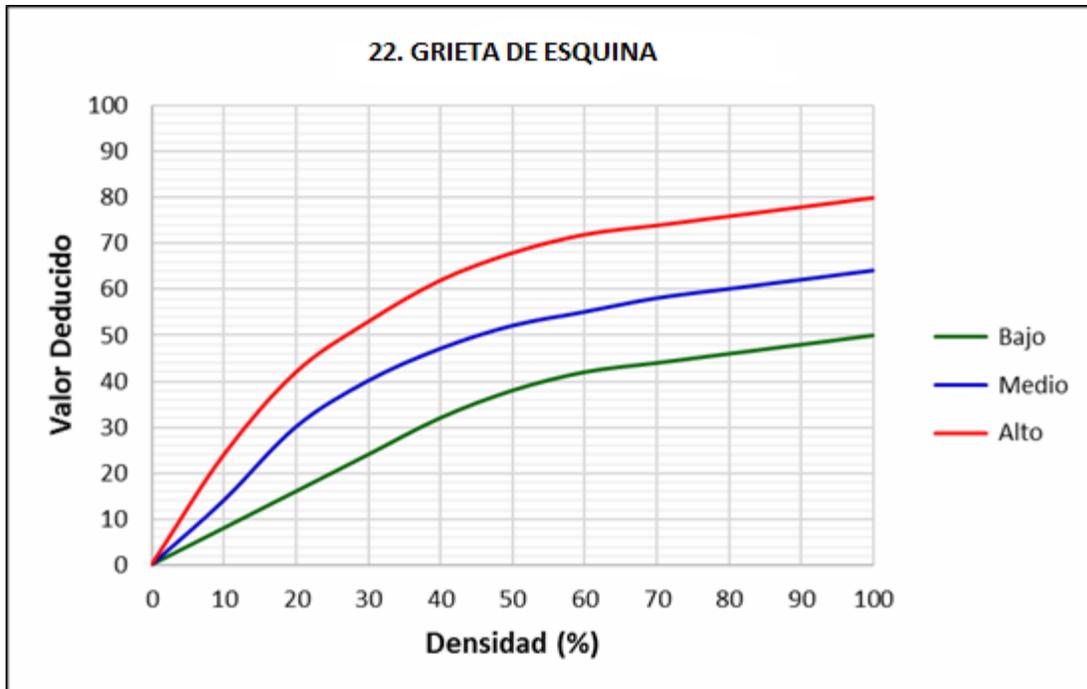
El daño a los elementos principales de la carretera es una función de la categoría del daño, y los tres factores son la gravedad y la cantidad o densidad del daño. Para superar esta dificultad, el "valor deducido" se utilizará para mostrar el impacto de cada nivel de daño, densidad y severidad en la superficie de la carretera.

El cálculo del PCI indica que, para calzadas rígidas con superficie de rodadura de placa de concreto, debe considerarse cuatro etapas siendo estas las siguientes: Cálculos de los valores deducidos, cifra admisible máximo de deducidos (m), máximo valor deducido corregido (CDV) y cálculo del PCI restando de cien (100) el máximo CDV.

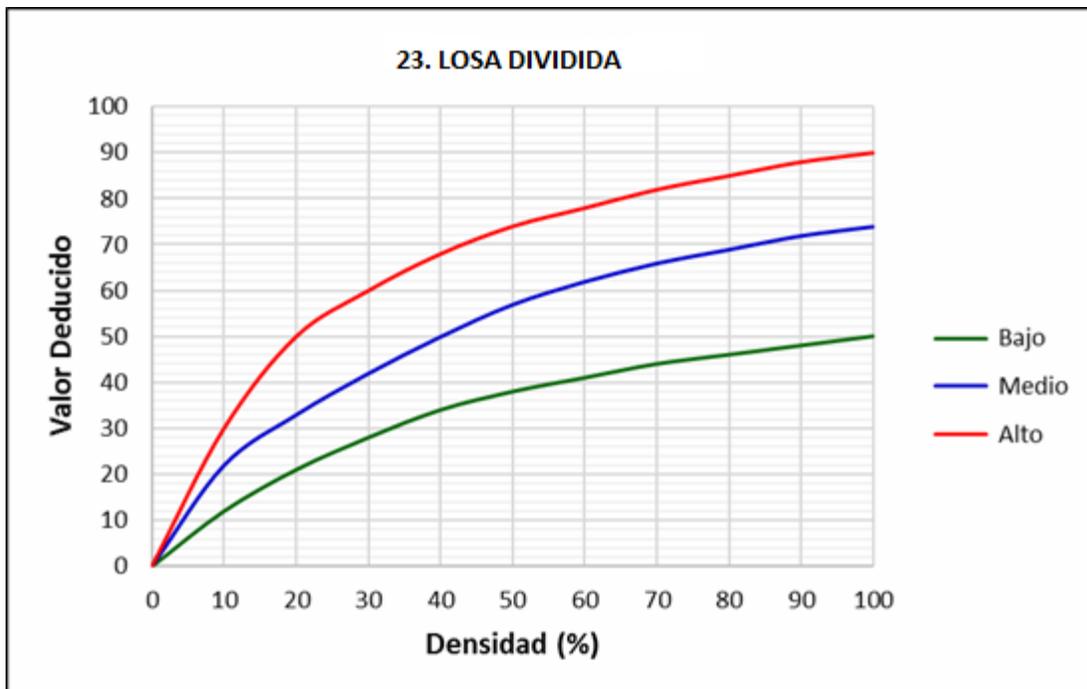
Como *primera etapa* tenemos el cálculo de los valores deducidos que se determina contabilizando la cantidad de losas en las que se registran los distintos tipos de fallas y su respectiva severidad previamente anotados en los formatos del PCI y luego se divide la cantidad de losas ya contado entre la cantidad de placas de concreto de la unidad de muestreo; este dato obtenido es la densidad expresado en porcentaje (%) por cada aleación de tipo y nivel de severidad de falla. Por último, se comprueba los valores deducidos recurriendo las curvas de valores deducidos de falla adecuada según los siguientes ábacos basados en la Norma:



**Figura 24.** Curva de valor deducido para el daño Blowup / Buckling. (Torres, 2018)



*Figura 25.* Curva de valor deducido para el daño grieta de esquina. (Torres, 2018)



*Figura 26.* Curva de valor deducido para el daño losa dividida. (Torres, 2018)

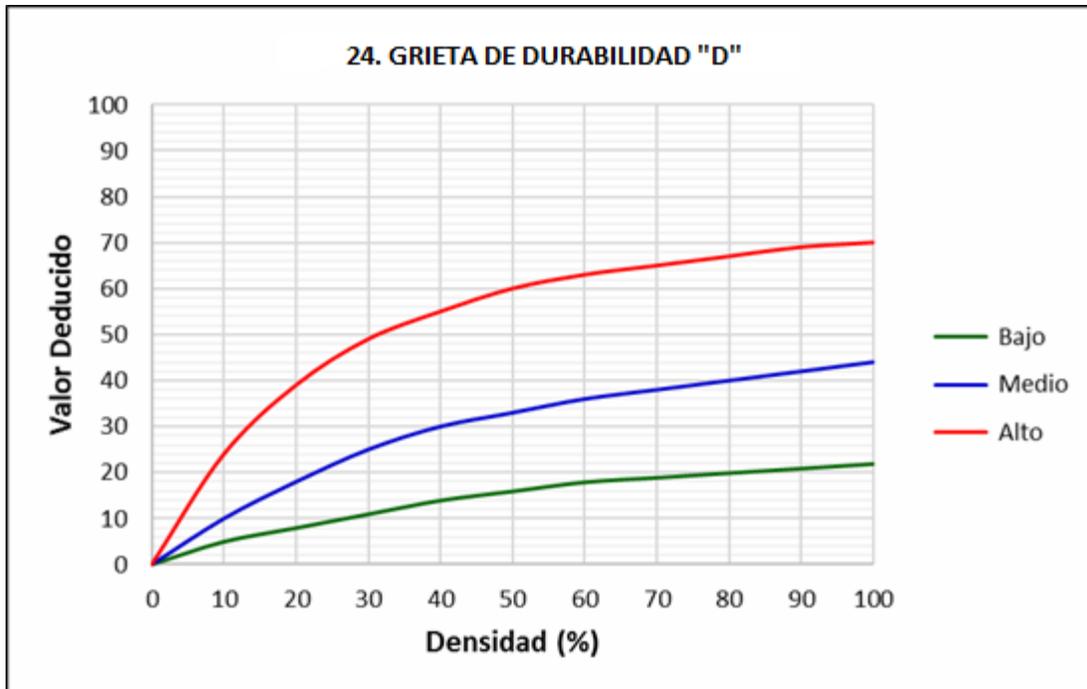


Figura 27. Curva de valor deducido para el daño grieta de durabilidad "D". (Torres, 2018)

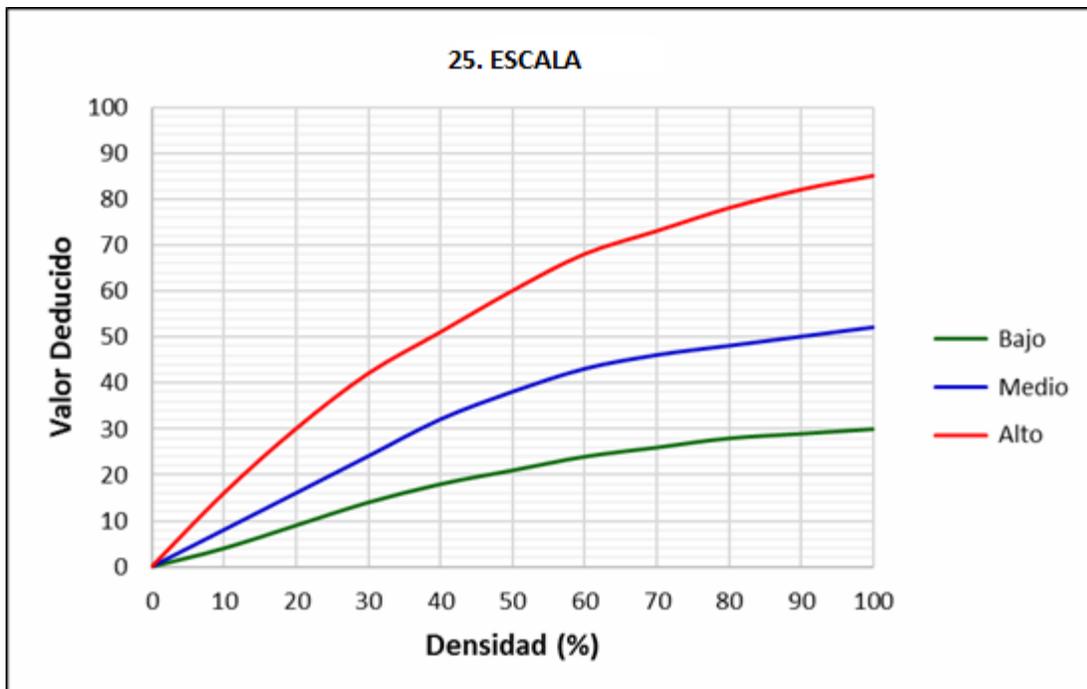


Figura 28. Curva de valor deducido para el daño escala. (Torres, 2018)

26. DAÑO EN EL SELLO DE LA JUNTA		
El daño del sello de la junta no está clasificado por densidad. La densidad de la falla está determinada por el estado general de los selladores para una unidad de muestra en particular. Los valores deducidos para los niveles de severidad son:		
<b>Bajo = 2 puntos</b>	<b>Medio = 4 puntos</b>	<b>Alto = 8 puntos</b>

Figura 29. Curva de valor deducido para el daño Blowup / Buckling. (Torres, 2018)

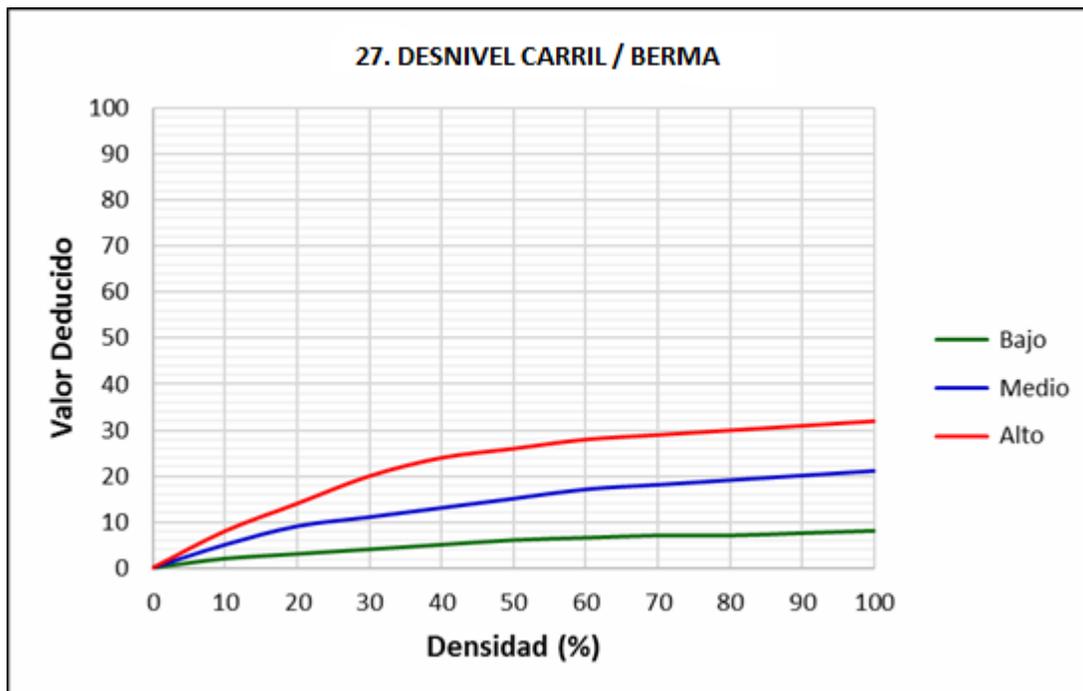
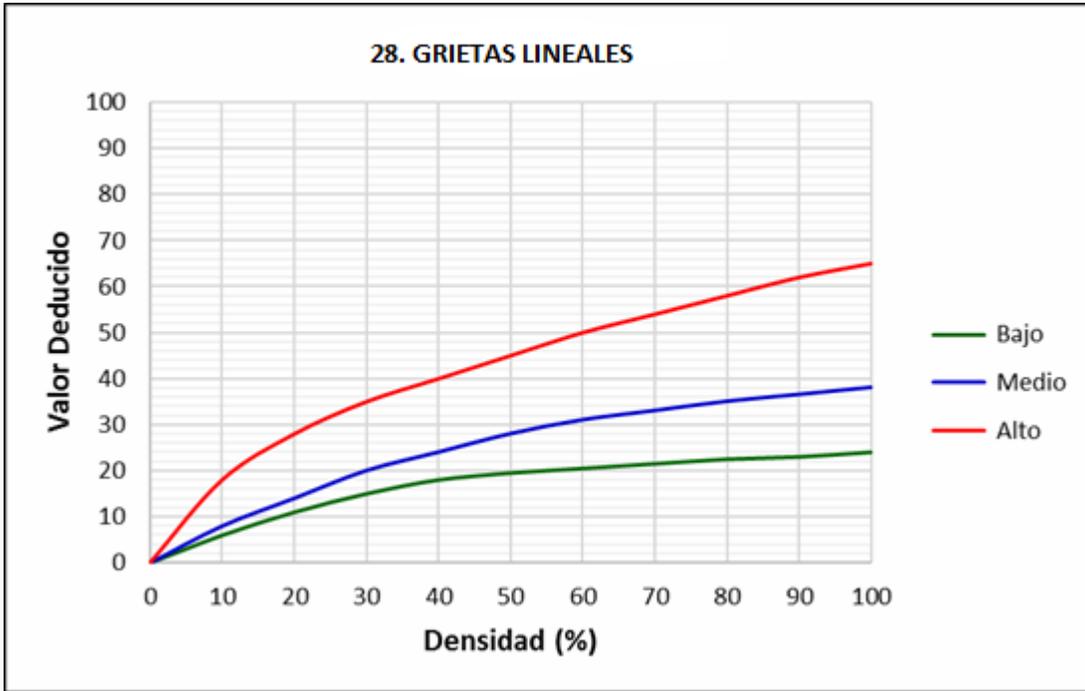
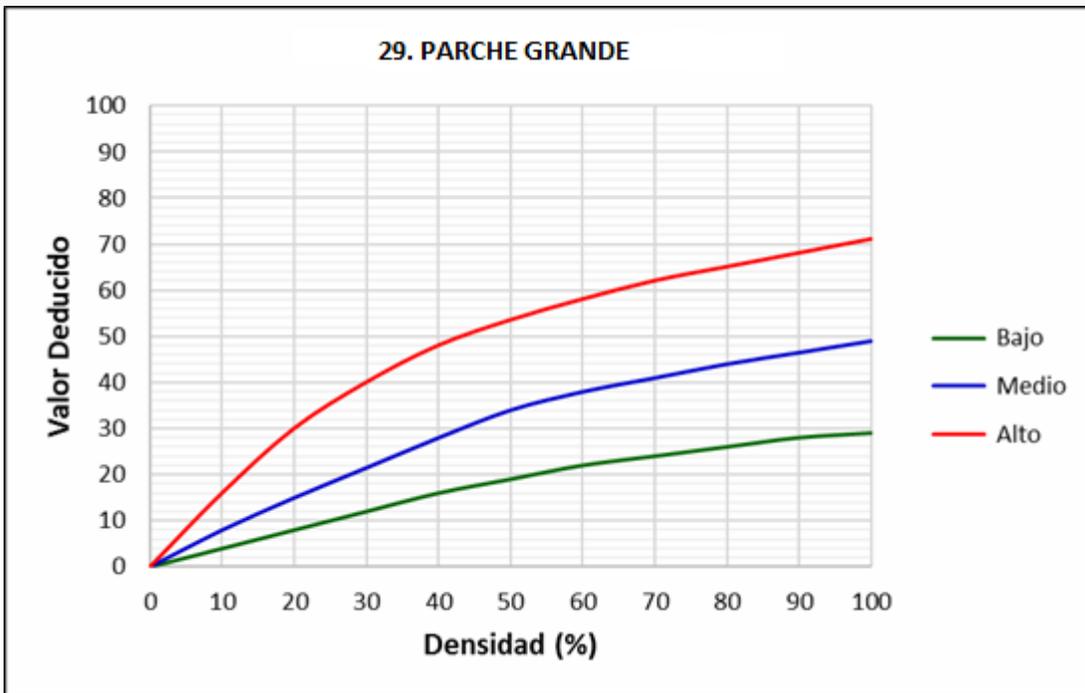


Figura 30. Curva de valor deducido para el daño desnivel carril / berma. (Torres, 2018)



*Figura 31.* Curva de valor deducido para el daño grietas lineales. (Torres, 2018)



*Figura 32.* Curva de valor deducido para el daño parche grande. (Torres, 2018)

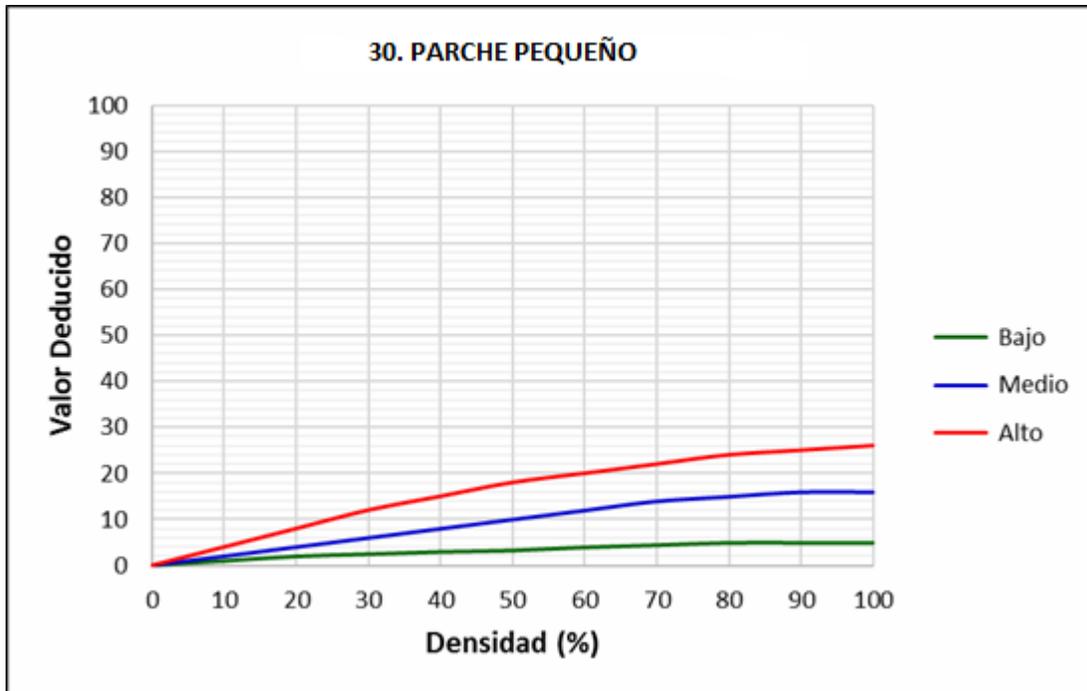


Figura 33. Curva de valor deducido para el daño parche pequeño. (Torres, 2018)

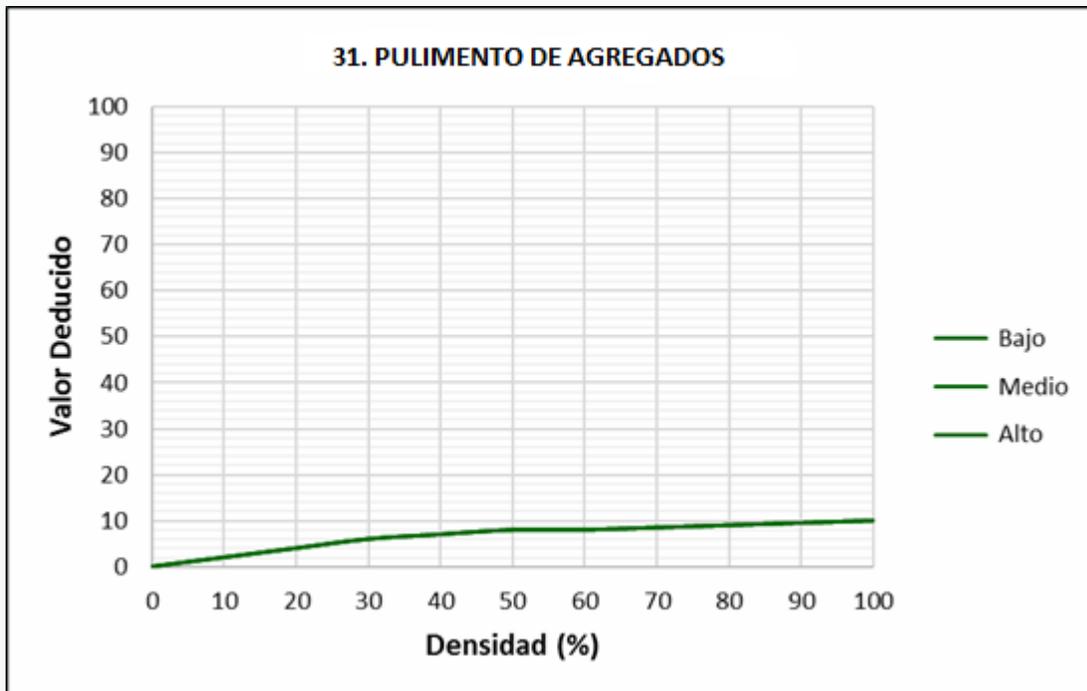


Figura 34. Curva de valor deducido para el daño pulimento de agregados. (Torres, 2018)

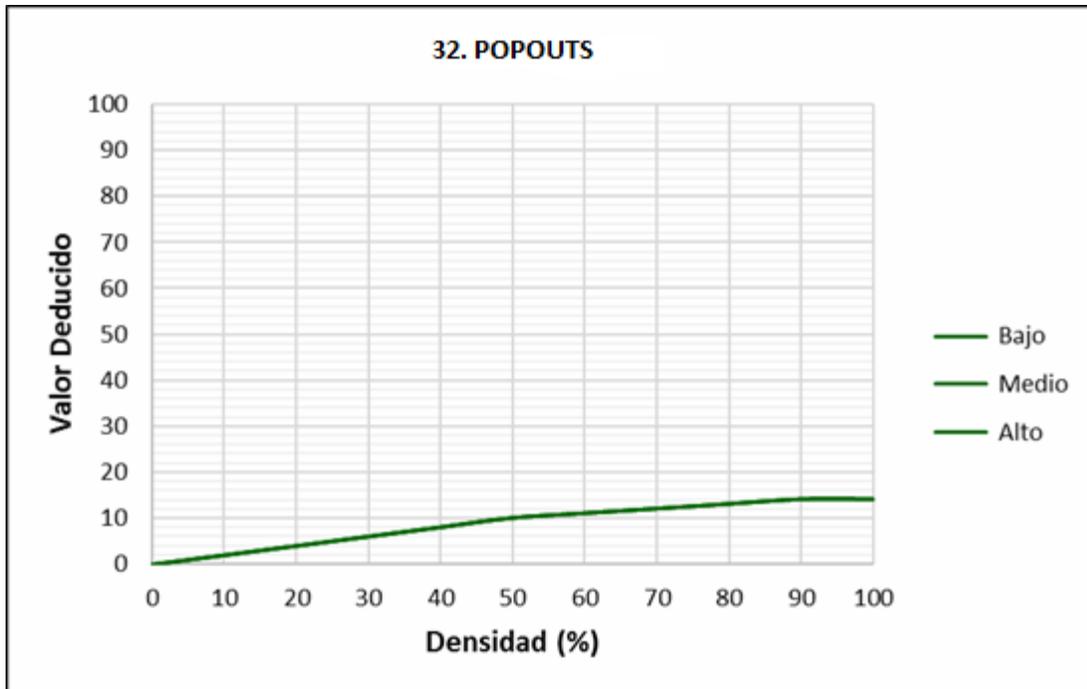


Figura 35. Curva de valor deducido para el daño popouts. (Torres, 2018)

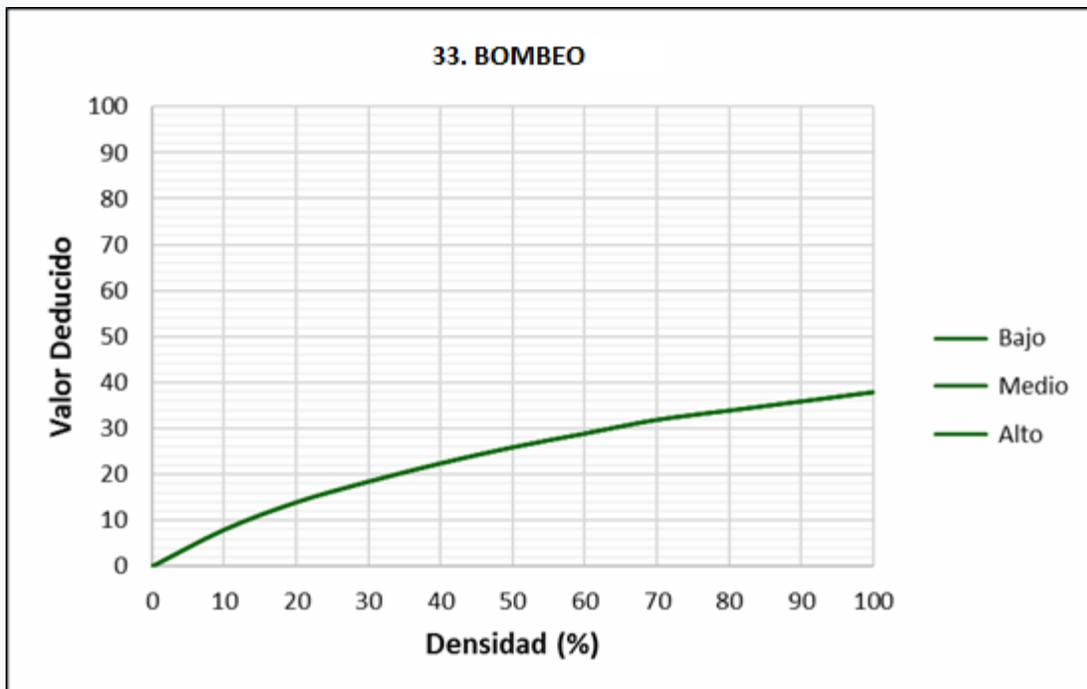


Figura 36. Curva de valor deducido para el daño bombeo. (Torres, 2018)

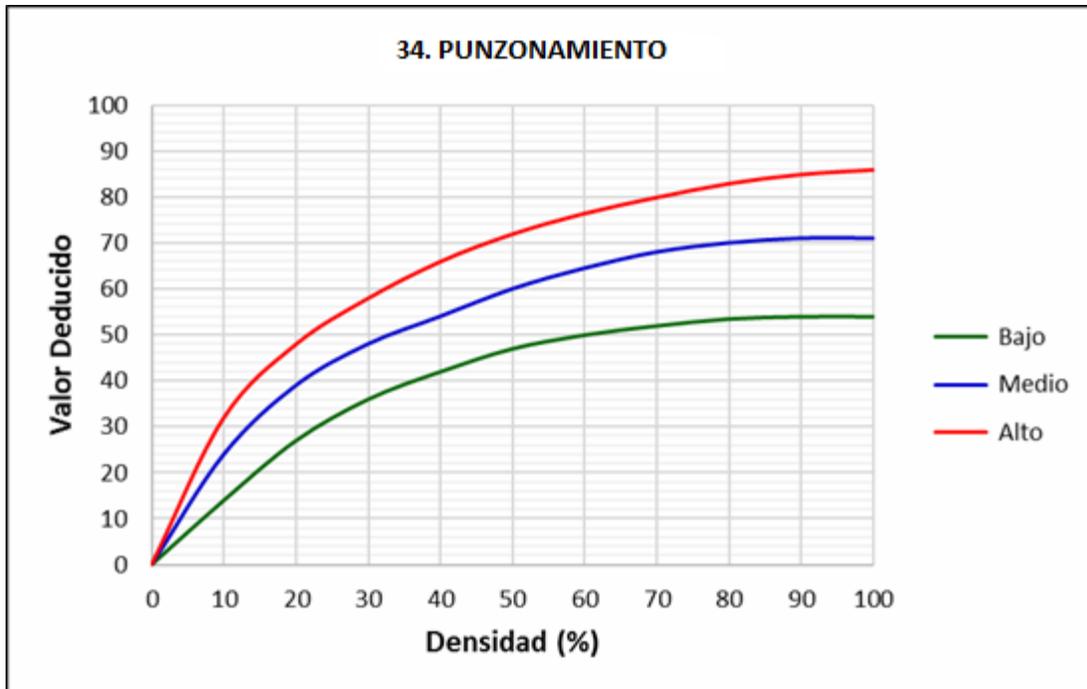


Figura 37. Curva de valor deducido para el daño punzonamiento. (Torres, 2018)

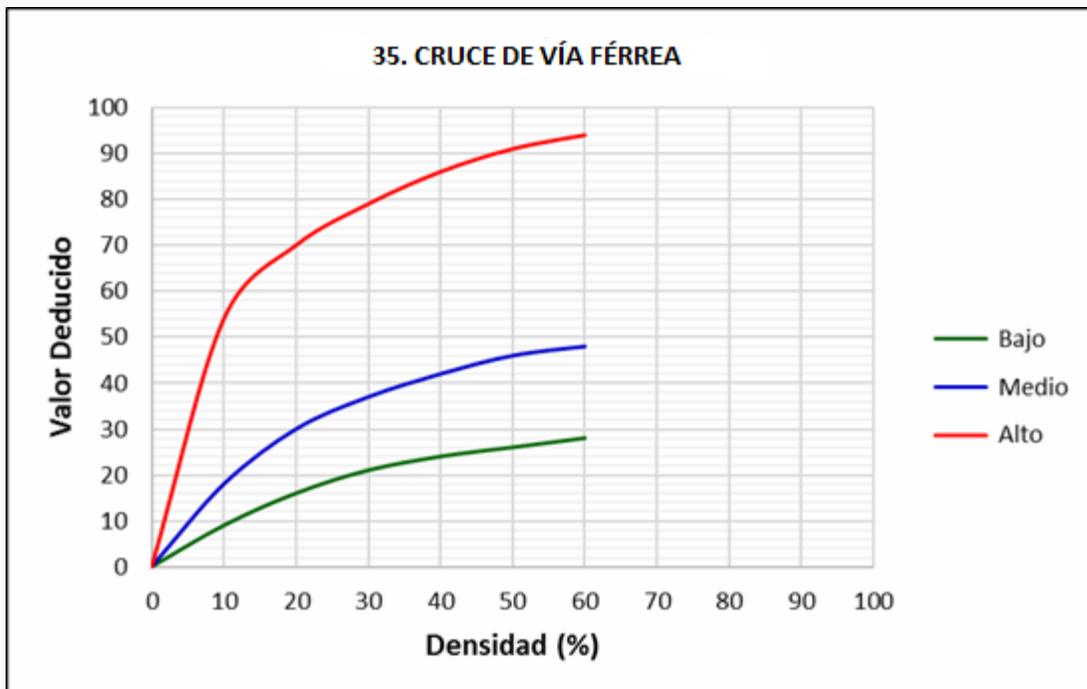
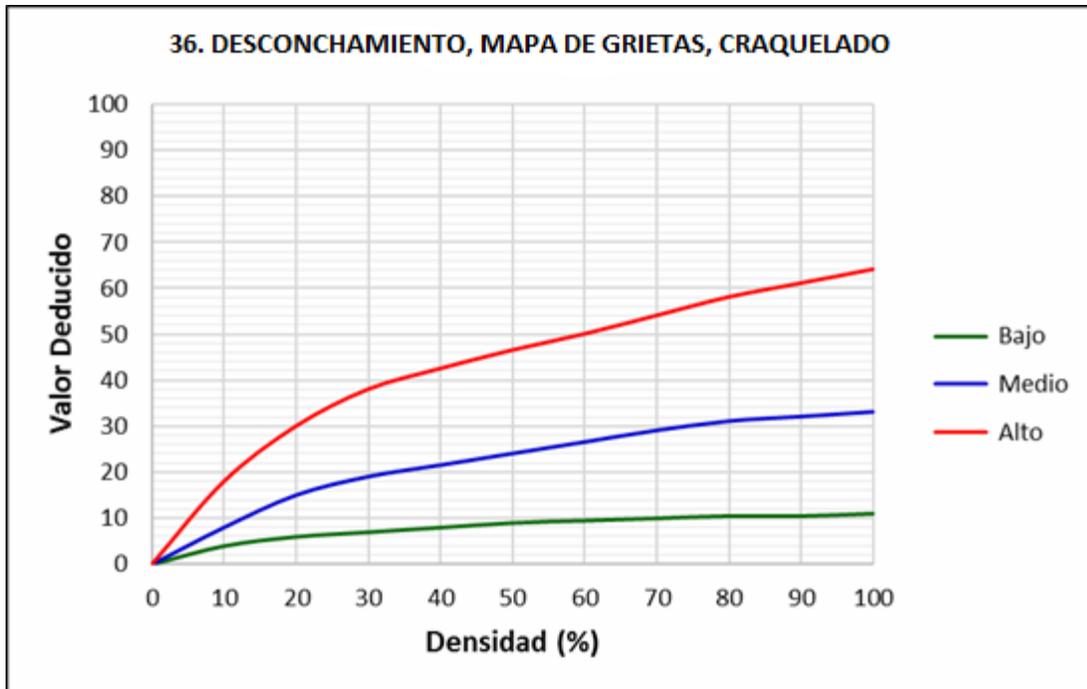
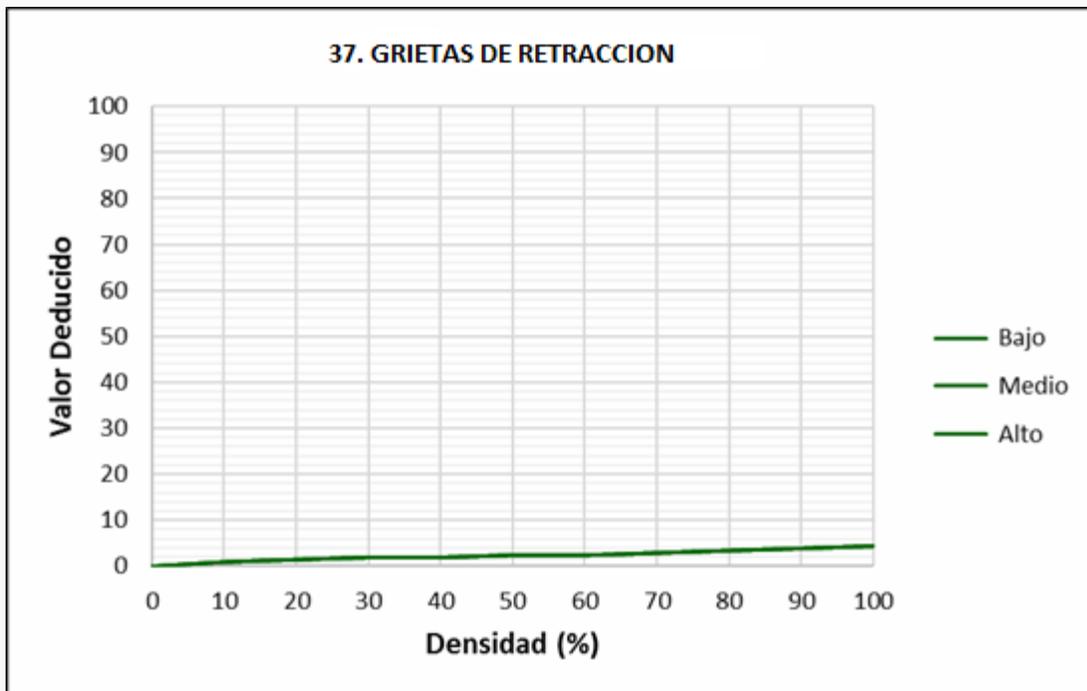


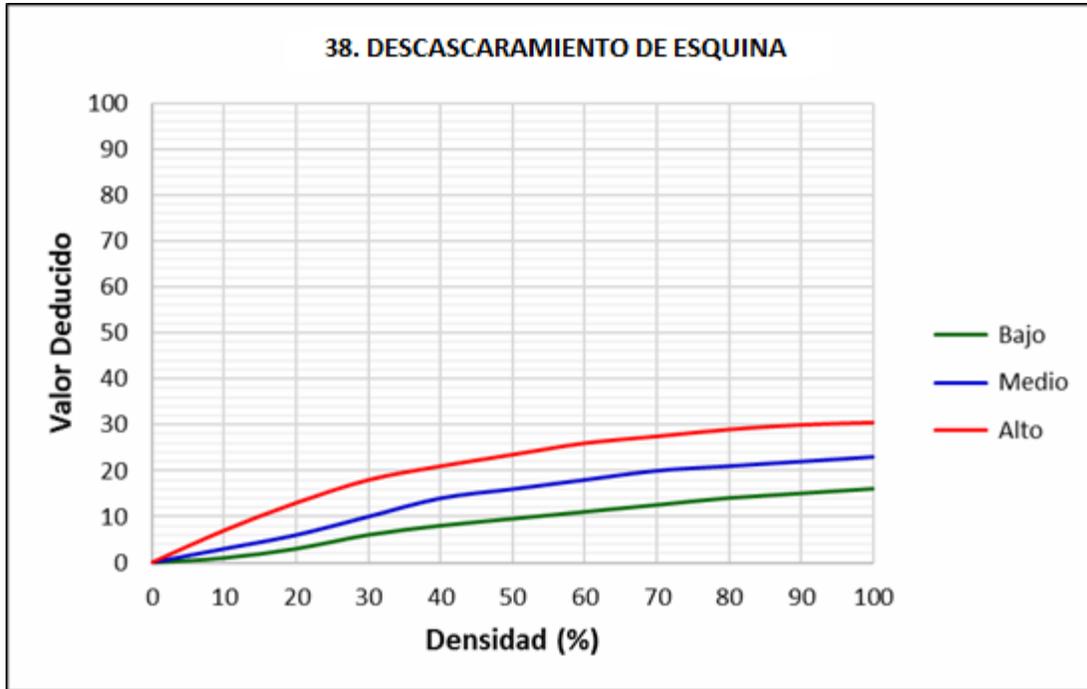
Figura 38. Curva de valor deducido para el daño cruce de vía férrea. (Torres, 2018)



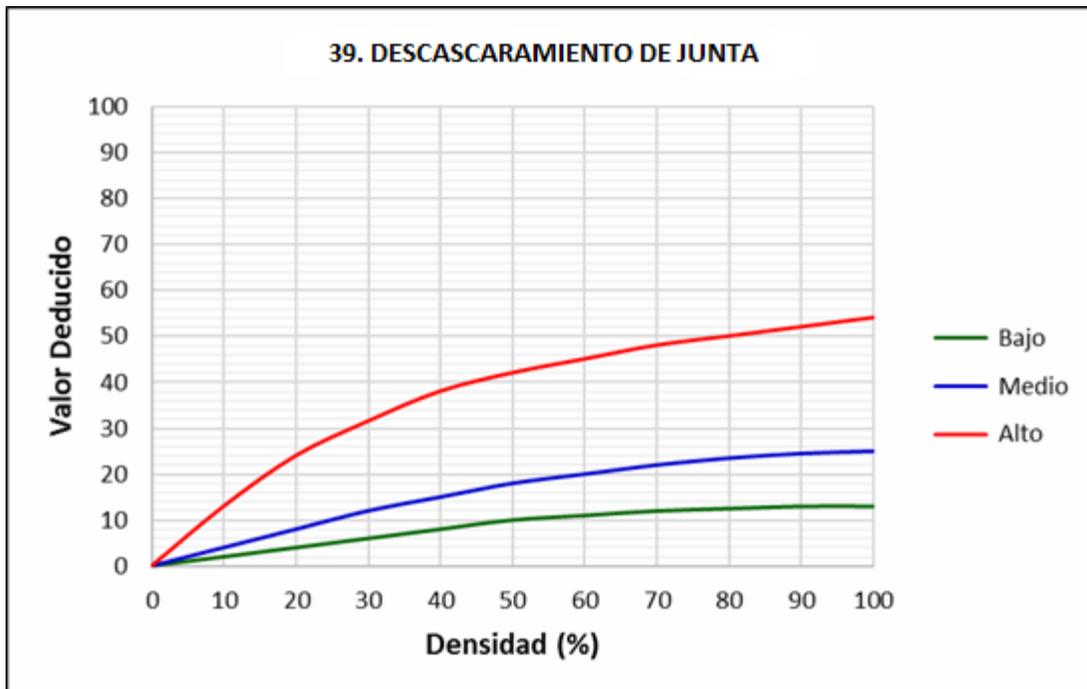
*Figura 39.* Curva de valor deducido para el daño desconchamiento, mapa de grietas, craquelado. (Torres, 2018)



*Figura 40.* Curva de valor deducido para el daño grietas de retracción. (Torres, 2018)



*Figura 41.* Curva de valor deducido para el daño descascaramiento de esquina. (Torres, 2018)



*Figura 42.* Curva de valor deducido para el daño descascaramiento de junta. (Torres, 2018)

En la *segunda etapa* se establece la cifra admisible máximo de deducidos (m); donde indica que, si ningún dato o un solo valor deducido es superior a dos, se utiliza el total del valor deducido en lugar del máximo valor deducido corregido (CDV) que se obtiene en la cuarta etapa; caso contrario se debe colocar de superior a inferior los valores deducidos y calcular la cifra máximo admisible de valores deducidos (m) haciendo uso de la siguiente formula:

$$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$$

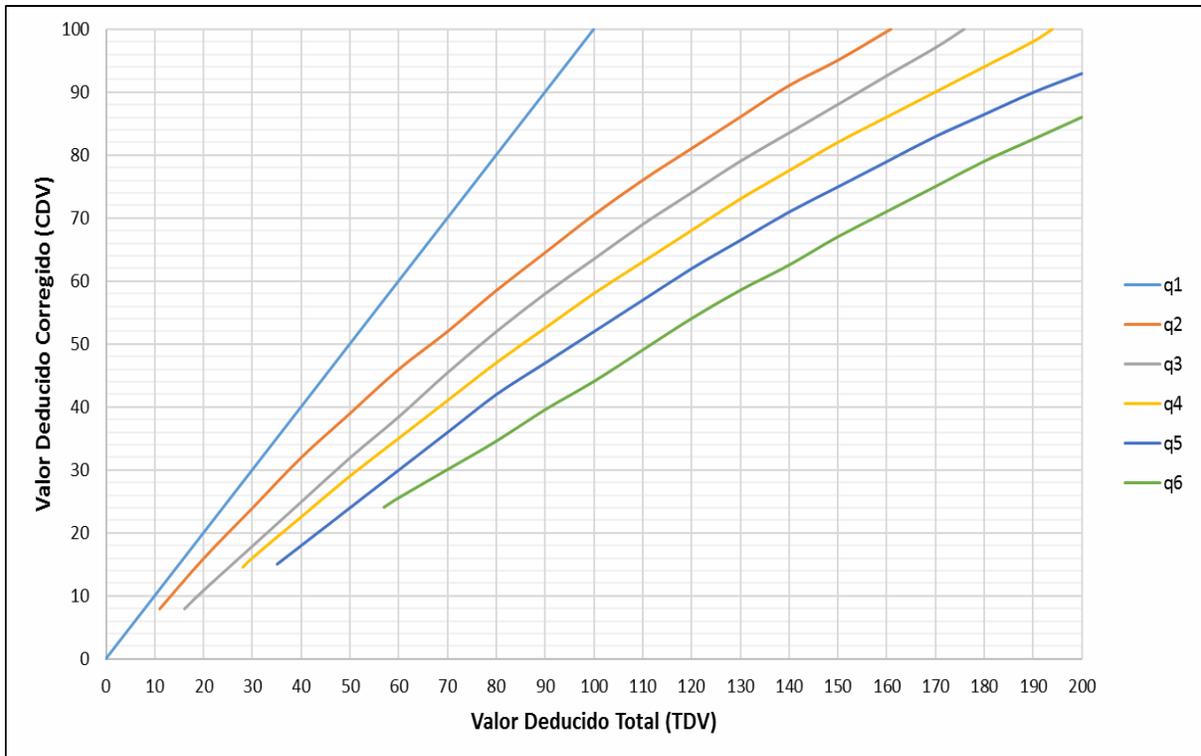
Donde:

$m_i$ : Cifra máximo admisible de valores deducidos, añadiendo parte para la unidad de muestra  $i$ .

$HDV_i$ : El valor deducido individual mayor en la unidad de muestra  $i$ .

La cantidad de valores individuales deducidos se reduce a  $m$ , incluida la parte fraccionaria; si el valor derivado disponible es menor que  $m$  se utilizan todos los valores existentes.

En la *tercera etapa* se determina el valor máximo de deducción de corrección (CDV). seguidamente se determina el "Valor deducido total" realizando la suma total de todos los valores deducidos individuales y se calcula el CDV. Se determina el CDV máximo a través del proceso iterativo de los siguientes pasos; encuentre el número de deducciones "q" que son mayores que dos, luego se establece el "Valor deducido total" examinando el sumatorio total de los valores deducidos individuales en la curva de corrección de carril de concreto que se muestra en la figura 43.



**Figura 43.** Curva de corrección del valor deducido para pavimentos de concreto de cemento portland. (Torres, 2018)

En la iteración siguiente reducimos a dos el menor de los valores deducidos individuales que sean mayores que dos. El procedimiento se vuelve repetir hasta lograr que  $q = 1$ .

Por último, en la *cuarta etapa* se establece el PCI de la unidad de muestra mediante la siguiente fórmula:

$$PCI = 100 - \max. CDV$$

Donde:

PCI: Índice de condición del pavimento.

Máx. CDV: Máximo valor deducido corregido.

El PCI es una cifra numérica que varía desde cero (0), para una calzada de concreto fallado o en estado grave, hasta cien (100) para una calzada de concreto en estado perfecto.

**Tabla 9**  
*Rangos de calificación del PCI*

<b>Rangos</b>	<b>Clasificación</b>
100 a 85	Excelente
85 a 70	Muy bueno
70 a 55	Bueno
55 a 40	Regular
40 a 25	Malo
25 a 10	Muy malo
10 a 0	Fallado

Fuente: Pavement condition index (PCI). (Vásquez, 2002, p. 2).

Si se realiza el análisis al total de las unidades de muestreo, el PCI de esta parte será el valor promedio del PCI deduciendo en la unidad de muestreo. Si utilizan técnicas de muestreo, se realiza otra forma de proceso. Si la elección de la unidad; La inspección por muestreo consiste en utilizar tecnología aleatoria sistemática o basada en una parte representativa de la sección, PCI debe ser el valor promedio del PCI de la unidad de muestreo que fueron examinadas. Si se manejan unidades de muestreo añadidos, se toma un promedio ponderado; el cálculo es el siguiente:

$$PCI_s = \frac{[(N - A) \times PCI_R] + (A \times PCI_A)}{N}$$

Donde:

PCIS: PCI de la fracción del pavimento.

PCIR: PCI intermedio de las unidades de muestra aleatorias.

PCIA: PCI intermedio de las unidades de muestra adicionales.

N: Cifra total de unidades de muestreo en la sección.

A: Cifra adicional de unidades de muestra inspeccionada.

A continuación, se define el mantenimiento vial de la siguiente manera:

*Mantenimiento vial;* es una serie de actividades realizadas para conservar en buen estado las condiciones físicas de los elementos que conforman los caminos y de esta manera garantice el confort, la seguridad y la economía. Lo que se busca es preservar el capital que se ha invertido en la vía y evitar el deterioro prematuro de la estructura. Las actividades de mantenimiento generalmente se clasifican por la frecuencia en la que se repiten: rutinarias y periódicas:

*Mantenimiento rutinario;* es un conjunto de actividades ejecutadas de forma permanente y en diferentes tramos de la carretera todos los días. El objetivo principal es mantener todos los elementos de la carretera con una mínima cantidad de deterioros o de fallas y mantener tanto como sea posible sus propias condiciones después de la construcción o rehabilitación. Debe ser preventivo, incluyendo en este mantenimiento, las actividades de limpieza de las obras de drenaje, cortando la vegetación y la reparación de defectos puntuales, entre otros.

*Mantenimiento periódico;* Es un conjunto de actividades realizadas durante un período de tiempo, por lo general, mayores de un año con el objetivo de prevenir deterioros mayores, mantener las características de la superficie, preservar que la estructura de la carretera esté intacta y de corregir algunos defectos importantes.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

##### **Tipo de investigación**

El presente estudio es una investigación aplicada, que a su vez se considera un método cuantitativo porque utiliza lecciones aprendidas en la práctica para resolver y probar los problemas planteados en la investigación a través de datos numéricos.

La investigación aplicada se denomina investigación práctica o empírica, la cual se caracteriza por buscar aplicar o utilizar los conocimientos adquiridos luego de implementar y sistematizar la práctica basada en la investigación, mientras se adquieren otros conocimientos

El uso del conocimiento e investigación determina de forma organizada, rigurosa y de conocer la realidad.

##### **Diseño de investigación**

Según el diseño de estudio, fue clasificada de carácter no experimental, porque no se realizará algún tipo de ensayo de laboratorio y será realizado mediante el método del PCI utilizando formatos de recolección y análisis de datos. Además, es una investigación descriptiva.

La evaluación es intuitiva y personalizada. El procesamiento de la información se realiza manualmente, no se utiliza ningún software.

### 3.2 Variables y operacionalización

Variable	Conceptual	Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición		
Índice de condición del pavimento	El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD que cada daño presenta. (Varela, 2002)	EL índice de condición del pavimento es una evaluación superficial basada en los tipos de fallas que presenta el pavimento las cuales se manifiestan a través del grado y nivel de severidad	Tipos de fallas	21. Pandeo.			
				22. Fisura de esquina.			
				23. Losa dividida.			
				24. Fisura de durabilidad "D".			
				25. Escalonamiento			
				26. Daño en el sello de la junta.			
				27. Desnivel carril - berma.			
				28. Fisuras lineales.			
				29. Parches grandes.			
				30. Parches pequeños.			
				31. Agregado pulido.			
				32. Popouts.			
				33. Bombeo.			
				34. Punzonamiento.			
				35. Cruce de vía férrea.	De razón		
				36. Descascaramiento, mapa de fisuras, craquelado.			
				37. Fisuras de contracción.			
				38. Descascaramiento de esquina.			
				39. Descascaramiento de junta.			
					Grado de severidad	Excelente	
						Muy bueno	
			Bueno				
			Regular				
			Malo				
			Muy malo				
			Fallado				
		Nivel de severidad	Alto				
			Medio				
			Bajo				

Figura 44. Ilustración de las unidades de muestra de la sección 1. (Elaboración propia)

### 3.3 Población, muestra y muestreo

#### Población

Para el actual estudio el lugar está constituida por el pavimento rígido de la Av. Sesquicentenario de la ciudad Puno con una longitud de 1280m, el cual comprende aproximadamente desde la intersección del Jr. Los Olivos como progresiva inicial km 0+000 hasta la intersección de la Av. Uros Chulluni como progresiva final km 1 + 280.

En la evaluación se considera el tramo de pavimento rígido de la Av. Sesquicentenario que está constituido por un total de 312 losas de concreto rígido.

#### Muestra

Para la muestra se identificó una vía de pavimento rígido siendo considerado como una vía representativa de la metrópolis de Puno, Región de Puno, Perú.

Se puede observar el estado de la vía y así poder cumplir con los objetivos planteados en este estudio. Para la inspección dividimos la avenida en 2 tramos ya que ambos tienen diferentes años de vida útil, contabilizando tenemos en total 312 losas donde determinamos que las unidades de muestra resultan un total de dieciséis (16) unidades y para una mejor aplicación del método planteado se evaluó toda la longitud de la vía para lograr obtener resultados más precisos es decir las 312 losas fueron evaluadas.

### **Muestreo**

Se tendrá un muestreo no probabilístico.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se empleará la valoración visual y se identificarán las fallas que la losa de concreto contiene, el registro de datos se realizará a través de formatos adaptados a la metodología PCI de acuerdo a la norma D6433-03; por lo tanto, nuestro instrumento de recolección de datos serán los formatos PCI.

Para realizar el trabajo en campo tomaremos las medidas necesarias de seguridad, porque el tránsito protagoniza un gran peligro para los verificadores al realizar la inspección de las fallas del pavimento.

Para la obtención de datos se utilizará los siguientes materiales:

- Manual y formatos de registro de datos Método PCI
- Flexómetro.
- Regla de 30cm
- Nivel de mano
- Cámara fotográfica.
- Conos de seguridad.
- Pizarra acrílica.
- Tablero.
- Lapiceros.

- Plumones.
- Yeso

### 3.5 Procedimientos

En primer lugar, dividimos el pavimento en dos tramos basándonos en criterios como la antigüedad de construcción del pavimento y dividimos las secciones establecidas del pavimento en unidades de muestra para 1+ 280 km de largo de vía con 312 losas.

Consideramos dos secciones; la primera que consta de 6 m de ancho en promedio conformado por 2 losas como se muestra en la figura 45 y la segunda sección de un ancho promedio de 6.40 m conformado por 1 losa como se muestra en la figura 46.

Según el método PCI indica que la unidad de muestra si tiene una longitud menor a 7.60 m el área de la unidad de muestra debe estar en el rango de  $20 \pm 8$  losas, por lo cual tomaremos como parámetro 20 losas. Hallamos el número total de unidades de muestra del pavimento de concreto (N).

$$N = \frac{N^{\circ} \text{ de paños}}{20}$$

$$N = \frac{312}{20} = 15.6 \approx 16 \text{ unidades de muestra}$$

Donde consideramos en la primera sección cuatro unidades de muestra de 20 losas y una unidad de muestra de 18 losas y en la segunda sección se consideró diez unidades de muestra de 20 losas y una unidad de muestra de 14 losas; haciendo un total de 16 unidades de muestra a inspeccionar.

Seguidamente calculamos las unidades de muestra a ser evaluadas (n).

$$n = \frac{N * s^2}{\frac{e^2}{4} * (N - 1) + s^2}$$

Donde:

N: Totalidad de unidades de muestreo en la sección de pavimento

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección ( $e = \pm 5\%$ )

s: Desviación estándar del PCI entre las unidades de prueba. Se asume 15 para pavimentos de concreto.

Valores:
N= 16
e= 5
s= 15

$$n = \frac{16 * 15^2}{\frac{5^2}{4} * (16 - 1) + 15^2}$$

$n = 11$  unidades de muestra a ser evaluadas

Teniendo el cálculo de las unidades de muestra, hallaremos el intervalo de espaciamiento de las unidades.

$$i = \frac{N}{n}$$

Donde:

N: Número total de unidades de muestra.

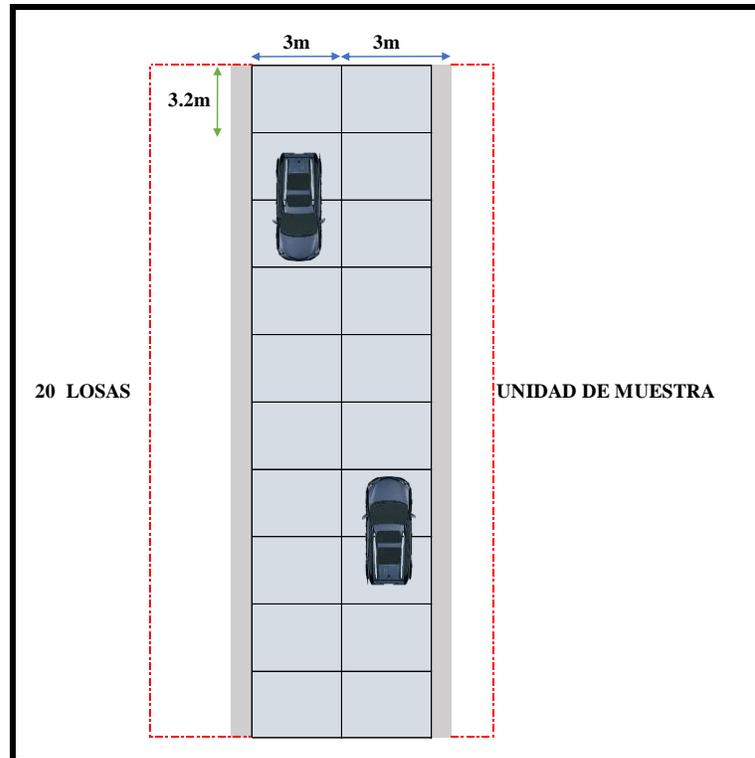
n: Número mínimo de unidades de muestra a ser evaluadas.

i: Intervalo de muestreo donde se redondea al número entero inferior.

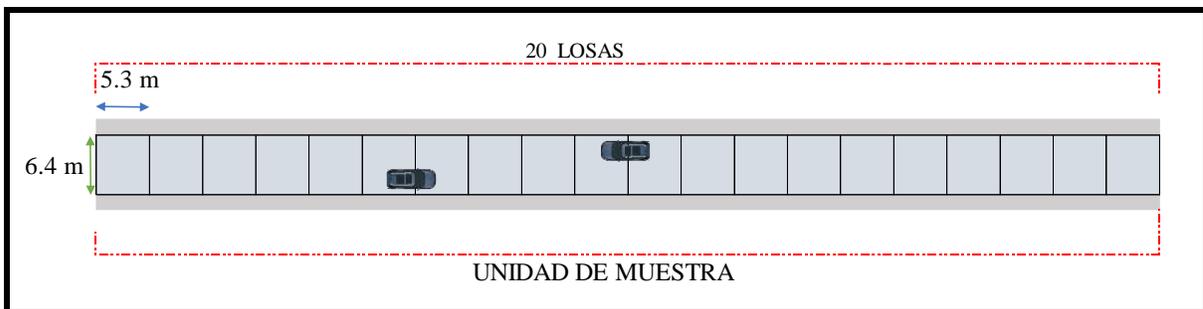
$$i = \frac{16}{11}$$

$$i = 1.45 \approx 1$$

La metodología plantea una cantidad mínima de unidades de muestra a inspeccionar sin embargo para este estudio se analizará todas las unidades de muestra, teniendo en cuenta que según la norma es ideal para una mejor estimación del mantenimiento y reparaciones que sean necesarias.



**Figura 45.** Ilustración de las unidades de muestra de la sección 1. (Elaboracion propia)



**Figura 46.** Ilustración de las unidades de muestra de la sección 2. (Elaboracion propia)

Identificaremos las unidades de muestra calculadas teniendo cada una de estas una progresiva inicial y progresiva final respectivamente. Posteriormente se realiza la identificación de las fallas, registro del tipo de falla y nivel de severidad en cada una de las losas recopilando los datos de todas las unidades de muestra en el formato PCI, para realizar el procesamiento de datos y determinar el valor del PCI de cada unidad de muestra.

### **3.6 Método de análisis de datos**

Utilizaremos el método PCI de acuerdo a la norma ASTM D6433-03, este procedimiento tiene como objetivo determinar la condición del pavimento de vías mediante inspecciones visuales cuantificando la condición del pavimento.

Para el análisis se utilizará formatos de registro y cálculo de datos, siendo éste elaborado siguiendo las recomendaciones establecidas de la norma, asimismo el cálculo de datos se hizo mediante el uso de fórmulas y curvas de valores. Se presentará a través de tablas de registro y empleando gráficos.

Se realizó la evaluación superficial del pavimento rígido de la av. Sesquicentenario mediante la metodología del PCI. Definidas las unidades de muestra se procederá con la recopilación y análisis de datos en el formato de registro como se describe a continuación:

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO																															
		EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)																															
		PAVIMENTO: RÍGIDO																															
Nombre de la vía:		Progresiva inicial:																															
Unidad de muestra:		N° de losas:		Progresiva final:																													
Distrito:		Provincia:		Departamento:																													
Evaluado por:					<b>A</b>																												
Fecha:																																	
TIPOS DE FALLAS																																	
21: Bow up / Buckling		30: Parcheo pequeño																															
22: Grieta de esquina		31: Pulimento de agregados																															
23: Losa dividida		32: Popouts																															
24: Grieta de durabilidad "D"		33: Bombeo																															
25: Escala		34: Punzonamiento																															
26: Daño en el sello de junta		35: Cruce de vía férrea																															
27: Desnivel Carril / Berma		36: Desconchamiento																															
28: Grieta lineal		37: Retracción																															
29: Parcheo (grande)		38: Descascaramiento de esquina																															
		39: Descascaramiento de junta																															
DENSIDAD DE FALLA																																	
CODIGO DE FALLA	DESCRIPCION	SEVERIDAD	N° DE LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DE DEDUCCION (q)																												
<b>TOTAL VD</b>					<b>C</b>																												
E SQUEMA																																	
					<b>B</b>																												
CALCULO DEL PCI																																	
N°	VALORES DE DEDUCIDOS					VDT	q	CDV																									
							Max. CDV =																										
Numero de valores deducidos (q) > 2 = Mayor valor deducido (HDV) = Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m) =		$mi = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDVi)$			<b>D</b>																												
		<table border="1" style="font-size: 0.8em;"> <thead> <tr> <th colspan="2">RANGO DE CALIFICACION DEL PCI</th> </tr> <tr> <th>RANGO</th> <th>CALIFICACION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100 - 85</td> <td>EXCELENTE</td> </tr> <tr> <td>85 - 70</td> <td>MUY BUENO</td> </tr> <tr> <td>70 - 55</td> <td>BUENO</td> </tr> <tr> <td>55 - 40</td> <td>REGULAR</td> </tr> <tr> <td>40 - 25</td> <td>MALO</td> </tr> <tr> <td>25 - 10</td> <td>MUY MALO</td> </tr> <tr> <td>10 - 0</td> <td>FALLADO</td> </tr> </tbody> </table>			RANGO DE CALIFICACION DEL PCI		RANGO	CALIFICACION	100 - 85	EXCELENTE	85 - 70	MUY BUENO	70 - 55	BUENO	55 - 40	REGULAR	40 - 25	MALO	25 - 10	MUY MALO	10 - 0	FALLADO	<table border="1" style="font-size: 0.8em;"> <tr> <td>PCI =</td> <td>100 - Max. CDV</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #90EE90;">PCI =</td> <td style="background-color: #00FFFF;"></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>CALIFICACION</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center; background-color: #FF6347;"><b>BUENO</b></td> </tr> </table>		PCI =	100 - Max. CDV	PCI =		<b>CALIFICACION</b>		<b>BUENO</b>		<b>E</b>
RANGO DE CALIFICACION DEL PCI																																	
RANGO	CALIFICACION																																
100 - 85	EXCELENTE																																
85 - 70	MUY BUENO																																
70 - 55	BUENO																																
55 - 40	REGULAR																																
40 - 25	MALO																																
25 - 10	MUY MALO																																
10 - 0	FALLADO																																
PCI =	100 - Max. CDV																																
PCI =																																	
<b>CALIFICACION</b>																																	
<b>BUENO</b>																																	

Figura 47. Formato PCI para pavimentos rígidos. (Elaboracion propia)

En la parte “A” del formato se registra los datos de la unidad de muestra en estudio en las cuales incluye el nombre de la vía a evaluar, nombres de los evaluadores, distrito, provincia, departamento y fecha. Entre los datos de la unidad de muestra se registra la numeración de la unidad de muestra, numero de losas, progresiva inicial y final que corresponde a la unidad de muestra en estudio.

Utilizaremos como ejemplo la unidad de muestra UM – 05.

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>			
		<b>EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)</b>			
<b>PAVIMENTO: RÍGIDO</b>					
<b>Nombre de la vía:</b>	Av. Sesquicentenario			<b>Progresiva inicial:</b>	KM0+128
<b>Unidad de muestra:</b>	UM - 05	<b>N° de losas:</b>	18	<b>Progresiva final:</b>	KM0+157
<b>Distrito:</b>	Puno	<b>Provincia:</b>	Puno	<b>Departamento:</b>	Puno
<b>Evaluado por:</b>	Benito Mamani Yomara Silvia				
	Mendoza Colque Jaime Marcial				
<b>Fecha:</b>	06/06/2021				

*Figura 48.* Llenado del formato PCI para pavimento rígido “A”. (Elaboracion propia)

En la parte “B” del formato se realiza un esquema de la unidad de muestra donde incluye los códigos y nivel de severidad de las fallas identificadas en cada losa.

<b>ESQUEMA</b>		
	37	9
39L		8
37		7
28L		6
28L	37	5
37	28L	4
37	28L	3
28L	28L	2
22L 25H	39M 25H	1
1	2	

*Figura 49.* Llenado del formato PCI para pavimento rígido “B”. (Elaboracion propia)

En la parte “C” del formato se llenan los datos de las fallas encontradas en la unidad de muestra que son el código de falla, descripción, severidad y extensión (número de losas). En la figura 50 se observa como ejemplo la falla “Grieta de esquina” de código 22 que se encuentra presente en 01 losa de la unidad de muestra con una severidad baja(L).

Posteriormente determinamos la densidad (%) que resulta de la división del N° de losas registrados con daño entre el número total de losas de la unidad de muestra obteniendo el resultado en porcentaje. Donde para el ejemplo la densidad para la falla 22 grieta de esquina resulta de la división  $1/18=0.056=5.56\%$

DENSIDAD DE FALLA					
CODIGO DE FALLA	DESCRIPCION	SEVERIDAD	N° DE LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DE DEDUCCION (q)
22	Grieta de esquina	L	1.00	5.56	
25	Escala	H	2.00	11.11	
28	Grieta lineal	L	6.00	33.33	
37	Retracción		5.00	27.78	
39	Descascaramiento de junta	L	1.00	5.56	
39	Descascaramiento de junta	M	1.00	5.56	
<b>TOTAL VD</b>					

Figura 50. Llenado del formato PCI para pavimento rígido “C”. (Elaboracion propia)

Posteriormente calculamos los valores deducidos “VD” que resulta de la relación de la densidad (%) y la severidad; utilizando los ábacos de curvas de valores deducidos que nos plantea la Norma D6433 – 03. Donde para el ejemplo, el valor deducido de la falla grieta de esquina resulta de la relación de su Densidad = 5.56% y su severidad “L” ubicado en el ábaco de curva de valores deducidos como se muestra en la figura 51.

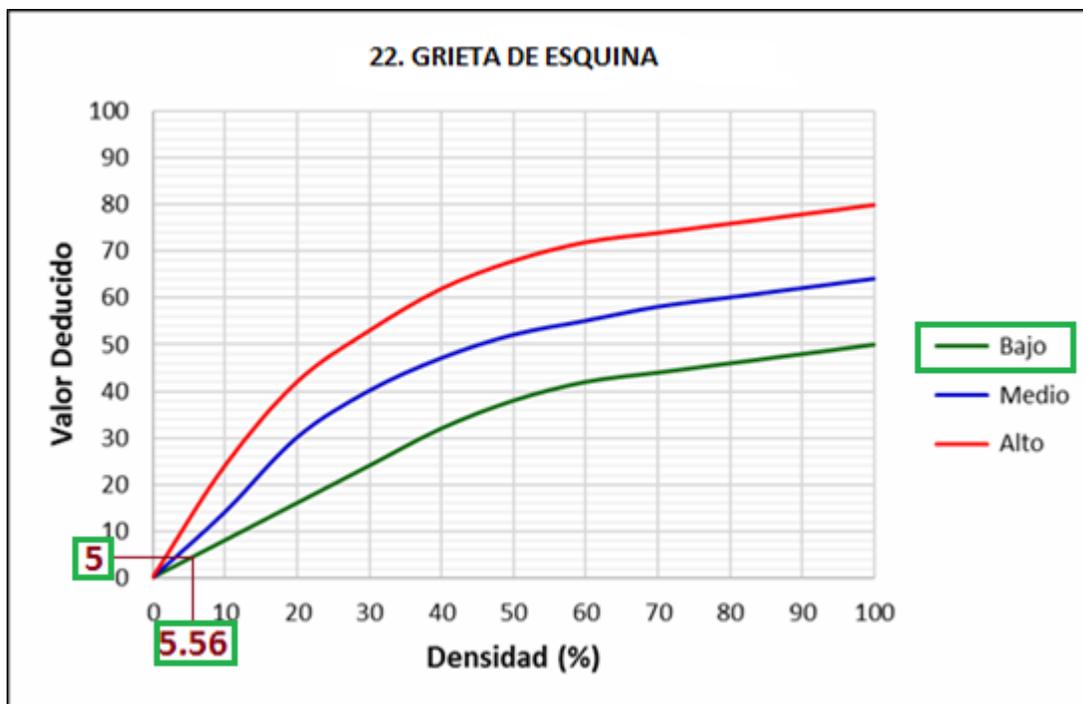


Figura 51. Curva de valor deducido grieta de esquina para pavimento rígido. (Adaptado de Torres, 2018)

Donde resulta para la falla 22 el valor deducido VD=5, se realizó el mismo procedimiento para todas las fallas encontradas en las unidades de muestra.

CODIGO DE FALLA	DESCRIPCION	SEVERIDAD	Nº DE LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DE DEDUCCION (q)
22	Grieta de esquina	L	1.00	5.56	5.00
25	Escala	H	2.00	11.11	17.50
28	Grieta lineal	L	6.00	33.33	16.00
37	Retracción		5.00	27.78	2.20
39	Descascaramiento de junta	L	1.00	5.56	1.50
39	Descascaramiento de junta	M	1.00	5.56	2.80
<b>TOTAL VD</b>					45.00

Figura 52. Calculo del valor deducido de las fallas de la UM – 05. (Elaboracion propia)

En la parte “D” calculamos el número máximo admisible de valores deducidos “m”, ordenando los valores deducidos de mayor a menor y se determinó el valor “m” utilizando la fórmula que se muestra en la figura 53.

Donde para el ejemplo  $m=1+9/98*(100-17.5) = 8.58 \sim 9$ , siendo este el número máximo admisible de valores deducidos para la unidad de muestra UM - 05. También se determinó el valor de “q”, siendo este resultado igual al número de valores deducidos mayores que 2, teniendo como resultado para el ejemplo que “q” =5.

Numero de valores deducidos (q) >2 =	5
Mayor valor deducido (HDV) =	17.5
Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m) =	8.58
	9
$m_i = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDV_i)$	

**Figura 53.** Cálculo del número máximo admisible de valores deducidos de la UM – 05 “D”. (Elaboracion propia)

En la parte “E” se determina el valor deducido total “VDT” con la sumatoria de los valores deducidos “VD” de todas las fallas, en el ejemplo se muestra que  $VDT=17.5 + 16 + 5 + 2.8 + 2.2 = 43.50$ .

CALCULO DEL PCI										
N°	VALORES DEDUCIDOS							VDT	q	CDV
1	17.50	16.00	5.00	2.80	2.20			43.50	5	

**Figura 54.** Cálculo del valor deducido total (VDT) para la falla 22 grieta de esquina de la UM - 05. (Elaboracion propia)

Luego se realizó el cálculo del máximo valor deducido corregido “CDV” que resulta de la relación de “q” =5 y el “VDT” =43.5 en el ábaco de las curvas de valores deducidos corregidos como se muestra en la figura 55, para el ejemplo el CDV es 20.50.

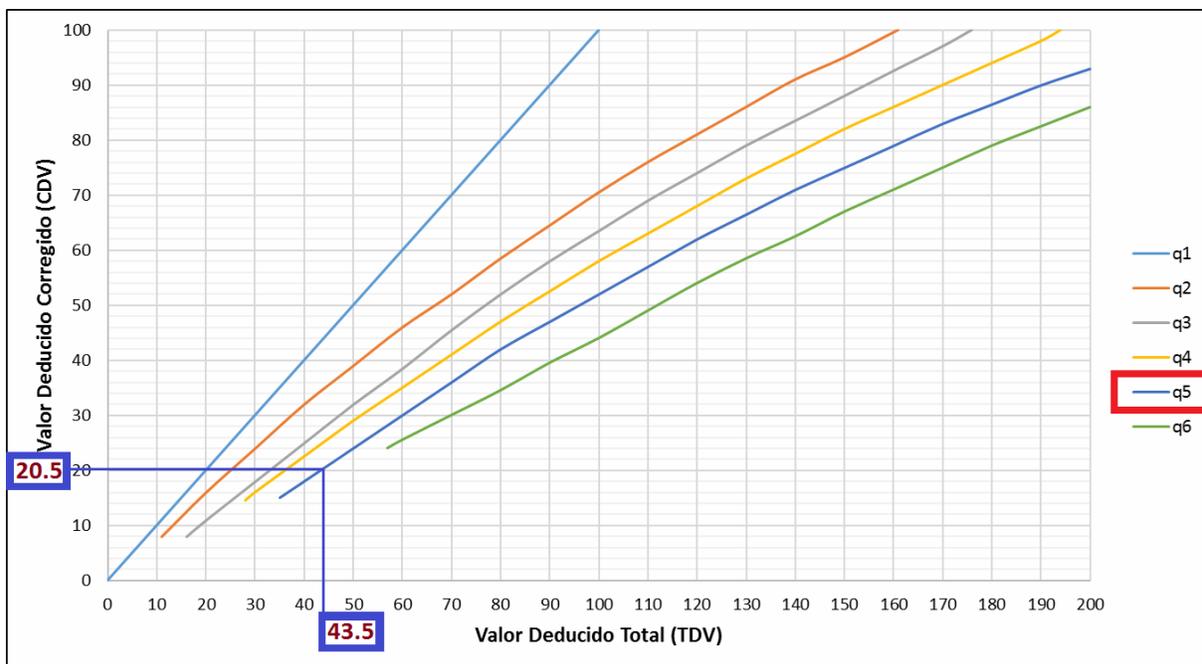


Figura 55. Curva de valores deducidos corregidos “CVD” para “q” 5. (Adaptado de Torres, 2018)

Posteriormente se realizó un proceso iterativo determinando el valor deducido total “VDT” con la sumatoria de los valores deducidos individuales “VD” para la primera iteración y cambiando el menor valor deducido “VD” por 2 para la siguiente iteración. Para el ejemplo donde la iteración “q” es 4, el “VDT” = 17.5 + 16 + 5 + 2.8 + 2 = 43.30. Por último, se calculó el valor del máximo valor deducido corregido “CDV”, este procedimiento se realizó hasta que el valor de “q” sea 1.

CALCULO DEL PCI										
N°	VALORES DEDUCIDOS						VDT	q	CDV	
1	17.50	16.00	5.00	2.80	2.20		43.50	5	20.50	
2	17.50	16.00	5.00	2.80	2.00		43.30	4	24.50	
3	17.50	16.00	5.00	2.00	2.00		42.50	3	26.50	
4	17.50	16.00	2.00	2.00	2.00		39.50	2	31.50	
5	17.50	2.00	2.00	2.00	2.00		25.50	1	25.00	

Figura 56. Calculo del máximo valor deducido corregido “CVD” para la UM - 05. (Elaboracion propia)

Finalmente se determina el valor del PCI para la unidad de muestra UM – 05, utilizando el máximo valor deducido corregido “CDV”.

Donde para el ejemplo  $PCI = 100 - \text{Máx. CDV} = 100 - 31.50 = 68.5$ , y se clasifica según los rangos del PCI. Donde la clasificación es “BUENO” para la UM – 05.

		Max. CDV =	31.50
<b>RANGO DE CALIFICACIÓN DEL PCI</b>			
<b>RANGO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>	PCI =	100 - Max. CDV
100 - 85	EXCELENTE	PCI =	68.50
85 - 70	MUY BUENO		
70 - 55	BUENO		
55 - 40	REGULAR		
40 - 25	MALO		
25 - 10	MUY MALO		
10 - 0	FALLADO		
		<b>CALIFICACION</b>	
		<b>BUENO</b>	

*Figura 57.* Cálculo del valor del PCI para la UM – 05 y rango de clasificación. (Elaboración propia)

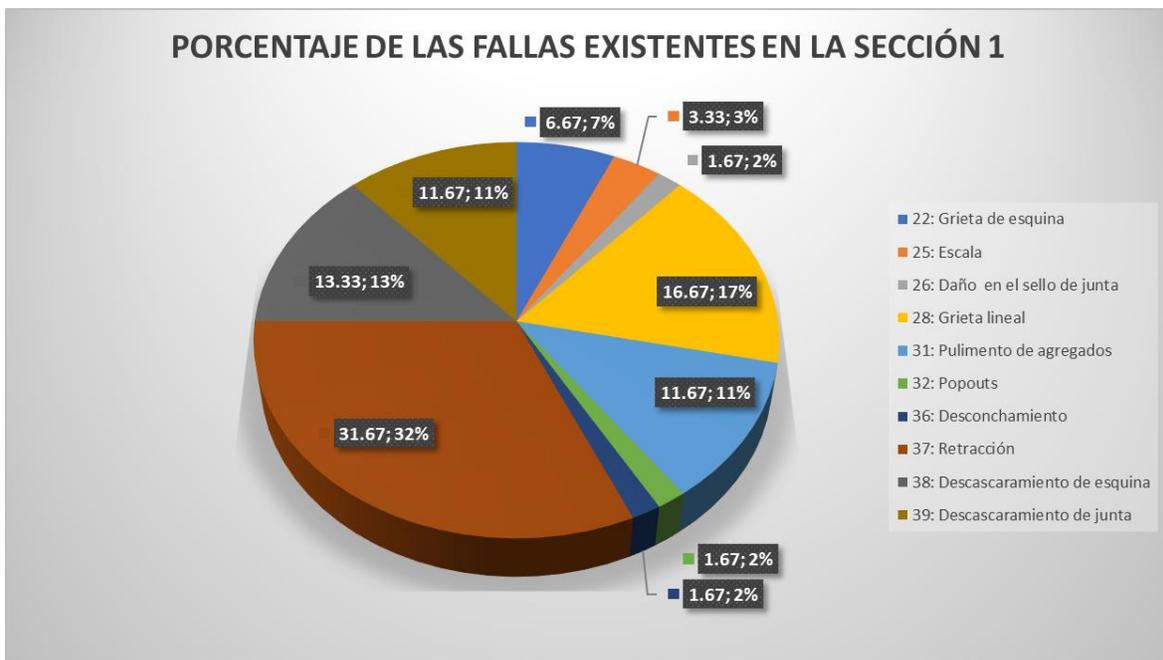
### 3.7 Aspectos éticos

En el presente estudio se tiene en cuenta los criterios de ética fundamentales para la recolección de datos necesarios. Teniendo como finalidad determinar el índice de condición del pavimento con responsabilidad y con el compromiso de honrar la veracidad del estudio y los resultados que se obtendrán al término de la investigación.

#### IV. RESULTADOS

Realizada la inspección y cálculo del índice de condición del pavimento rígido para las 16 unidades de muestra; se observa los siguientes resultados para nuestro primer objetivo.

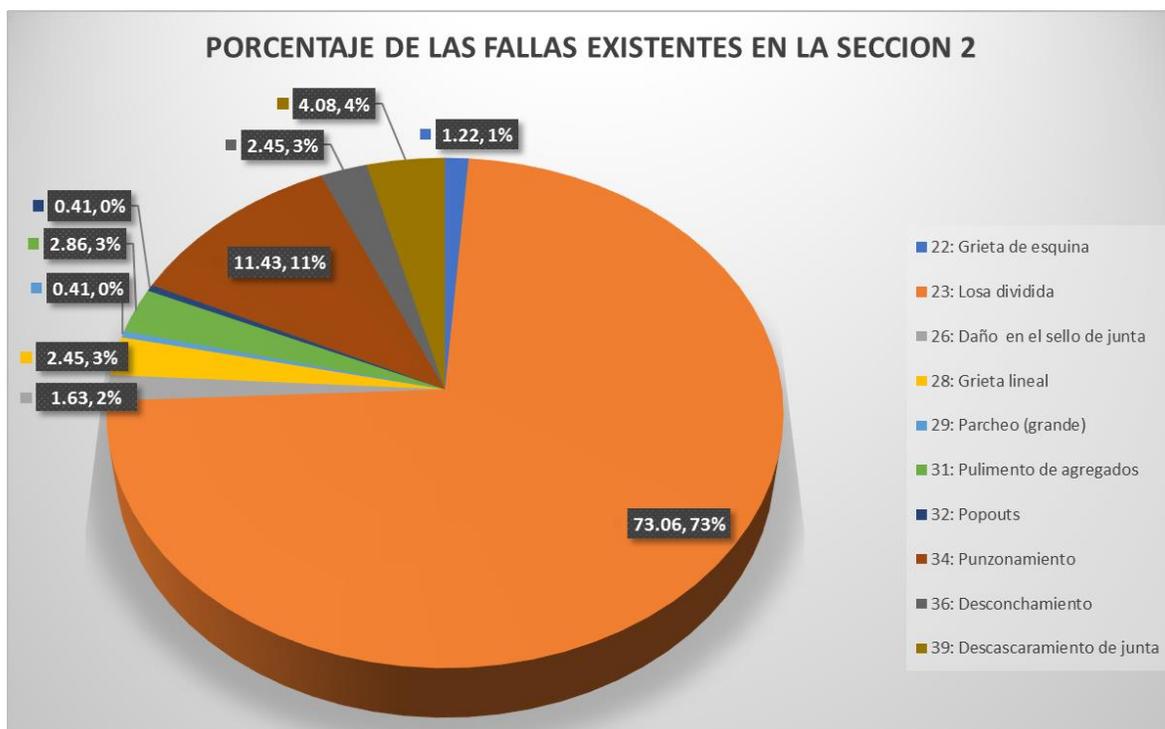
Identificar los tipos de fallas que presenta el pavimento rígido de la Av. Sesquicentenario de la ciudad de Puno – 2021.



*Figura 58.* Resumen en porcentaje de las fallas existentes en la sección 1. (Elaboración propia)

Tal como se observa en la figura N° 58 se registró los daños existentes en todas las unidades de muestra de la sección 1 de forma general. Se obtuvo como resultados que existe presencia de fallas por retracción en un 32%, grieta lineal 17%, descascaramiento de esquina 13%, pulimento de agregados 11%, descascaramiento de junta 11%, grieta de esquina 7%, escala 3%, daño en el sello de junta 2%, popouts 2% y desconchamiento 2%. Estos resultados evidencian que la vía se encuentra con fallas no tan considerables que afecte la estructura de la vía.

A continuación, se presenta los resultados que explican los daños existentes de forma general en las unidades de muestra de la sección 2:



**Figura 59.** Resumen en porcentaje de las fallas existentes en la sección 2. (Elaboración propia)

Según se evidencia en la figura N° 59; se observó la presencia de las siguientes fallas en la sección 2; con mayor porcentaje se registró losas divididas en un 73%, punzonamiento 11%, descascaramiento de juntas 4%, pulimento de agregados 3%, grieta lineal 3%, desconchamiento 3%, daño en el sello de junta 2%, grieta de esquina 1%, parcheo grande y popouts en 0.41% siendo por su mínima presencia considerado según el gráfico 0%. Se observó que el daño más considerable en la zona estudiada es la falla 23 (losas divididas) teniendo en consideración que, si la losa es de mediana o alta severidad, ninguna otra falla debe ser registrada en la losa.

Para nuestro segundo objetivo que es; evaluar el nivel de severidad que presentan las fallas del pavimento rígido de la Av. Sesquicentenario de la ciudad de Puno - 2021. Se presenta los resultados que se observa en la figura 60 y 61 donde se

explican los niveles de severidad de las fallas existentes en la sección 1 y 2 respectivamente.

SECCION 1				
CODIGO DE FALLA	DESCRIPCION	NIVELES DE SEVERIDAD		
		L (Bajo)	M (Medio)	H (Alto)
22	Grieta de esquina	4 Losas		
25	Escala			2 Losas
26	Daño en el sello de junta	1 Losas		
28	Grieta lineal	10 Losas		
31	Pulimento de agregados	7 Losas		
32	Popouts	1 Losas		
36	Desconchamiento	1 Losas		
37	Retracción	19 Losas		
38	Descascaramiento de esquina	8 Losas		
39	Descascaramiento de junta	5 Losas	2 Losas	

**Figura 60.** Resumen de los niveles de severidad de las fallas existentes en la sección 1. (Elaboracion propia)

Tal como se observa en la figura N°60 en la sección 1 se identificó el nivel de severidad para cada falla registrada en campo y se obtuvo como resultado la presencia de las siguientes fallas; grietas de esquina con nivel de severidad BAJO en 4 losas, escala con nivel de severidad ALTO en 2 losas, daño en el sello de junta con nivel de severidad BAJO en 1 losa, grieta lineal con severidad BAJO en 10 losas, pulimento de agregados presente en 7 losas, popouts presente en 1 losa, desconchamiento presente en 1 losa, retracción presente en 19 fallas, descascaramiento de esquina con severidad BAJO presente en 8 losas y descascaramiento de junta con severidad BAJO presente en 5 losas y con severidad MEDIO presente en 2 losas. A partir de los datos obtenidos en la figura 60 se puede observar que las fallas existentes en el pavimento rígido presentan mayor falla por retracción donde no se define los niveles de severidad, ya que según el manual solo es necesario indicar que están presentes.

SECCION 2				
CODIGO DE FALLA	DESCRIPCION	NIVELES DE SEVERIDAD		
		L (Bajo)	M (Medio)	H (Alto)
22	Grieta de esquina	3 Losas		
23	Losa dividida	8 Losas	31 Losas	140 Losas
26	Daño en el sello de junta	1 Losas	3 Losas	
28	Grieta lineal		6 Losas	
29	Parqueo (grande)		1 Losas	
31	Pulimento de agregados	7 Losas		
32	Popouts	1 Losas		
34	Punzonamiento	1 Losas	13 Losas	14 Losas
36	Desconchamiento	1 Losas	5 Losas	
39	Descascaramiento de junta	3 Losas	3 Losas	4 Losas

*Figura 61.* Resumen de los niveles de severidad de las fallas existentes en la sección 2. (Elaboracion propia)

Tal como se visualiza en la figura N° 61 en la sección 2 se identificó el nivel de severidad teniendo como resultado la presencia de las siguientes fallas; grietas de esquina con nivel de severidad BAJO presente en 3 losas; losa dividida con severidad BAJO presente en 1 losa, con severidad MEDIO presente en 31 losas y con nivel de severidad ALTO presente en 140 losas; daño en el sello de junta con severidad BAJO presente en 1 losa y con severidad MEDIO presente en 3 losas; grieta lineal con severidad MEDIO presente en 6 losas; parcheo grande con severidad MEDIO presente en 1 losa; pulimento de agregados presente en 7 losas; popouts presente en 1 losa; punzonamiento con severidad BAJO presente en 1 losa, con severidad MEDIO presente en 13 losas, con severidad ALTO presente en 14 losas; desconchamiento con severidad BAJO presente en 1 losa, con severidad MEDIO presente en 5 losas; descascaramiento de junta con nivel de severidad BAJO presente en 3 losas, con severidad MEDIO presente en 3 losas y con severidad ALTO presente en 4 losas.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la figura 61 conformado por 11 unidades de muestra, se determinó que existe mayor presencia de losas divididas, donde se

observa que presenta ALTO nivel de deterioro y debe ser removida y reemplazada por una losa nueva.

A continuación, se presenta los resultados que explican el valor PCI y la clasificación de cada unidad de muestra. Teniendo como resultados para el tercer objetivo; determinar el grado de severidad que presenta el pavimento rígido de la Av. Sesquicentenario de la ciudad de Puno – 2021.

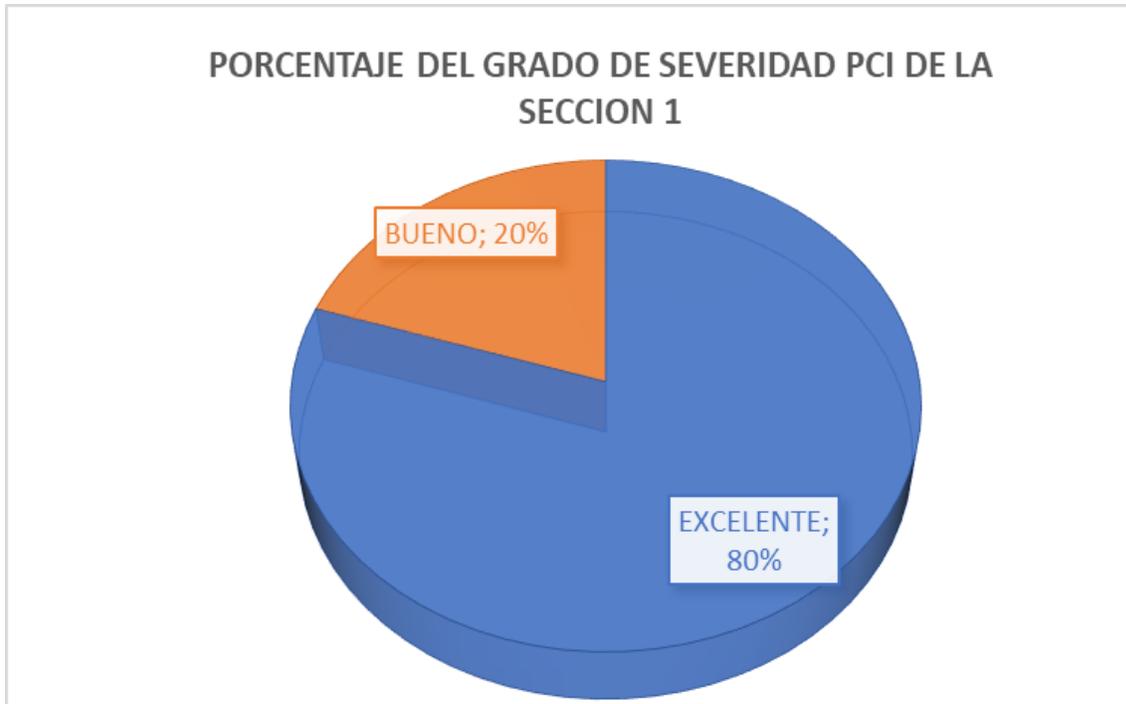
UNIDAD DE MUESTRA	AÑO DE CONSTRUCCION	SECCIONES	NUMERO DE LOSAS	PROGRESIVA		VALOR PCI	CLASIFICACION
				INICIAL	FINAL		
UM - 01	2019	SECCION 1	20	0+000	0+032	90.50	EXCELENTE
UM - 02	2019		20	0+032	0+064	89.50	EXCELENTE
UM - 03	2019		20	0+064	0+096	90.00	EXCELENTE
UM - 04	2019		20	0+096	0+128	90.00	EXCELENTE
UM - 05	2019		18	0+128	0+157	68.50	BUENO
UM - 06	2004	SECCION 2	20	0+157	0+263	12.50	MUY MALO
UM - 07	2004		20	0+263	0+369	17.00	MUY MALO
UM - 08	2004		20	0+369	0+475	4.80	FALLADO
UM - 09	2004		20	0+475	0+581	11.50	MUY MALO
UM - 10	2004		20	0+581	0+687	11.50	MUY MALO
UM - 11	2004		20	0+687	0+793	11.50	MUY MALO
UM - 12	2004		20	0+793	0+899	13.60	MUY MALO
UM - 13	2004		20	0+899	1+005	15.20	MUY MALO
UM - 14	2004		20	1+005	1+111	19.50	MUY MALO
UM - 15	2004		20	1+111	1+217	15.00	MUY MALO
UM - 16	2004		14	1+217	1+280	28.00	MALO
	<b>TOTAL</b>		312				

**Figura 62.** Resumen de los resultados PCI y clasificación de todas las unidades de muestra. (Elaboracion propia)

De acuerdo a la figura N°62 donde se muestra la determinacion de los grados de severidad se puede decir que en la sección 1 existe 4 unidades de muestra con clasificación EXCELENTE y 1 unidad de muestra con clasificacion BUENO. En la sección 2 se observa 9 unidades de muestra con clasificacion MUY MALO, 1 unidad de muestra con clasificacion MALO y por ultimo 1 unidad de muestra con clasificacion FALLADO.

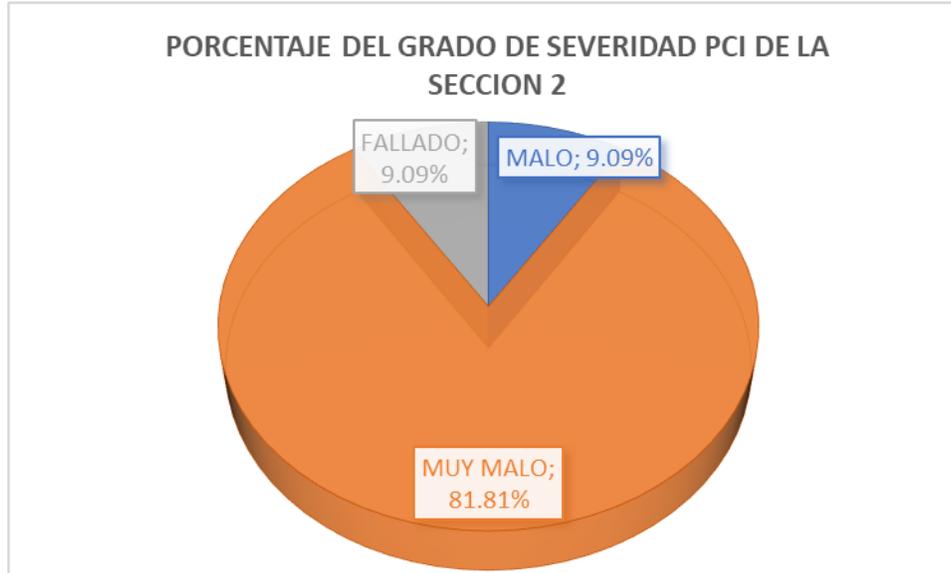
De acuerdo a la figura 62 los resultados obtenidos del grado de severidad, en la totalidad del estudio de investigación, la sección 1 se encuentra en buen estado y la seccion 2 en muy mal estado.

De los resultados obtenidos se muestra un gráfico que representa el resumen del grado de severidad de las unidades de muestra de cada sección; distribuidos según el año de construcción como se muestra en la figura 63 y figura 64.



**Figura 63.** Clasificación del grado de severidad del PCI de la sección 1. (Elaboracion propia)

Según la figura N° 63 la metodología del PCI en la sección 1 de la Av. Sesquicentenario donde el año de construcción es el 2019; presenta un 80% de unidades de muestra con clasificación "EXCELENTE" y 20% de unidades de muestra con clasificación "BUENO". De acuerdo a los resultados obtenidos del grado de severidad de la sección 1, la vía en estudio se encuentra en un estado óptimo para una buena serviciabilidad, ya que es un pavimento con poco tiempo de construcción.



**Figura 64.** Clasificación del grado de severidad del PCI de la sección 2. (Elaboracion propia)

Como se observa en la figura N° 64 la metodología del PCI en la sección 2 del pavimento rígido de la Av. Sesquicentenario donde el año de construcción es el 2004; presenta un 81.81% de unidades de muestra con clasificación “MUY MALO”, 9.09% de unidades de muestra con clasificación “MALO” y 9.09% de unidades de muestra con clasificación “FALLADO”. De acuerdo a los resultados obtenidos del grado de severidad de la sección 2, la vía en estudio se encuentra en un estado muy malo generando daños en el servicio de transporte, ya que es un pavimento antiguo.

Para finalizar la metodología del PCI se realizó un promedio de los valores del PCI de las unidades de muestra de la Av. Sesquicentenario de la ciudad de Puno para obtener el índice de condición del pavimento PCI y su clasificación del grado de severidad, tal como se muestra en la figura 65.

UNIDAD DE MUESTRA	SECCIONES	PROGRESIVA		VALOR PCI	CLASIFICACION
		INICIAL	FINAL		
UM - 01	SECCION 1	0+000	0+032	90.50	EXCELENTE
UM - 02		0+032	0+064	89.50	EXCELENTE
UM - 03		0+064	0+096	90.00	EXCELENTE
UM - 04		0+096	0+128	90.00	EXCELENTE
UM - 05		0+128	0+157	68.50	BUENO
		<b>PROMEDIO PCI</b>		<b>85.70</b>	<b>EXCELENTE</b>
UM - 06	SECCION 2	0+157	0+263	12.50	MUY MALO
UM - 07		0+263	0+369	17.00	MUY MALO
UM - 08		0+369	0+475	4.80	FALLADO
UM - 09		0+475	0+581	11.50	MUY MALO
UM - 10		0+581	0+687	11.50	MUY MALO
UM - 11		0+687	0+793	11.50	MUY MALO
UM - 12		0+793	0+899	13.60	MUY MALO
UM - 13		0+899	1+005	15.20	MUY MALO
UM - 14		1+005	1+111	19.50	MUY MALO
UM - 15		1+111	1+217	15.00	MUY MALO
UM - 16		1+217	1+280	28.00	MALO
		<b>PROMEDIO PCI</b>		<b>14.55</b>	<b>MUY MALO</b>

*Figura 65.* Promedio de valores de PCI de la sección 1 y 2. (Elaboracion propia)

Finalmente se observa en la figura N°65 la metodología del PCI para la Av. Sesquicentenario en la sección 1 presenta una clasificación promedio de 85.70 con una clasificación de grado de severidad “EXCELENTE” y la sección 2 presenta una clasificación promedio de 14.55 con una clasificación de grado de severidad “MUY MALO”. Esto demuestra que la vía de la sección 1 brinda excelente condición de servicio a los pobladores y la vía de la sección 2 brinda muy malas condiciones de servicio a los pobladores y requiere de una intervención inmediata para obtener un óptimo nivel de servicio.

## V. DISCUSIÓN

Con el objetivo de determinar el índice de condición del pavimento rígido de la Av. Sesquicentenario de la ciudad de Puno se realizó la inspección de todas las unidades de muestra, ya que según la Norma ASTM D6433 – 03 indica que para el análisis de proyectos y una mejor estimación del mantenimiento y reparaciones necesarias es importante el análisis del muestreo; para los fines que persigue este estudio se consideró que la vía conformado por 312 losas se distribuya en 16 unidades de muestreo en consecuencia la sección uno construida el año 2019 quedó conformado por 5 unidades de muestreo (98 losas) y la sección dos construida el año 2004 quedó constituida por 11 unidades de muestreo (214 losas).

A nivel general las fallas más influyentes en la sección 1 son los daños por retracción en un 32% registrado en 19 losas donde según el manual no se definen los niveles de severidad, grieta lineal 17% registrado en 10 losas con nivel de severidad BAJO y descascaramiento de esquina 13% registrado en 8 losas con nivel de severidad BAJO y en la sección 2 los resultados evidenciaron como las fallas más influyentes a los daños por losas divididas en un 73% con severidad BAJO presente en 1 losa con severidad MEDIO presente en 31 losas y con nivel de severidad ALTO presente en 140 losas, punzonamiento 11% con severidad BAJO presente en 1 losa, con severidad MEDIO presente en 13 losas, con severidad ALTO presente en 14 losas y descascaramiento de juntas 4% con nivel de severidad BAJO presente en 3 losas, con severidad MEDIO presente en 3 losas y con severidad ALTO registrado en 4 losas; esto quiere decir que la sección 1 de la vía se encuentra con fallas no tan considerables, ya que teniendo mayor presencia de fallas por retracción que generalmente son fisuras capilares de longitudes de unos pocos pies que no se extienden en toda la losa, éstos son originados durante la colocación por el inadecuado proceso constructivo, fraguado del concreto y por la influencia del factor climático; por lo tanto no afectan de manera considerable la estructura de la vía y no dificulta la calidad del tránsito. Al respecto Rodríguez (2015) define sus resultados

que en su mayoría corresponden al fisuramiento de las estructuras de pavimento y son debido al alabeo por gradiente térmico o humedad (frio, helada y calor), la acumulación de material incomprensible en las juntas de dilatación, incorrecto proceso de construcción, agregados de mala calidad, mal fraguado o curado. Sin embargo en la sección 2 de la vía se identificó mayor presencia del daño 23 losas divididas con nivel de severidad MEDIO y ALTO teniendo en cuenta según el manual si el daño es de mediana o alta severidad ninguna otra falla debe ser registrada en la losa, es recomendable por el alto grado de deterioro el reemplazo de la losa. De igual forma estos resultados son similares a lo encontrado por Santana y Cuesta (2019) quienes refieren que para el 100% de las unidades de muestreo, se requiere mantenimiento y es necesario retirar las losas que presentan alto grado de deterioro y reemplazarlo por una losa nueva que mantenga la continuidad con la losa adyacente, con base en esto determinaron que es viable realizar una reconstrucción del 6% de las unidades de muestreo que equivale a la unidad 12 pero en el formato de caminos de concreto hidráulico, las losas afectadas con el daño 23 que presentan una severidad ALTO son 10 losas, lo que significa que las losas que necesitan ser reemplazados y reconstruidos ya que representan el 50% de las unidades de muestreo y un 2,77% del número total de losas. Por otro lado, representan alto riesgo para la estructura, debido a que, si una losa presenta fisuras profundas considerables y que estas a su vez segmenten la losa, permitiendo que agentes externos como el agua, suciedad y otros factores afecten internamente la losa, generan un malestar en la calidad del transporte público. Analizando estos resultados para la sección 1 se pueden establecer mantenimientos periódicos para que corrijan los daños que aún no han afectado la estructura de forma considerable, para así evitar que estos daños se transformen en fallas de mayor severidad y que en consecuencia representen mayor riesgo para el tiempo de vida útil de la estructura y que exista un incremento en el costo de mantenimiento de la vía. Por otro lado, para la sección 2 las losas deben ser removidas y reemplazadas por una losa nueva que mantenga continuidad con las losas adyacentes, sin embargo, los daños son considerables por la antigüedad de su construcción ya que tiene 17 años de vida útil,

factor climático, inadecuado proceso constructivo o por los esfuerzos transmitidos a las losas por el tráfico pesado.

Con el objetivo de establecer la confiabilidad del cálculo del índice de condición del pavimento (PCI) en la Av. Sesquicentenario de la ciudad de Puno; se consideró el valor de deducción más alto y se tuvo en cuenta la densidad del daño, la severidad y el número de losas afectadas, esto con el fin de decantar los daños que son leves y no representan un riesgo para la estructura, ya que al existir aún la posibilidad de ser subsanadas y que se puedan realizar mantenimientos preventivos, no se consideran daños que no afecten el funcionamiento de la estructura. Se determinó los valores PCI de cada unidad de muestra y el valor PCI PROMEDIO de cada sección. En la sección 1 conformado por 5 unidades de muestreo se determinó que en la UM-01 presenta un valor PCI de 90.50 con clasificación EXCELENTE, en la UM-02 se determinó un valor PCI de 89.50 con clasificación EXCELENTE, en la UM-03 Y UM-04 se determinó un valor PCI de 90 con clasificación EXCELENTE por último en la unidad de muestra 05 se determinó un valor PCI de 68.50 con clasificación BUENO. Sin embargo, al calcular el estado en el que se encuentran las unidades de muestreo se logra determinar que el 20% de las unidades de muestreo presenta un estado BUENO y un 80% de las unidades analizadas presentan un estado EXCELENTE; esto quiere decir que la vía se encuentra en buen estado. De igual forma estos resultados son similares a lo determinado por Raico (2019) quien al aplicar la metodología del índice de condición del pavimento determinó que la sección evaluada tuvo un valor de PCI igual a 81.52, siendo este el valor promedio de todas las unidades evaluadas, cuya calificación corresponde a un estado MUY BUENO y concluyó que a dicho estado le corresponde realizar un mantenimiento menor. De la misma manera Sánchez (2017) en su estudio determinó que el 28% del pavimento se encuentra en óptimas condiciones, el 24% en muy buena, el 17% en condiciones buena y solo el 6% en condiciones regular, este estudio le permitió concretizar los tratamientos adecuados para mantener el pavimento a nivel de estado aceptable. Estos resultados indican que teniendo una clasificación excelente se recomienda realizar un monitoreo de los daños para realizar un mantenimiento a mediano plazo,

lo cual permitirá mantener en buen estado operativo el pavimento rígido por más tiempo y logre cumplir su vida útil para el que fue diseñado. En la sección 2 conformado por 11 unidades de muestreo se determinó que en la UM-06 presenta un valor PCI de 12.50 con clasificación MUY MALO, en la UM-07 se determinó un valor PCI de 17.00 con clasificación MUY MALO, en la UM-08 se determinó un valor PCI de 4.80 con clasificación FALLADO, en la UM-09, UM-10, UM-11 se determinó un valor PCI de 11.50 con clasificación MUY MALO, en la UM-12 se determinó un valor PCI de 13.60 con clasificación MUY MALO, en la UM-13 se determinó un valor PCI de 15.20 con clasificación MUY MALO, en la UM-14 se determinó un valor PCI de 19.50 con clasificación MUY MALO, en la UM-15 se determinó un valor PCI de 15.00 con clasificación MUY MALO y por último en la UM-16 se determinó un valor PCI de 28.00 con clasificación MALO. Sin embargo, al calcular el estado en el que se encuentran las unidades de muestreo se logró determinar que tan solo el 9.09% de las unidades de muestreo presenta un estado FALLADO y un 9.09% de las unidades de muestreo presenta un estado MALO y el 81.81% de las unidades analizadas presentan un estado MUY MALO. Estos resultados reflejan un alto grado de deterioro de la vía donde será necesario el reemplazo de la totalidad de losas de la sección 2, ya que dificulta el tránsito vehicular siendo una zona concurrida por el turismo, así mismo en tiempos de lluvia se genera acumulación de agua debido a los daños por punzonamiento y a las fisuras que atraviesan las losas. Tal como lo ratifica Paucar (2019) en su estudio del Jr Carabaya de la ciudad de Puno planteó realizar actividades de mantenimiento rutinario y periódico para lograr que la vía cumpla con el nivel de transitabilidad con el cual se diseñó y que se debe realizar antes del inicio de la temporada de lluvias, recomendando realizar la reconstrucción de la mayoría de losas del tramo en estudio.

Por consiguiente, se comprobó la hipótesis planteada, donde la determinación del índice de condición del pavimento rígido en la Av. Sesquicentenario nos ayudó a comprender la problemática que actualmente atraviesa la red vial en estudio dentro del entorno urbano de la ciudad de Puno, ya que se determinó la totalidad de los daños existentes en el pavimento rígido de la Av. Sesquicentenario según la

formulación del PCI; analizando estos resultados se determinó el valor del PCI promedio de la sección 1 siendo ésta 85.70 con una clasificación EXCELENTE y el valor del PCI en la sección 2 es 14.55 con una clasificación MUY MALO. Estos resultados indican que para la sección 1 es recomendable corregir los daños ya existentes con un mantenimiento de vía para así mismo evitar que estos daños se conviertan en fallas de mayor severidad y en la sección 2 es necesario intervenir de forma inmediata ya que se encuentra en un estado muy malo que perjudica el transporte urbano y la calidad del tránsito.

En consecuencia, nuestra investigación fomenta el uso de la ficha de datos del método numérico PCI para que podamos mostrar su relevancia en la búsqueda y análisis patológico en vías de pavimentos rígidos, que también se basa en un análisis descriptivo no experimental. A través de esta investigación, podemos mejorar y proporcionar las facilidades para futuras reparaciones de carreteras.

## VI. CONCLUSIONES

En este estudio se determinó el índice de condición del pavimento rígido en la Av. Sesquicentenario de la ciudad de Puno – 2021. Lo más importante es la inspección patológica de las unidades de muestreo; donde se determinó el valor del PCI en la sección 1 con resultado 85.70 y clasificación EXCELENTE y el valor del PCI en la sección 2 con resultado 14.55 y clasificación MUY MALO. Lo que más ayudó a determinar el índice de condición del pavimento son los formatos de registros de datos PCI y los ábacos para determinar los valores deducidos y valores deducidos corregidos según la Norma ASTM D6433 – 03. Lo más difícil en la determinación del índice de condición del pavimento rígido es realizar el monitoreo del PCI In situ, ya que representa un peligro caminar sobre el pavimento para identificar los daños y también no nos facilitaron el expediente técnico. Asimismo, se confirmó la hipótesis de investigación referente a que, se determinó el índice de condición del pavimento rígido en la Av. Sesquicentenario de la ciudad de Puno – 2021.

Con relación al primer objetivo específico; identificar los tipos de fallas que presenta el pavimento rígido de la Av. Sesquicentenario de la ciudad de Puno - 2021. Se identifica las fallas representativas según el manual del PCI. En la sección 1 son las fallas por retracción en un 32%, grieta lineal 17% y descascaramiento de esquina 13% Y en la sección 2 la falla mas representativa son las losas divididas en un 73% seguido de la falla por punzonamiento 11%.

Con relación al segundo objetivo específico evaluar el nivel de severidad que presentan las fallas del pavimento rígido de la Av. Sesquicentenario de la ciudad de Puno - 2021. Los niveles de severidad de las fallas existentes en el pavimento rígido más influyente de la sección 1 es la falla por retracción donde no se define los niveles de severidad seguido de grietas lineales con nivel de severidad BAJO y en la sección 2 la falla más representativa son las losas divididas con nivel de severidad MEDIO y ALTO seguido de la falla por punzonamiento con niveles de severidad BAJO, MEDIO y ALTO. Se concluye que se evaluó los niveles de severidad para realizar los cálculos adecuados en el formato de registro de datos PCI, dato muy

importante para la determinación de los valores deducidos (VD) y valores deducidos corregidos (CVD).

Con relación al tercer objetivo específico determinar el grado de severidad que presenta el pavimento rígido de la Av. Sesquicentenario de la ciudad de Puno - 2021. Se determina que la sección 1 presenta un 80% de unidades de muestra con clasificación "EXCELENTE" y 20% de unidades de muestra con clasificación "BUENO" y en la sección 2 se observa un 81.81% de unidades de muestra con clasificación "MUY MALO", 9.09% de unidades de muestra con clasificación "MALO" y 9.09% de unidades de muestra con clasificación "FALLADO". Se concluye que la vía en estudio de la sección 1 se encuentra en un estado óptimo para una buena transitabilidad, ya que es un pavimento con poco tiempo de construcción y la vía de la sección 2 se encuentra en un estado muy malo generando daños en el servicio de transporte, ya que es un pavimento antiguo.

La determinación del índice de condición del pavimento mediante la metodología PCI es importante para tener un monitoreo de los daños existentes inspeccionados e identificados en las losas y poder realizar mantenimientos que corrijan los daños, para evitar que aumenten sus niveles de severidad y cumplan su tiempo de vida útil. Con esta investigación a nivel descriptivo se espera motivar a las autoridades a que realicen los trabajos de mantenimiento correspondientes según el índice de condición de la vía y mejore la calidad del tránsito teniendo en cuenta que es una zona turística.

## VII. RECOMENDACIONES

Debido al estado que se encuentra la sección uno y dos de la vía se recomienda realizar el mantenimiento de las vías evaluadas de manera que se corrijan los daños ya existentes, tomando en cuenta que las fallas que más influyen en el comportamiento estructural del pavimento son las fallas por retracción, losas divididas y punzonamientos.

Utilizando el presente estudio y debido al estado en que se encuentra el paquete estructural se debe programar un mantenimiento periódico con la finalidad de otorgar una adecuada calidad de tránsito vehicular y cumplir con el nivel de servicio con el que fueron construidas.

Se recomienda utilizar la metodología PCI para la evaluación superficial de los pavimentos rígidos en la ciudad de Puno. Teniendo en cuenta que actualmente para realizar el mantenimiento vial generalmente se recurre a una inspección vial realizada por personal no capacitado. Siendo una opción recomendable implementar la metodología del PCI para compensar esta deficiencia descubierta.

Para las entidades locales, regionales y nacionales, debe prestar más atención a la investigación ya que el proceso de diseño y ejecución del proyecto debe ser monitoreado constantemente para los intereses de la región. Para poder brindar proyectos de calidad y evitar costos con el tiempo, múltiples fallas pueden afectar la superficie de la carretera.

## REFERENCIAS

- Armijos Salinas , C. R. (2009). Evaluación superficial de algunas calles de la ciudad de Loja. . Repositorio Universidad Técnica Particular de Loja.
- Asenjo Cajusol, D. E. (2017). EVALUACIÓN DEL ESTADO DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN LA AVENIDA MARISCAL CASTILLA, MEDIANTE LA METODOLOGIA DEL PCI - JAÉN 2016. JAÉN, CAJAMARCA, PERÚ: Repositorio Universidad Nacional de Cajamarca.
- Booz Allen , H., Barriga , D., & Wilbur, S. (Febrero de 1999). Manual de identificación, clasificación y tratamientos de fallas en pavimentos urbanos . Lima, Callao, Perú.
- Cieza Macedo, E. O., & Liñan Vásquez, M. T. (2018). Evaluación del pavimento rígido en el jirón Augusto B. Leguía, Distrito Independencia, Huaraz, Ancash - 2018. Huaraz, Perú: Repositorio Universidad Cesar Vallejo.
- Cordero, Z. R. (2009). Investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista educación*. San Pedro, Montes de Oca, Costa Rica.
- Cuerpo de ingenieros del ejército de los Estados Unidos. (2003). Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos. *ASTM D6433-03*.
- Departamento de administración y evaluación de pavimentos. (1999). Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación. República Dominicana.
- Díaz G., E. R., & Rojas Q., M. A. (s.f.). *Procesos constructivos de pavimentos de concreto hidráulico aplicados en transitos vehiculares de bajos volúmenes en la región del alto Magdalena*. Alto Magdalena.
- Doig Sánchez, J. K. (2020). Evaluación de 0.57 kilómetros de pavimento rígido mediante el método PCI de la avenida Confraternidad Internacional Este de

- la provincia de Huaraz - Ancash - 2019. Huaraz, Perú: Repositorio Universidad Cesar Vallejo.
- Espinoza Sanchez , W. A., & Miranda Salas, H. G. (2020). Evaluacion de las patologias del pavimento rígido en la Av. 31 de Mayo - Catac - Recuay - Ancash - 2019. Huaraz: Perú.
- Flores Huaman, E. G. (2016). DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS PATOLOGÍAS DEL CONCRETO PARA OBTENER EL ÍNDICE DE INTEGRIDAD ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO Y CONDICIÓN OPERACIONAL EN LA AVENIDA PERÚ DEL DISTRITO DE CARMEN ALTO, PROVINCIA DE HUAMANGA, DEPARTAMENTO DE AYACUCHO. Ayacucho, Perú.
- Granda Hinojosa, C. G. (2019). Evaluacion de la condicion del pavimento rígido por el método PCI en el anillo vial tramo Chaupimarca - Yanacancha - Pasco - 2018. Pasco, Perú: Repositorio: Universidad Nacional Daniel A. Carrión.
- Leguía Loarte, P. B., & Pacheco Risco, H. F. (2016). Evaluacion superficial del pavimento flexible por el método pavement condition index (pci) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau . Lima, Perú: Repositorio academico USMP.
- MEF. (2015). *Pautas metodologicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulacion y evaluacion social de proyectos de inversion publica de carreteras*. Lima.
- Ministerio de transporte instituto nacional de vías. (Octubre de 2006). Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos. Bogotá D.C., Colombia.
- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Bogotá: Agora Editores.

- Mundaca Nuñez, A. F. (2019). Evaluacion del pavimento rigido aplicando el metodo indice de condicion del pavimento (PCI), en las calles del distrito de chochope, Lambayeque - Lambayeque. Chiclayo, Peru.
- Paredes Cavalcanti, J. (2019). Determinacion del indice de condicion del pavimento rigido (PCI) en las pistas de la avenida Magisterial del distrito de San Juan Bautista - Huamanga - Ayacucho - 2018. Ayacucho, Perú: Repositorio: Universidad Católica los Angeles de Chimbote.
- Pattillo B., J. (1988). Consideraciones generales sobre diseño de pavimentos asfálticos. *Revista de Ingenieria de construcción N°4, 2*.
- Paucar Curo, E. F. (2019). Evaluación de pavimentos flexibles y rígidos aplicando las metodologías de inspección visual de zonas y rutas en riesgo e índice de condición del pavimento para el mantenimiento vial, caso de la Av. Floral y Jr. Carabaya, Puno. Puno, Puno, Perú: Repositorio Universidad Nacional del altiplano.
- Raico Huaripata, R. A. (2019). Determinacion del índice de condición del pavimento rígido en el jirón colonial de la ciudad de Cajamarca. Cajamarca, Perú: Repositorio Universidad Nacional de Cajamarca.
- Rimarachin Rojas, N. F. (2018). Evaluacion superficial del pavimento en tres avenidas principales en la ciudad de Chota, región Cajamarca - 2018. CHICLAYO, PERU: Repositorio Universidad Cesar Vallejo.
- Rodríguez Minaya, Y. E. (2016). Evaluacion de la condicion operacional del pavimento rigido, aplicando el método del pavement condition index (PCI), en las pistas del barrio el triunfo, distrito de Carhuaz, provincia de Carhuaz, región Ancash, Diciembre 2015. Ancash, Perú: Repositorio Universidad Católica los Ángeles Chimbote.
- Rodríguez Velásquez, E. D. (05 de Octubre de 2009). Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero Distrito de Castilla. Piura, Perú.

- Ruiz Brito, C. A. (Abril de 2011). Analisis de los factores que producen el deterioro de los pavimentos rígidos. Sangolquí.
- Salinas Ramos, W. A., Rojas Araujo , O., & Jimenez Lalangui , Y. (2019). Evaluacion superficial de pavimento rigido utilizando metodo indice de condicion de pavimento, la avenida Pakamueros provincia de Jaen, Cajamarca 2019. Chiclayo, Perú: Repositorio Universidad Cesar Vallejo.
- Sánchez Ramirez, J. (2017). Evaluacion del estado del pavimento de la Av. Ramón Castilla, Chulucanas, mediante el método PCI. Piura: Universidad de Piura.
- Santana Trujillo, A. S., & Cuesta Rojas, J. A. (Enero de 2019). Determinación de patologías en losas de concreto hidráulico en la calle 4d entre carreras 22 a la 26a barrio La Alborada. Villavicencio: Universidad Santo Tomás.
- Silva Gonzáles, H. H. (2019). Evaluacion superficial del pavimento rígido por el método PCI en la calle dos de Mayo - Jaén - Cajamarca. Jaén, Perú: Repositorio Universidad Nacional de Jaén.
- Terrones Becerra, N. (2018). Evaluacion y analisis del pavimento rígido en el jiron 28 de julio, entre las cuadras 1 al 9, ciudad de Bagua, region Amazonas, al año 2017. Chiclayo, Perú: Repositorio Universidas Cesar Vallejo.
- Torres Portella, L. (2018). Evaluacion Superficial del pavimento rígido aplicando el método pavement condition index (PCI), en las calles del distrito de Yanama - Yungay, región Ancash. Trujillo, Perú: Repositorio Universidad Cesar Vallejo.
- Universidad Mayor de San Simón. (2004). *Pavimentos*.
- Vásquez Varela, L. (Febrero de 2002). Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. Manizales: ingepav.

## ANEXOS

Problema	Objetivos		Hipótesis	Variables				
	General	Específicos		Definición		Operacionalización		
				Conceptual	Operacional	Variable	Dimensiones	Indicadores
¿Cuál es el índice de condición del pavimento rígido en la Av. Sesquicentenario de la ciudad de Puno - 2021?	Determinar el índice de condición del pavimento rígido en la Av. Sesquicentenario de la ciudad de Puno.	Identificar los tipos de fallas que presenta el pavimento rígido de la Av. Sesquicentenario de la ciudad de Puno - 2021.	La determinación del índice de condición del pavimento rígido en la Av. Sesquicentenario nos ayudará a comprender la problemática que actualmente atraviesa la red vial dentro del entorno urbano de la ciudad de Puno y posteriormente plantear posibles soluciones.	El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual de la condición del pavimento en el cual se establecen CLASE, SEVERIDAD y CANTIDAD que cada daño presenta. (Varela, 2002)	EL índice de condición del pavimento es una evaluación superficial basada en los tipos de fallas que presenta el pavimento las cuales se manifiestan a través del grado y nivel de severidad	Índice de condición del pavimento	Tipos de fallas	1. Pandeo.
		Determinar el grado de severidad que presenta el pavimento rígido de la Av. Sesquicentenario de la ciudad de Puno - 2021.						2. Fisura de esquina.
								3. Losa dividida.
4. Fisura de durabilidad "D".								
5. Escalonamiento								
6. Daño en el sello de la junta.								
7. Desnivel carril - berma.								
8. Fisuras lineales.								
9. Parches grandes.								
10. Parches pequeños.								
11. Agregado pulido.								
12. Popouts.								
13. Bombeo.								
14. Punzonamiento.								
15. Cruce de vía férrea.								
16. Descascaramiento, mapa de fisuras, craquelado.								
17. Fisuras de contracción.								
18. Descascaramiento de esquina.								
19. Descascaramiento de junta.								
Grado de severidad	Alto							
	Medio							
	Bajo							
Grado de severidad	Excelente							
	Muy bueno							
	Bueno							
	Regular							
	Malo							
Muy malo								
Fallado								

**Figura 66.** Matriz de consistencia. (Elaboración propia)

## CUESTIONARIO PARA INGENIEROS ESPECIALISTAS EN ESTRUCTURAS

Fecha: .....

### INSTRUCCIÓN

Estimado Ingeniero, las preguntas que a continuación formulamos, forman parte de una investigación encaminada a explicar el índice de condición del pavimento rígido, para lo cual necesitamos de tu colaboración y apoyo, respondiendo según su experiencia. Para lo cual marcarás en uno de los recuadros teniendo en cuenta que:

**MI**= Muy insatisfactorio    **MD**= Moderadamente insatisfactorio    **NN**= Ni satisfactorio ni insatisfactorio    **S**= Satisfactorio    **MS**= Muy satisfactorio

N°	ITEMS	1	2	3	4	5
		MI	MD	NN	S	MS
01	¿Cómo califica según su experiencia, el nivel de confiabilidad de la aplicación de la metodología del índice de condición del pavimento (PCI)?					
02	¿Cómo califica según su experiencia, la suficiencia de la ficha de inspección PCI para la recopilación de datos in situ del pavimento rígido?					
03	¿Cómo califica según su experiencia, la identificación de las fallas presentes en el pavimento rígido según la metodología PCI?					
04	¿Cómo califica según su experiencia, la evaluación de los niveles de severidad de las fallas según la metodología PCI en pavimentos rígidos?					
05	¿Cómo califica según su experiencia, la determinación del grado de severidad según los rangos de calificación del PCI en pavimentos rígidos?					
06	¿Cómo califica según su experiencia, la determinación de los valores deducidos de las fallas de acuerdo a su nivel de severidad según la					

	metodología PCI?					
07	¿Cómo califica según su experiencia, la determinación de los valores deducidos corregidos a través de las curvas de corrección según el manual PCI de acuerdo al número de deducciones “q” y los valores deducidos totales según la metodología PCI?					
08	¿Cómo califica según su experiencia, la distribución de las unidades de muestra a inspeccionar según la metodología PCI?					
09	¿Cómo califica según su experiencia, la aplicación del proceso iterativo de obtención del máximo valor deducido corregido en la ficha de inspección PCI para el pavimento rígido?					
10	¿Cómo califica según su experiencia, el rango de la unidad de muestreo $20 \pm 8$ para losas con longitud inferior a 7.60 m aplicados según la metodología PCI en pavimentos rígidos ?					



## UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### CONSTANCIA

#### VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

Por la presente el que suscribe MSc. Ing. Alan Angel Chavez Iglesias; deja constancia de haber evaluado los instrumentos de recolección de datos para ser utilizados en la investigación titulada "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN LA AV. SESQUICENTENARIO DE LA CIUDAD DE PUNO - 2021", cuyos autores son: Bach. Yomara Silvia Benito Mamani y Bach. Jaime Marcial Mendoza Colque.

Dichos instrumentos serán aplicados en la presente investigación, considerando las variables y objetivos que se procura alcanzar; por lo que cuenta con la validez y confiabilidad correspondiente.

Se extiende la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que considere pertinentes.

Tarapoto, 10 de Julio 2021

MSc. Ing. Alan Angel Chavez Iglesias

CIP. 132218



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## CONSTANCIA

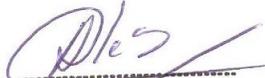
### VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

Por la presente el que suscribe Mgtr. Ing. Nestor Alejandro Cruz Calapuja; deja constancia de haber evaluado los instrumentos de recolección de datos para ser utilizados en la investigación titulada "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN LA AV. SESQUICENTENARIO DE LA CIUDAD DE PUNO - 2021", cuyos autores son: Bach. Yomara Silvia Benito Mamani y Bach. Jaime Marcial Mendoza Colque.

Dichos instrumentos serán aplicados en la presente investigación, considerando las variables y objetivos que se procura alcanzar; por lo que cuenta con la validez y confiabilidad correspondiente.

Se extiende la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que considere pertinentes.

Puno, 15 de Julio 2021

  
Mgtr. Ing. Nestor Alejandro Cruz Calapuja  
ING. CIVIL - GEOTECNIA Y TRANSPORTES  
COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU REG. N° 119487



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## CONSTANCIA

### VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION

Por la presente el que suscribe Mgtr. Ing. Luis Enrique Ordinola Enriquez; deja constancia de haber evaluado los instrumentos de recolección de datos para ser utilizados en la investigación titulada "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO RÍGIDO EN LA AV. SESQUICENTENARIO DE LA CIUDAD DE PUNO - 2021", cuyos autores son: Bach. Yomara Silvia Benito Mamani y Bach. Jaime Marcial Mendoza Colque.

Dichos instrumentos serán aplicados en la presente investigación, considerando las variables y objetivos que se procura alcanzar, por lo que cuenta con la validez y confiabilidad correspondiente.

Se extiende la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que considere pertinentes.

  
LUIS ENRIQUE ORDINOLA ENRIQUEZ  
ING. CIVIL CIP: 169831  
CONSULTOR EN OBRAS CIVILES C103435  
Mgtr. INGENIERIA ESTRUCTURAL  
Mgtr. TRANSPORTES Y CONSERVACION VIAL

Piura, 01 de Agosto 2021

		UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO							
		EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)							
		PAVIMENTO: RÍGIDO							
<b>Nombre de la vía:</b>	Av. Sesquicentenario		<b>Progresiva inicial:</b>	KM0+000					
<b>Unidad de muestra:</b>	UM - 01	<b>N° de losas:</b>	20	<b>Progresiva final:</b>	KM0+032				
<b>Distrito:</b>	Puno	<b>Provincia:</b>	Puno	<b>Departamento:</b>	Puno				
<b>Evaluated por:</b>	Benito Mamani Yomara Silvia Mendoza Colque Jaime Marcial								
<b>Fecha:</b>	06/06/2021								
TIPOS DE FALLAS									
21: Blow up / Buckling	30: Parcheo pequeño								
22: Grieta de esquina	31: Pulimento de agregados								
23: Losa dividida	32: Popouts								
24: Grieta de durabilidad "D"	33: Bombeo								
25: Escala	34: Punzonamiento								
26: Daño en el sello de junta	35: Cruce de vía férrea								
27: Desnivel Carril / Berma	36: Desconchamiento								
28: Grieta lineal	37: Retracción								
29: Parcheo (grande)	38: Descascaramiento de esquina								
	39: Descascaramiento de junta								
DENSIDAD DE FALLA									
CODIGO DE FALLA	DESCRIPCION	SEVERIDAD	N° DE LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DE REDUCCION (q)				
26	Daño en el sello de junta	L	1.00	5.00	2.00				
28	Grieta lineal	L	1.00	5.00	3.50				
31	Pulimento de agregados		2.00	10.00	2.50				
32	Popouts		1.00	5.00	2.25				
37	Retracción		2.00	10.00	0.50				
38	Descascaramiento de esquina	L	4.00	20.00	3.00				
<b>TOTAL VD</b>					<b>13.75</b>				
CALCULO DEL PCI									
N°	VALORES DEDUCIDOS					VDT	q	CDV	
1	3.50	3.00	2.50	2.25		11.25	4	0	
2	3.50	3.00	2.50	2.00		11.00	3	0	
3	3.50	3.00	2.00	2.00		10.50	2	7.8	
4	3.50	2.00	2.00	2.00		9.50	1	9.5	
								<b>Max. CDV =</b>	<b>9.5</b>
Número de valores deducidos (q) >=		4							
Mayor valor deducido (HDV) =		3.5							
Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m) =		9.86		<b>10</b>					
$mi = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDVi)$									
RANGO DE CALIFICACION DEL PCI									
RANGO	CALIFICACION								
100 - 85	EXCELENTE								
85 - 70	MUY BUENO								
70 - 55	BUENO								
55 - 40	REGULAR								
40 - 25	MALO								
25 - 10	MUY MALO								
10 - 0	FALLADO								
PCI =	100 - Max. CDV								
PCI =	90.5								
<b>CALIFICACION</b>									
<b>EXCELENTE</b>									

Figura 67. Hoja de registro y cálculo de datos de la UM - 01. (Elaboracion propia)

26. DAÑO EN EL SELLO DE LA JUNTA		
<p>El daño del sello de la junta no está clasificado por densidad. La densidad de la falla está determinada por el estado general de los selladores para una unidad de muestra en particular. Los valores deducidos para los niveles de severidad son:</p>		
<b>Bajo = 2 puntos</b>	<b>Medio = 4 puntos</b>	<b>Alto = 8 puntos</b>

Figura 68. Valor deducido del daño en el sello de la junta en la UM - 01. (Elaboracion propia)

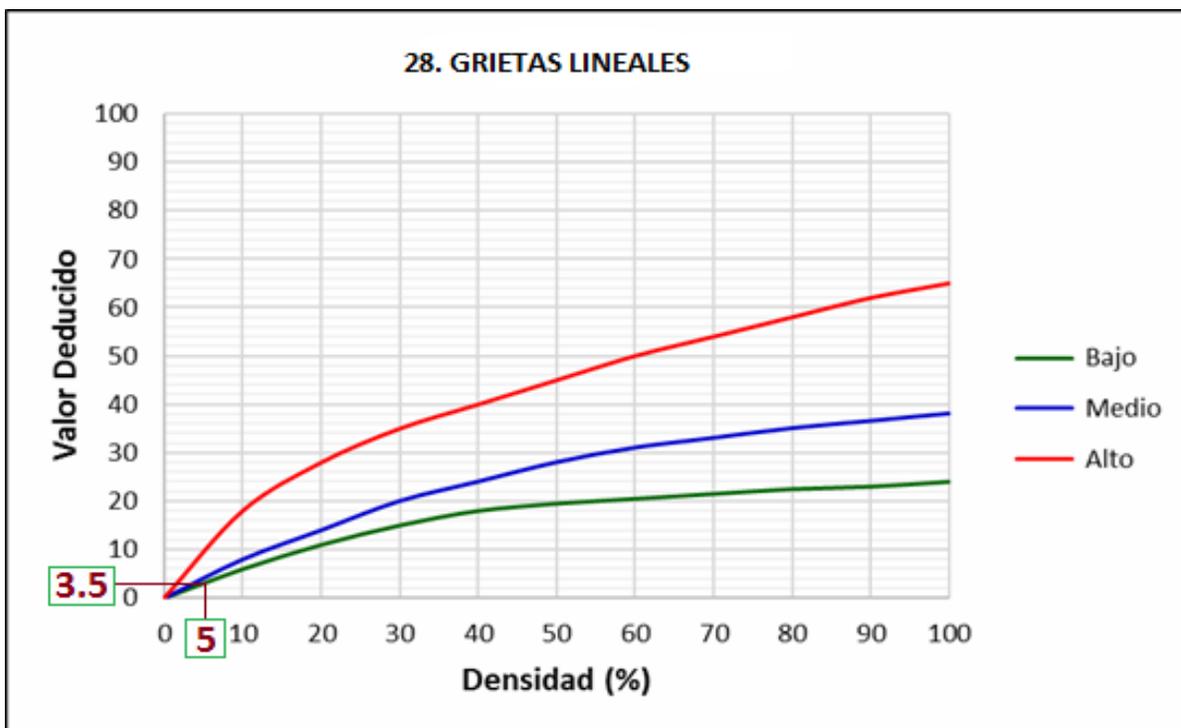


Figura 69. Valor deducido de grietas lineales en la UM - 01. (Elaboracion propia)

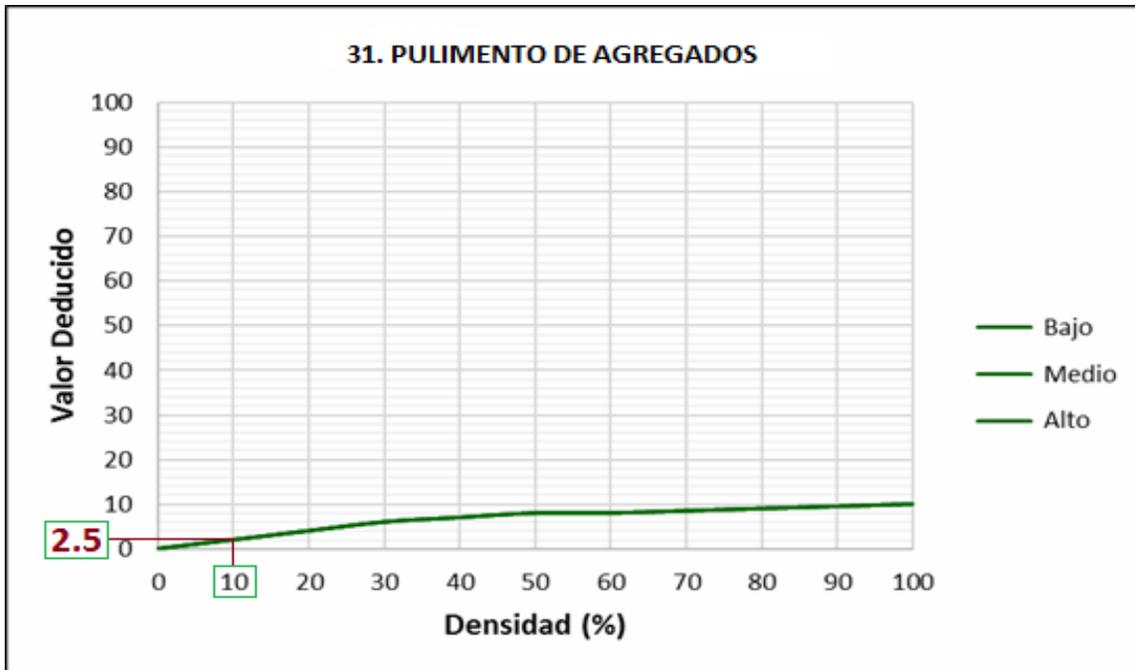


Figura 70. Valor deducido de pulimento de agregados en la UM - 01. (Elaboracion propia)

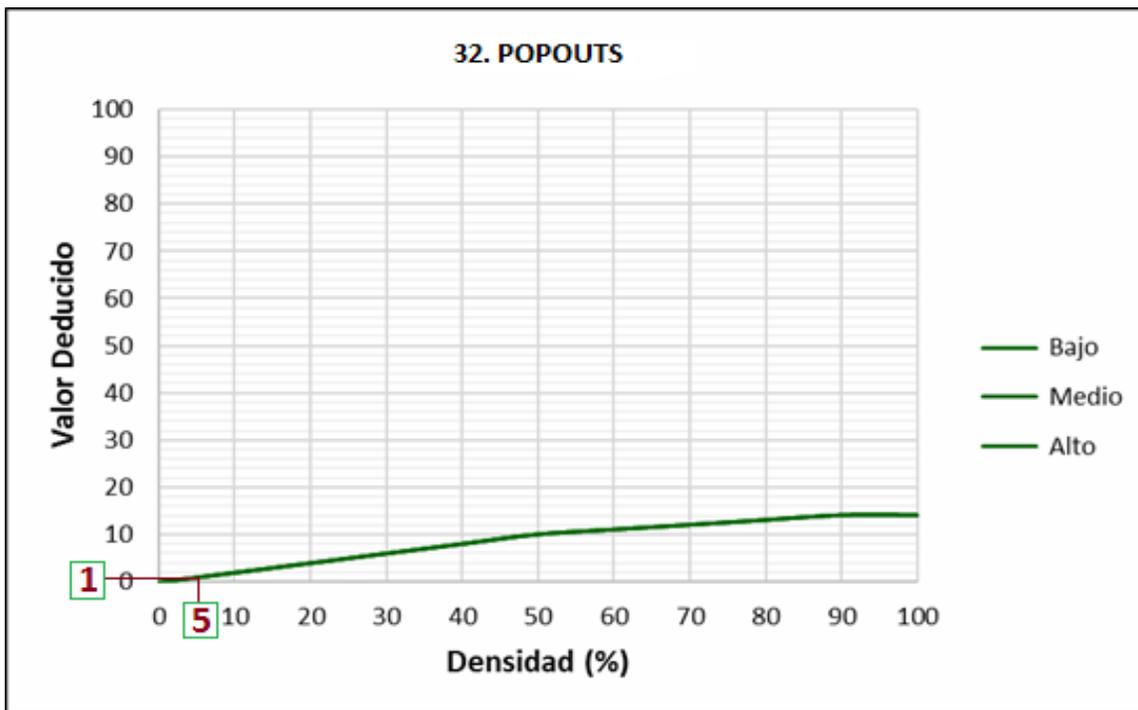


Figura 71. Valor deducido de popouts en la UM - 01. (Elaboracion propia)

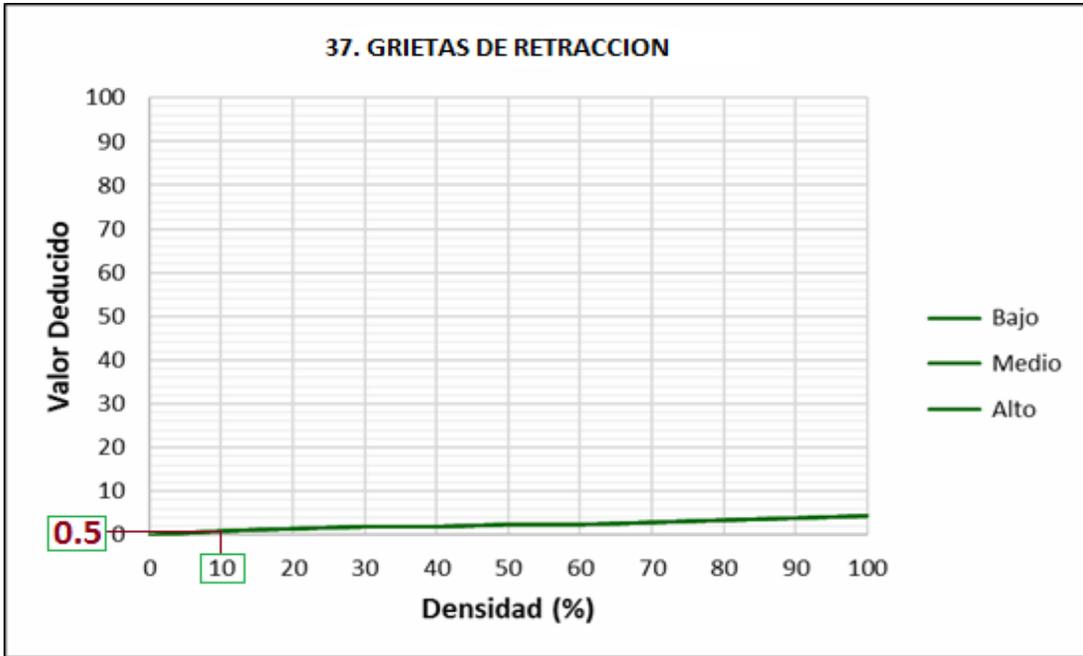


Figura 72. Valor deducido de las grietas de retracción en la UM - 01. (Elaboracion propia)

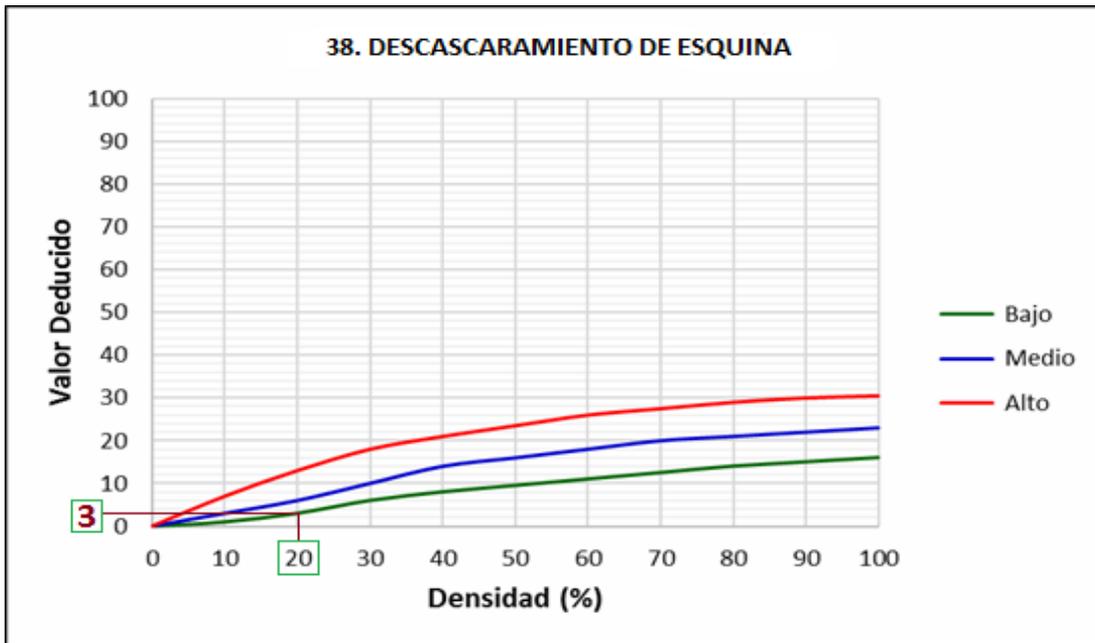
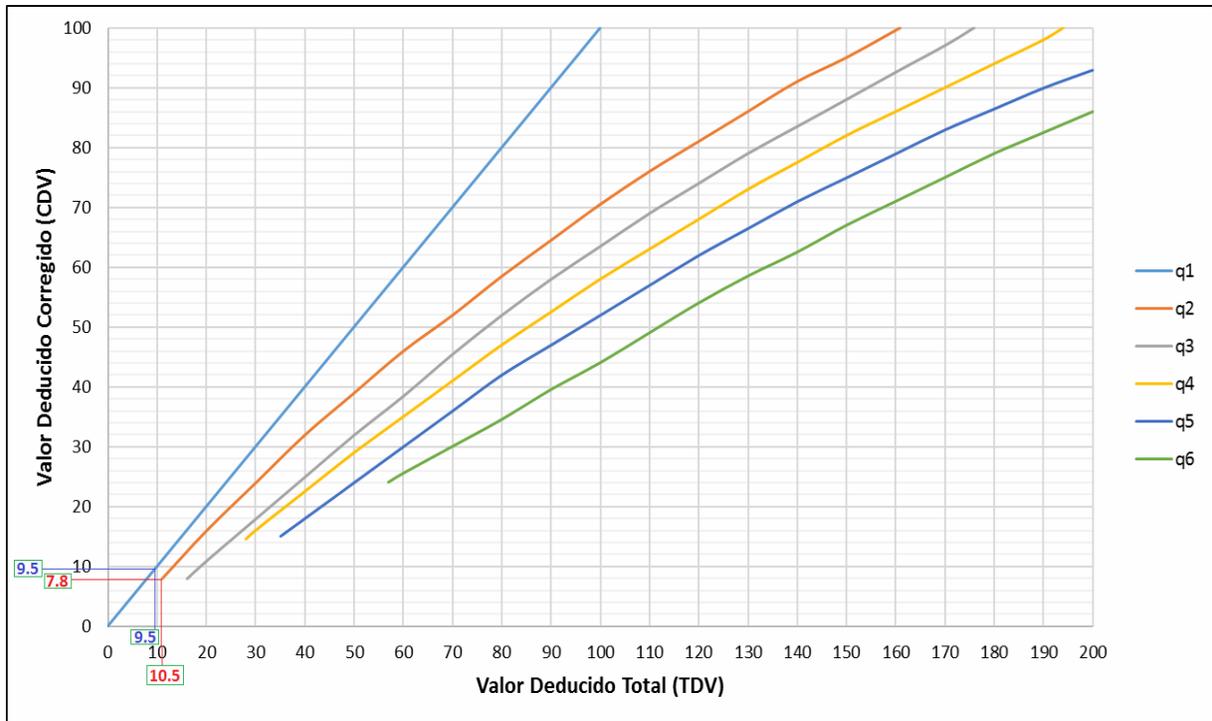


Figura 73. Valor deducido de descascaramiento de esquina en la UM - 01. (Elaboracion propia)



**Figura 74.** Valor deducido corregido de la UM - 01. (Elaboracion propia)



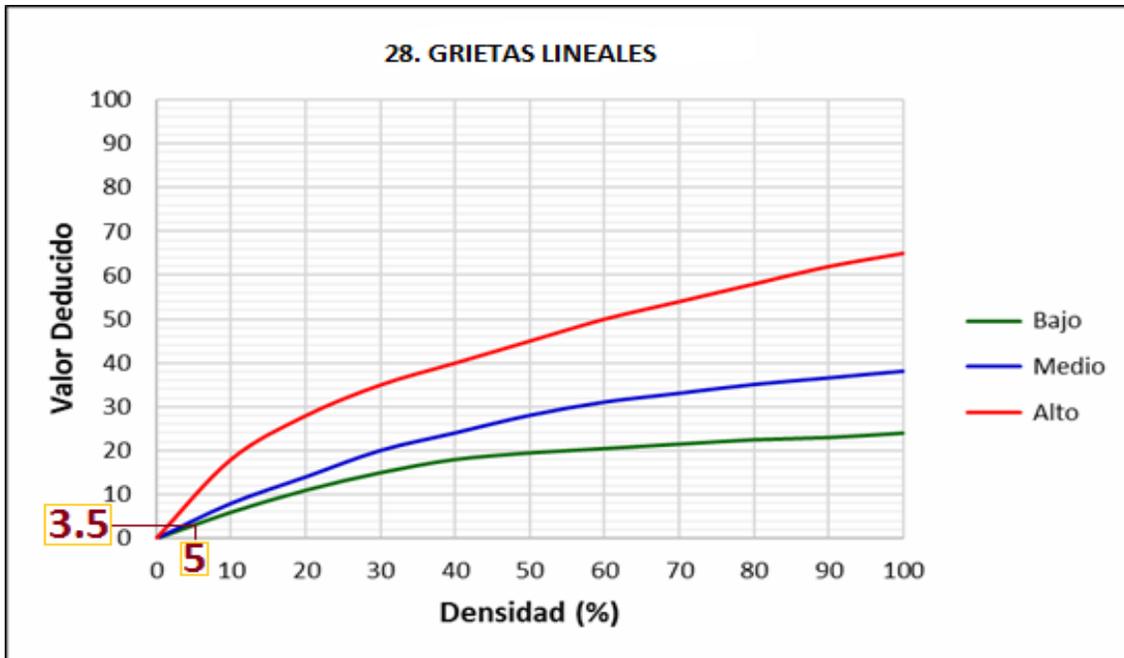


Figura 76. Valor deducido de grietas lineales en la UM - 02. (Elaboracion propia)

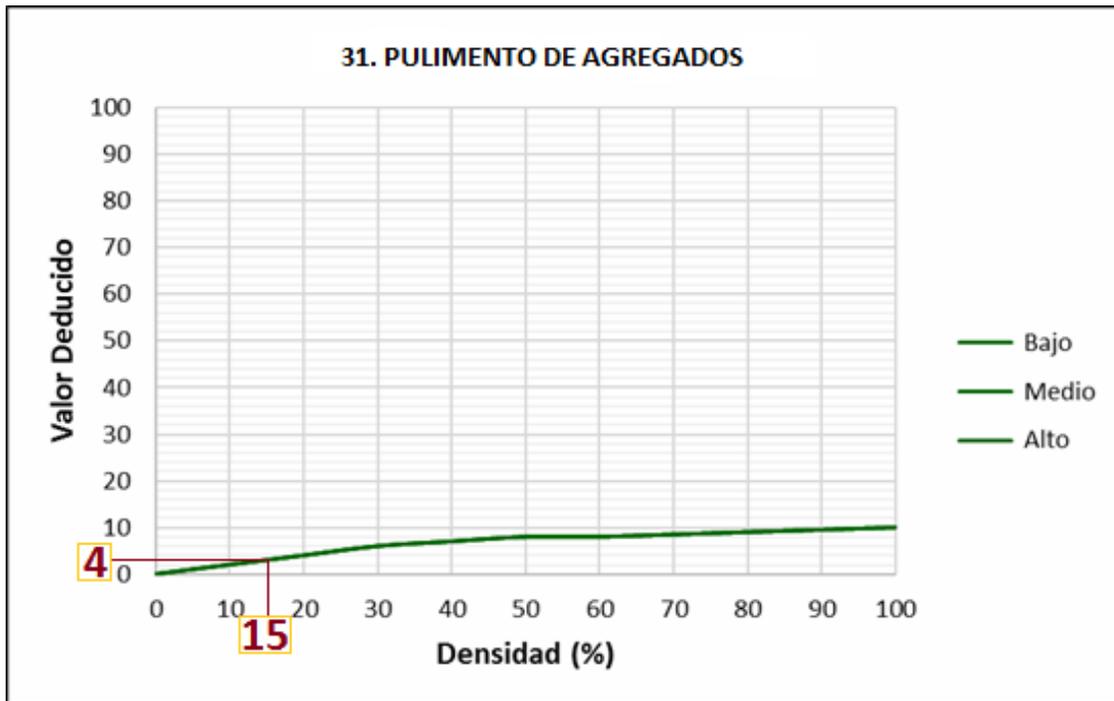


Figura 77. Valor deducido de pulimento de agregados en la UM - 02. (Elaboracion propia)

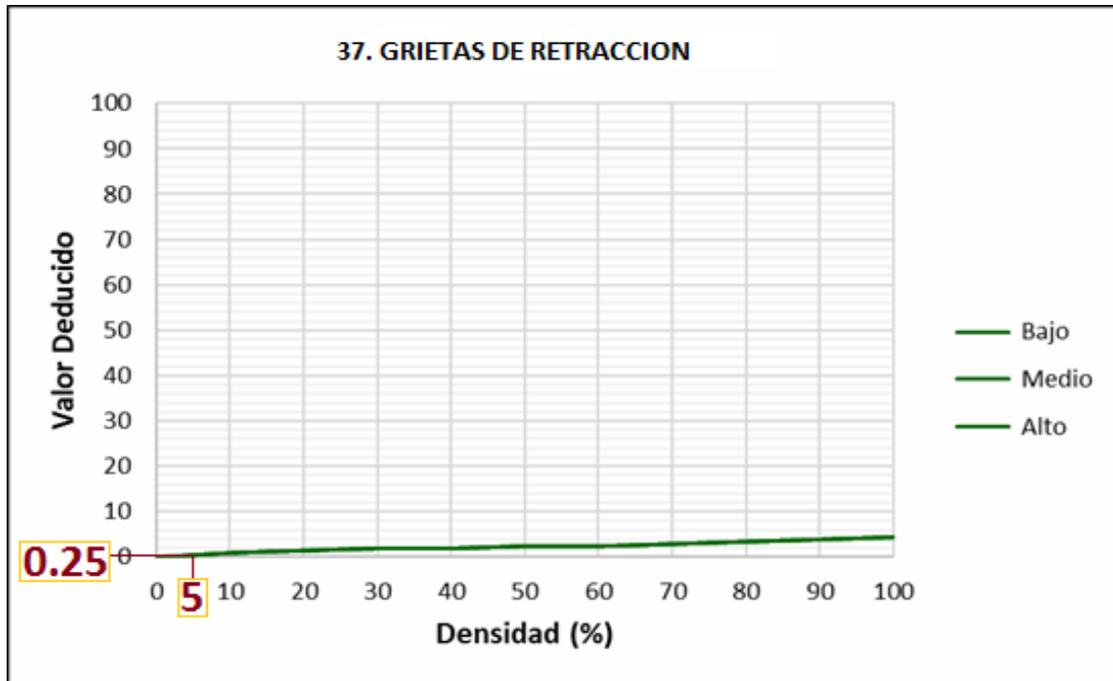


Figura 78. Valor deducido de grietas de retracción en la UM - 02. (Elaboracion propia)

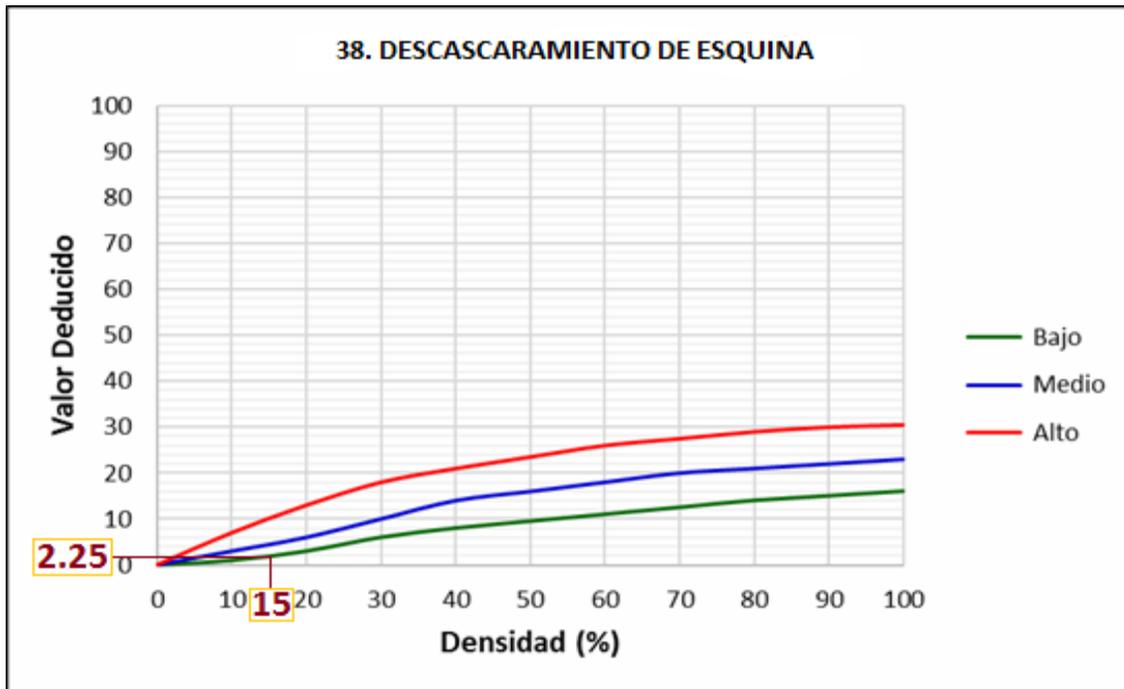


Figura 79. Valor deducido de descascaramiento de esquina en la UM - 02. (Elaboracion propia)

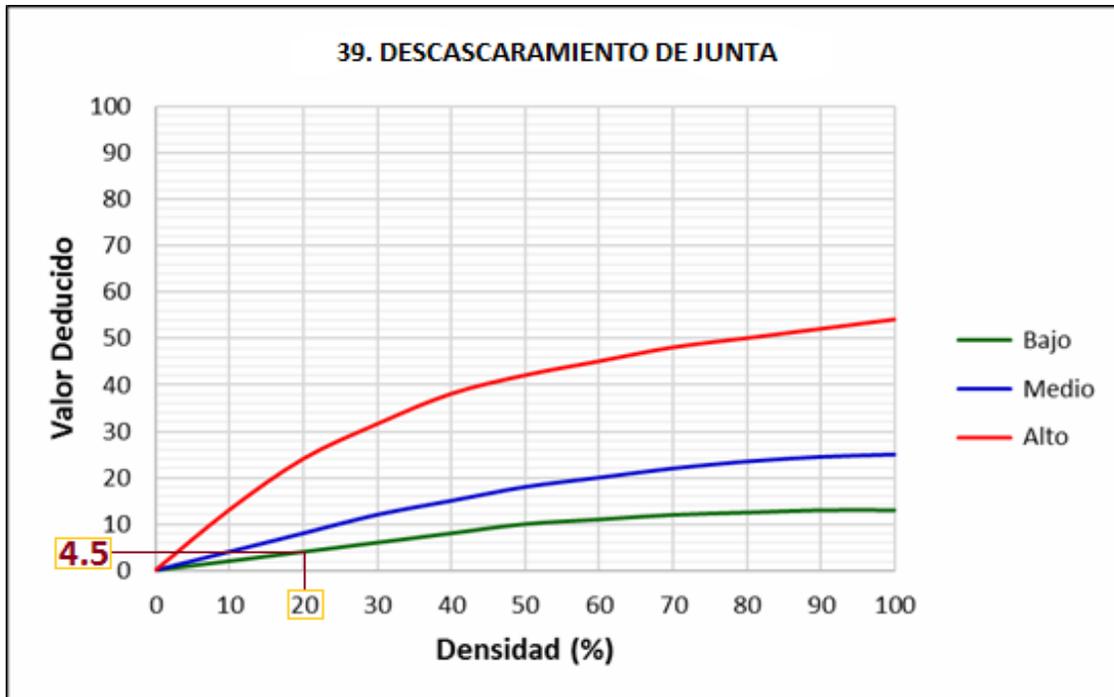


Figura 80. Valor deducido de descascaramiento de junta en la UM - 02. (Elaboracion propia)

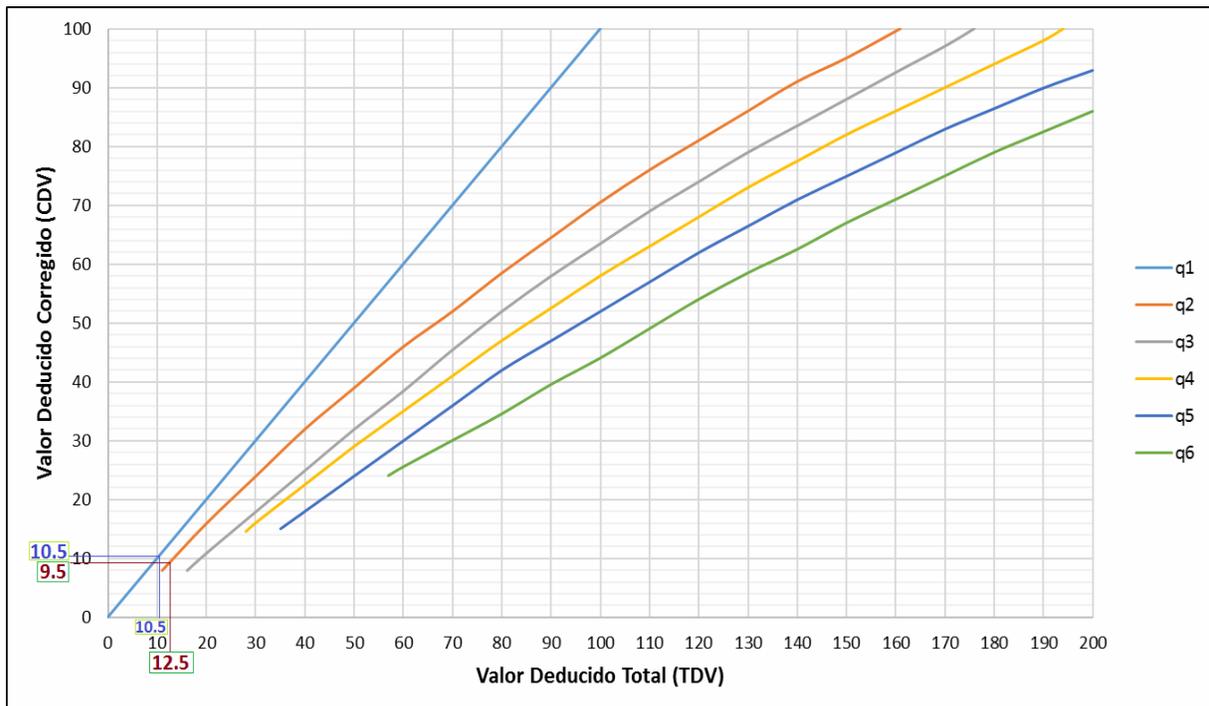


Figura 81. Valor deducido corregido de la UM - 02. (Elaboracion propia)

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		<b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>					
		<b>EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)</b>					
		<b>PAVIMENTO: RÍGIDO</b>					
<b>Nombre de la vía:</b>	Av. Sesquicentenario			<b>Progresiva inicial:</b>	KM0+064		
<b>Unidad de muestra:</b>	UM - 03	<b>N° de losas:</b>	20	<b>Progresiva final:</b>	KM0+096		
<b>Distrito:</b>	Puno	<b>Provincia:</b>	Puno	<b>Departamento:</b>	Puno		
<b>Evaluado por:</b>	Benito Mamani Yomara Silvia						
	Mendoza Colque Jaime Marcial						
<b>Fecha:</b>	06/06/2021						
<b>TIPOS DE FALLAS</b>							
21: Blow up / Buckling	30: Parcheo pequeño						
22: Grieta de esquina	31: Pulimento de agregados						
23: Losa dividida	32: Popouts						
24: Grieta de durabilidad "D"	33: Bombeo						
25: Escala	34: Punzonamiento						
26: Daño en el sello de junta	35: Cruce de vía férrea						
27: Desnivel Carril / Berma	36: Desconchamiento						
28: Grieta lineal	37: Retracción						
29: Parcheo (grande)	38: Descascaramiento de esquina						
	39: Descascaramiento de junta						
<b>DENSIDAD DE FALLA</b>							
CODIGO DE FALLA	DESCRIPCION	SEVERIDAD	N° DE LOSAS	DENSIDAD (%)	VALOR DE DEDUCCION (q)		
22	Grieta de esquina	L	1.00	5.00	4.00		
28	Grieta lineal	L	1.00	5.00	3.50		
36	Desconchamiento	L	1.00	5.00	2.50		
37	Retracción		3.00	15.00	0.75		
38	Descascaramiento de esquina	L	1.00	5.00	0.75		
39	Descascaramiento de junta	M	1.00	5.00	2.60		
<b>TOTAL VD</b>					14.10		
<b>CALCULO DEL PCI</b>							
N°	VALORES DEDUCIDOS				VDT	q	CDV
1	4.00	3.50	2.60	2.5	12.60	4	0
2	4.00	3.50	3.50	2.00	13.00	3	0
3	4.00	3.50	2.00	2.00	11.50	2	8
4	4.00	2.00	2.00	2.00	10.00	1	10
						Max. CDV =	10
Número de valores deducidos (q) >2 =				4			
Mayor valor deducido (HDV) =				4			
Número Máximo Admisible de Valores Deducidos (m) =				9.82	10		
$mi = 1.00 + \frac{9}{98} (100 - HDVi)$							
RANGO DE CALIFICACION DEL PCI		CALIFICACION					
100 - 85	EXCELENTE		PCI =		100 - Max. CDV		
85 - 70	MUY BUENO		PCI =		90		
70 - 55	BUENO						
55 - 40	REGULAR						
40 - 25	MALO						
25 - 10	MUY MALO						
10 - 0	FALLADO						
		CALIFICACION					
		EXCELENTE					

Figura 82. Hoja de registro y cálculo de datos de la UM - 03. (Elaboracion propia)

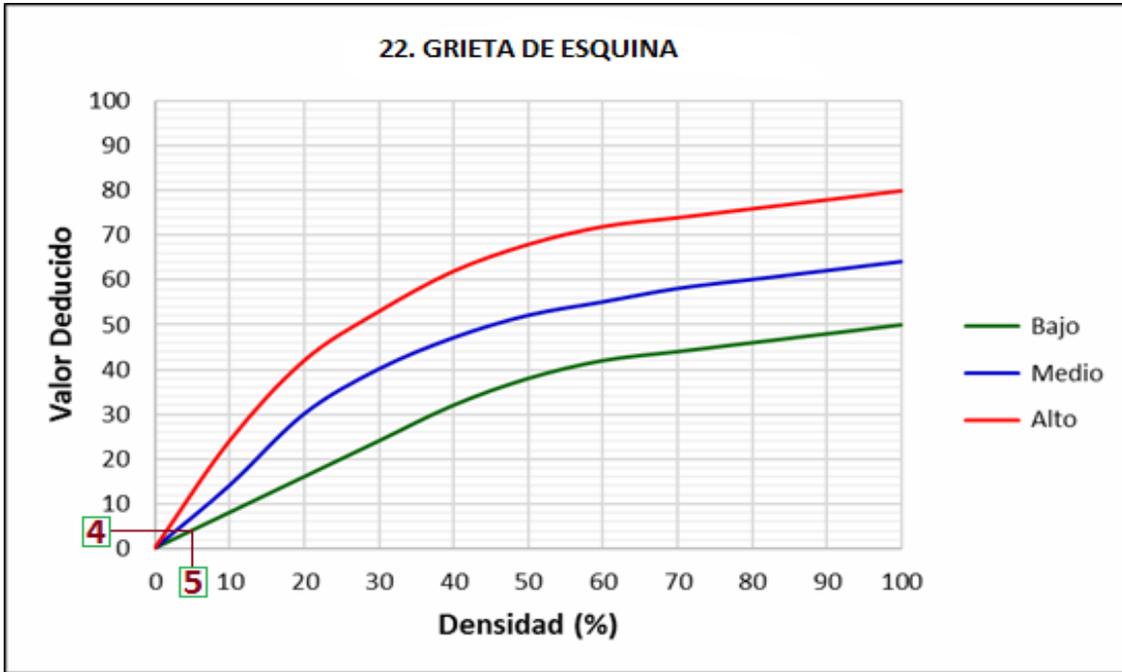


Figura 83. Valor deducido de grieta de esquina en la UM - 03. (Elaboracion propia)

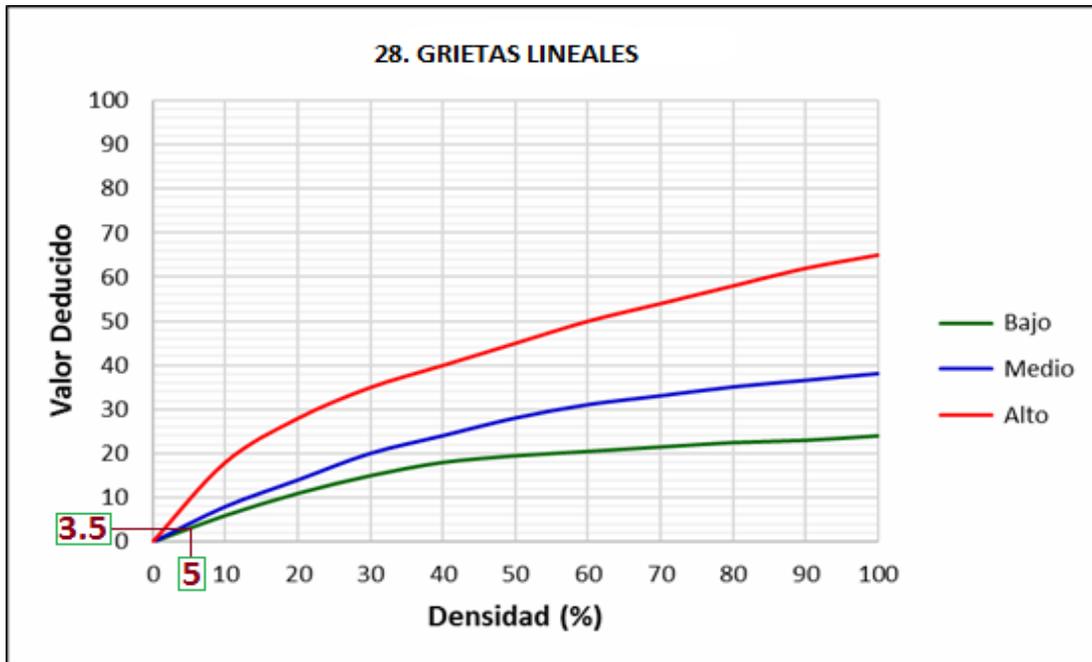


Figura 84. Valor deducido de grietas lineales en la UM - 03. (Elaboracion propia)

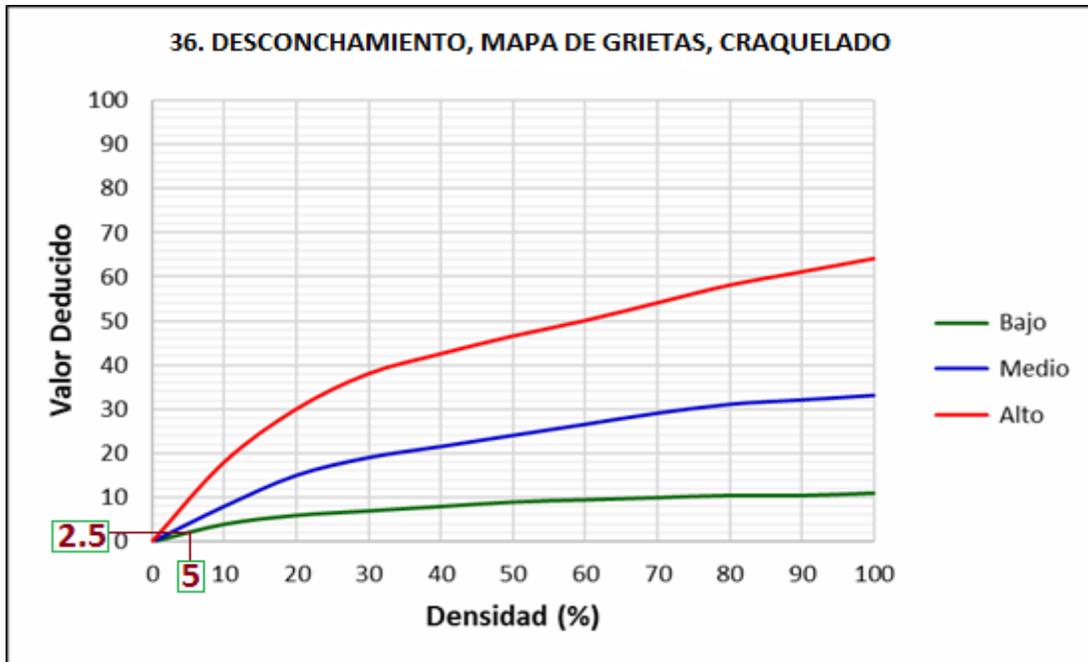


Figura 85. Valor deducido de desconchamiento, mapa de grietas, craquelado en la UM - 03. (Elaboracion propia)

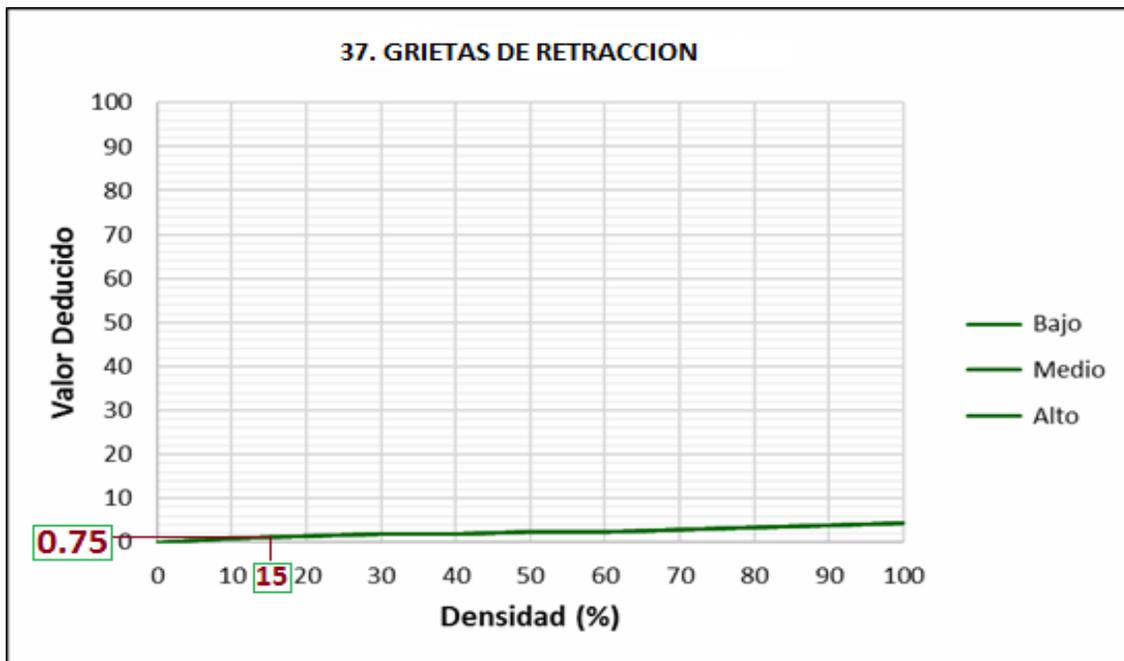


Figura 86. Valor deducido de grietas de retracción en la UM - 03. (Elaboracion propia)

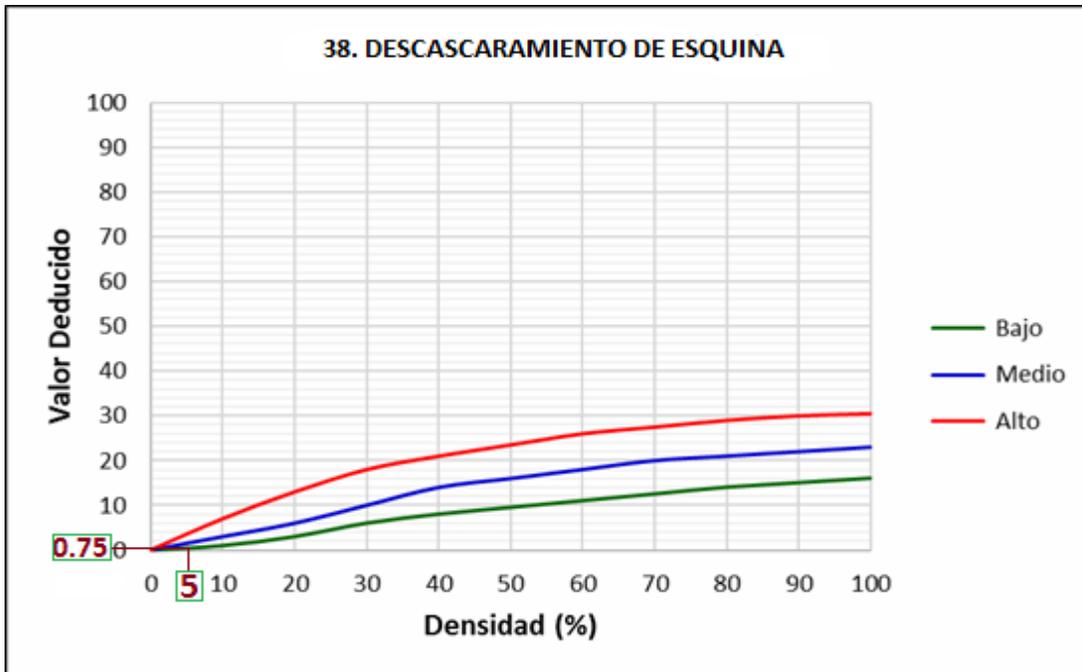


Figura 87. Valor deducido de descascaramiento de esquina en la UM - 03. (Elaboracion propia)

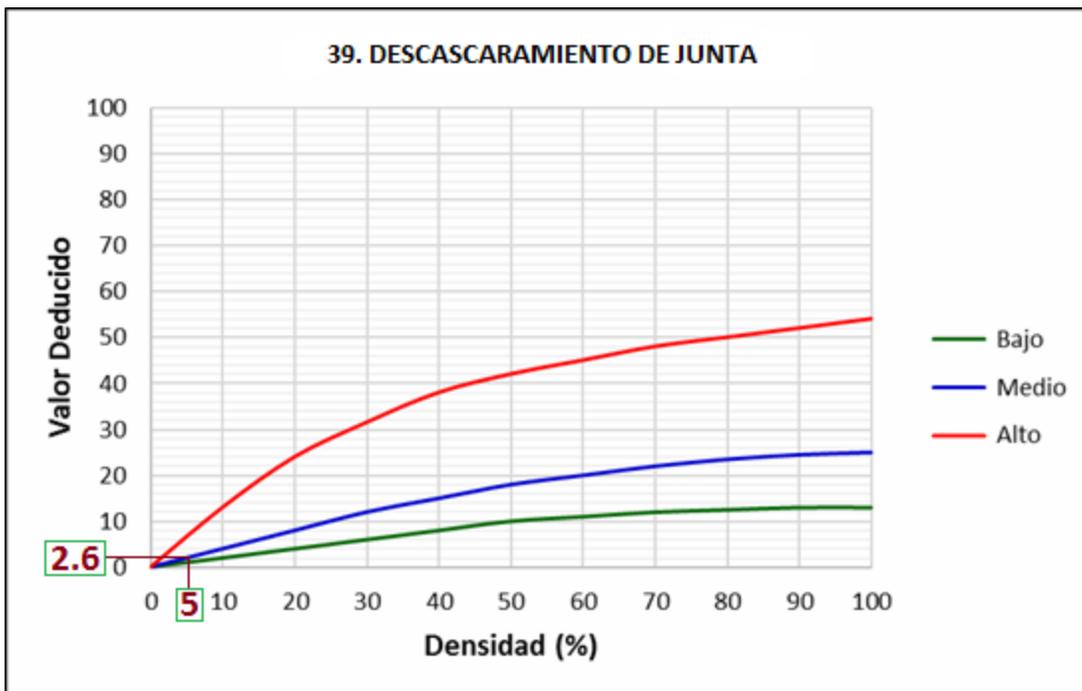


Figura 88. Valor deducido de descascaramiento de junta en la UM - 03. (Elaboracion propia)

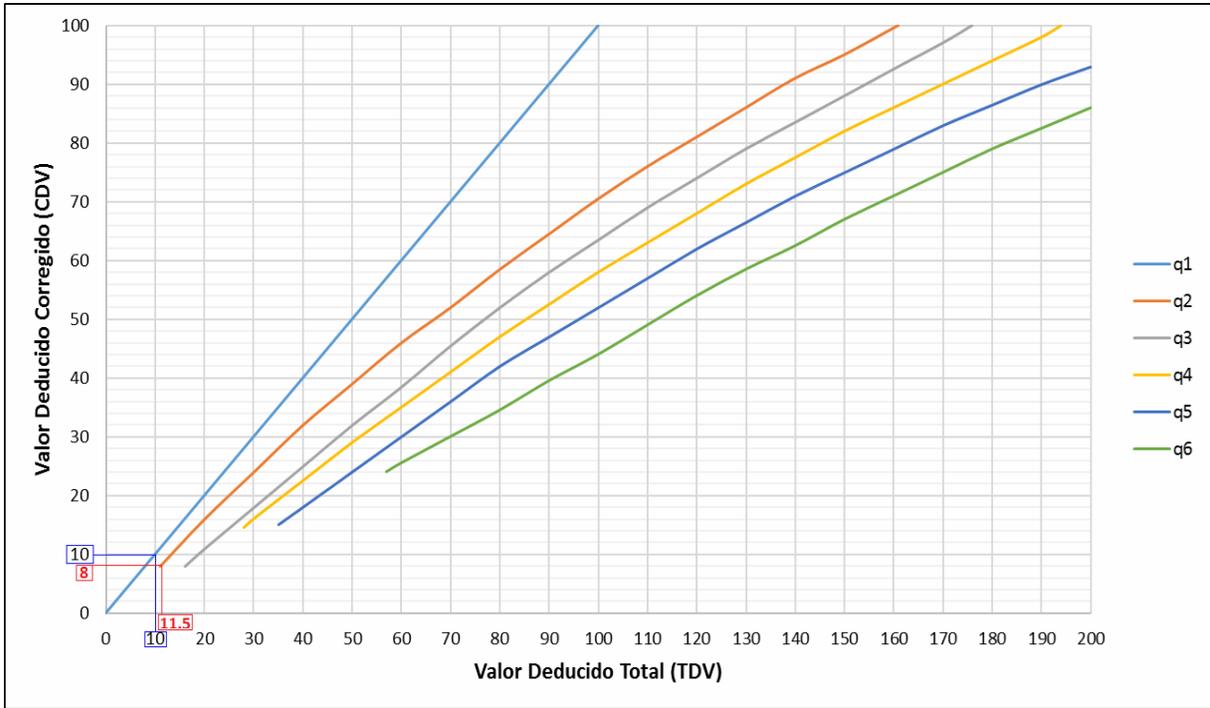


Figura 89. Valor deducido corregido de la UM - 03. (Elaboracion propia)



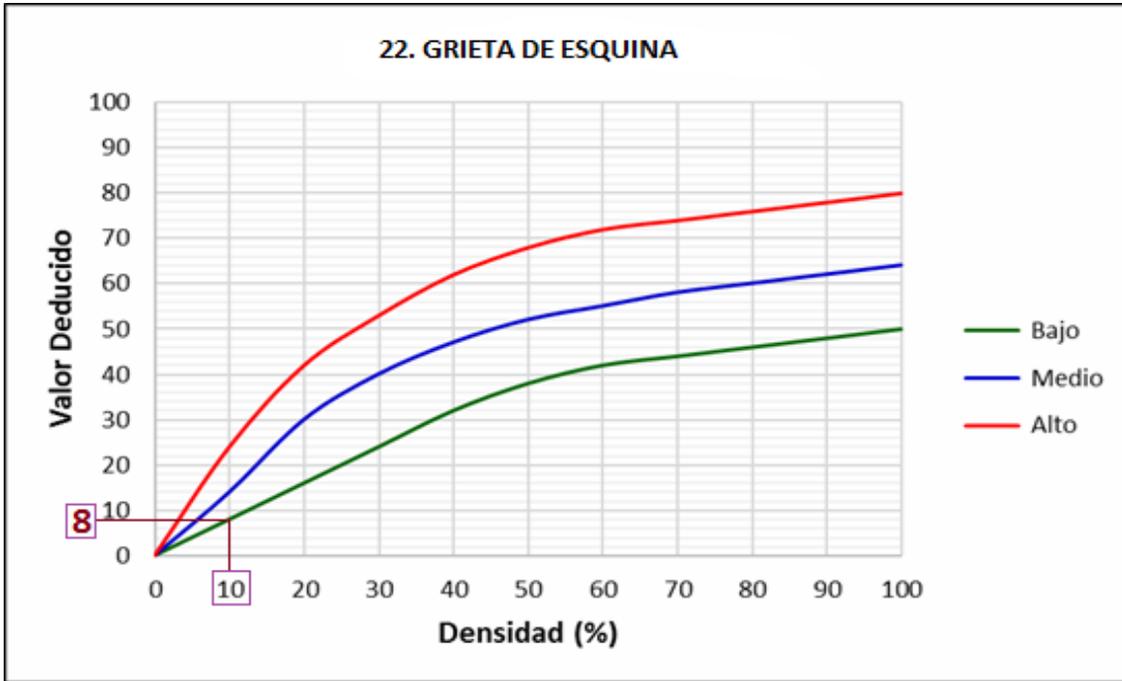


Figura 91. Valor deducido de grieta de esquina en la UM - 04. (Elaboracion propia)

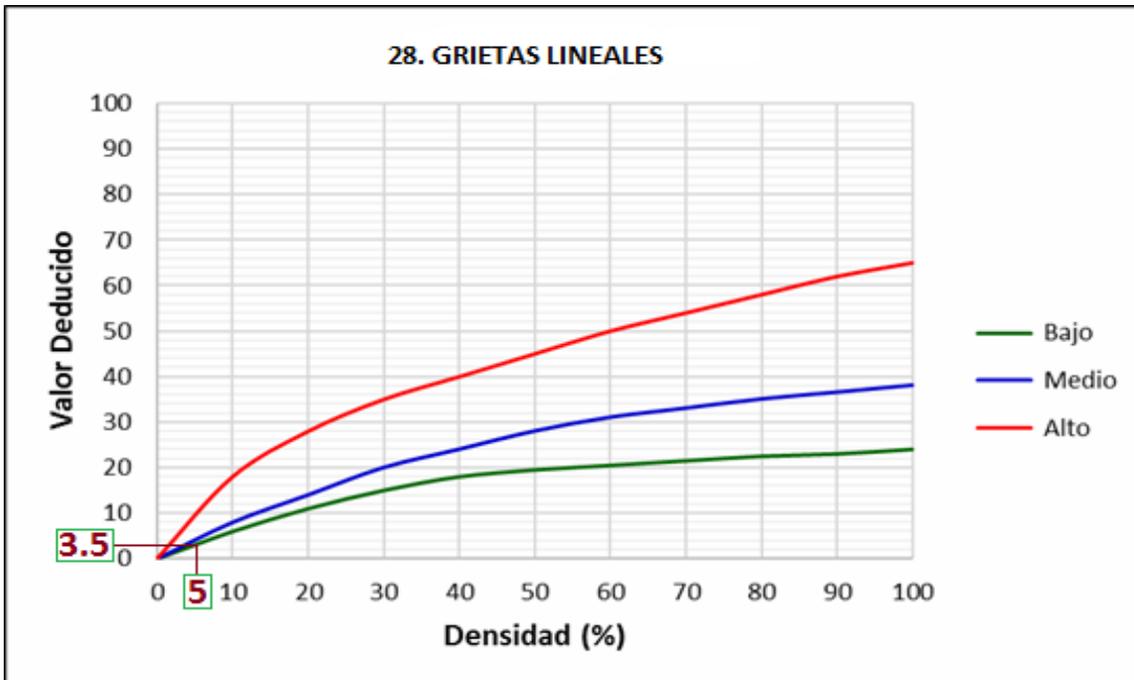
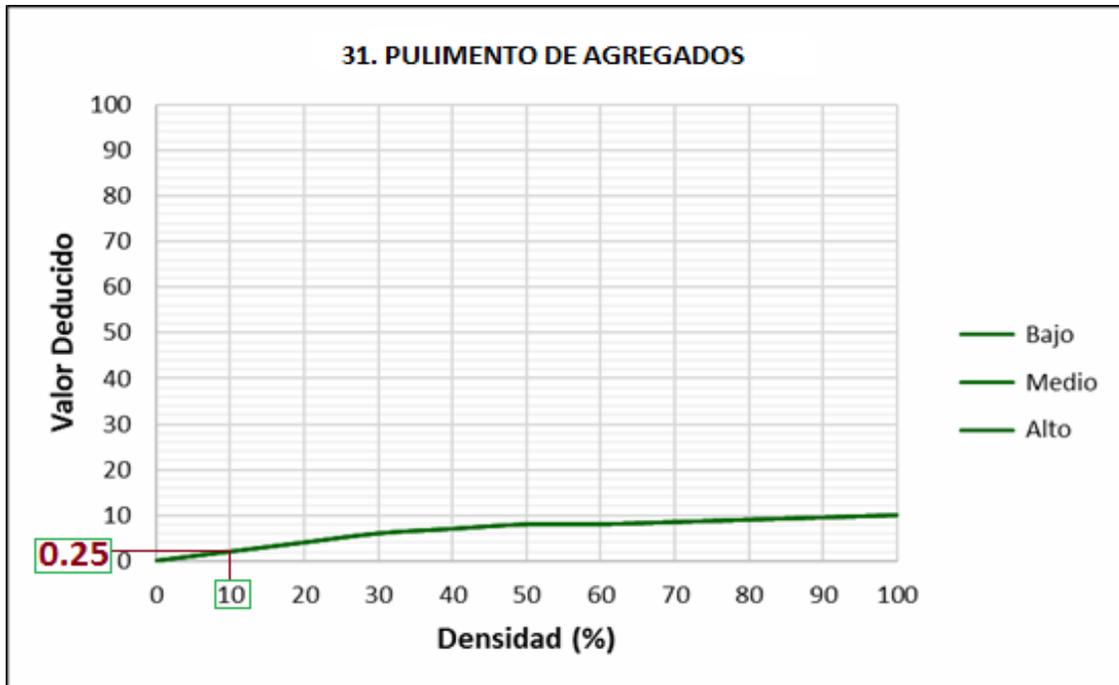
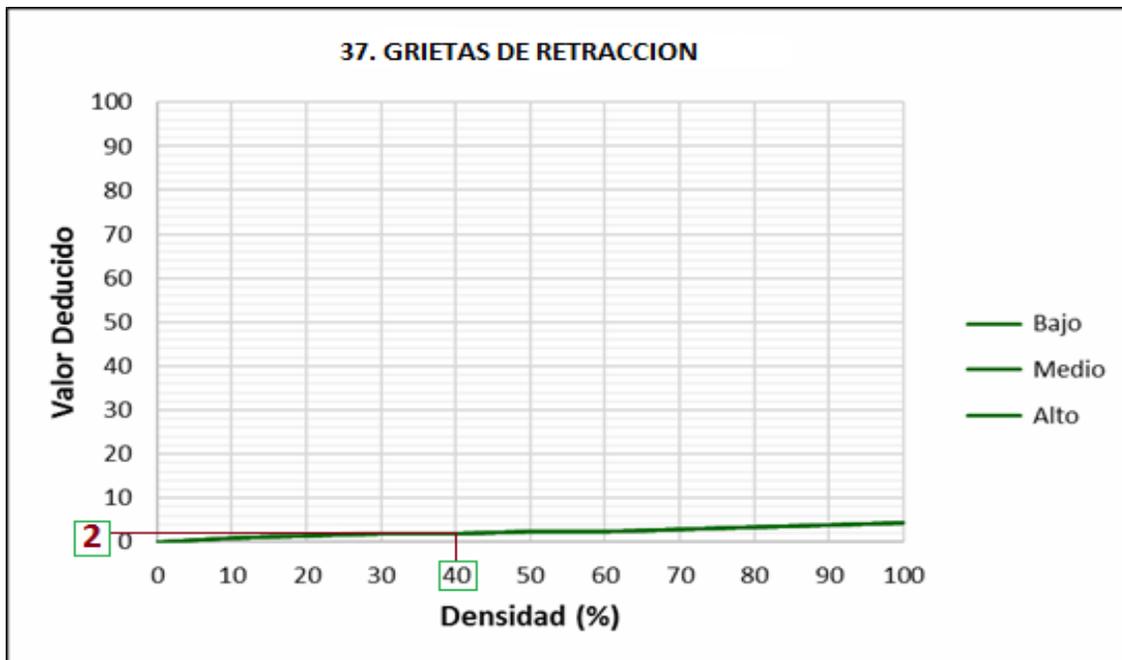


Figura 92. Valor deducido de grietas lineales en la UM - 04. (Elaboracion propia)



*Figura 93.* Valor deducido de pulimento de agregados en la UM - 04. (Elaboracion propia)



*Figura 94.* Valor deducido de grietas de retracción en la UM - 04. (Elaboracion propia)

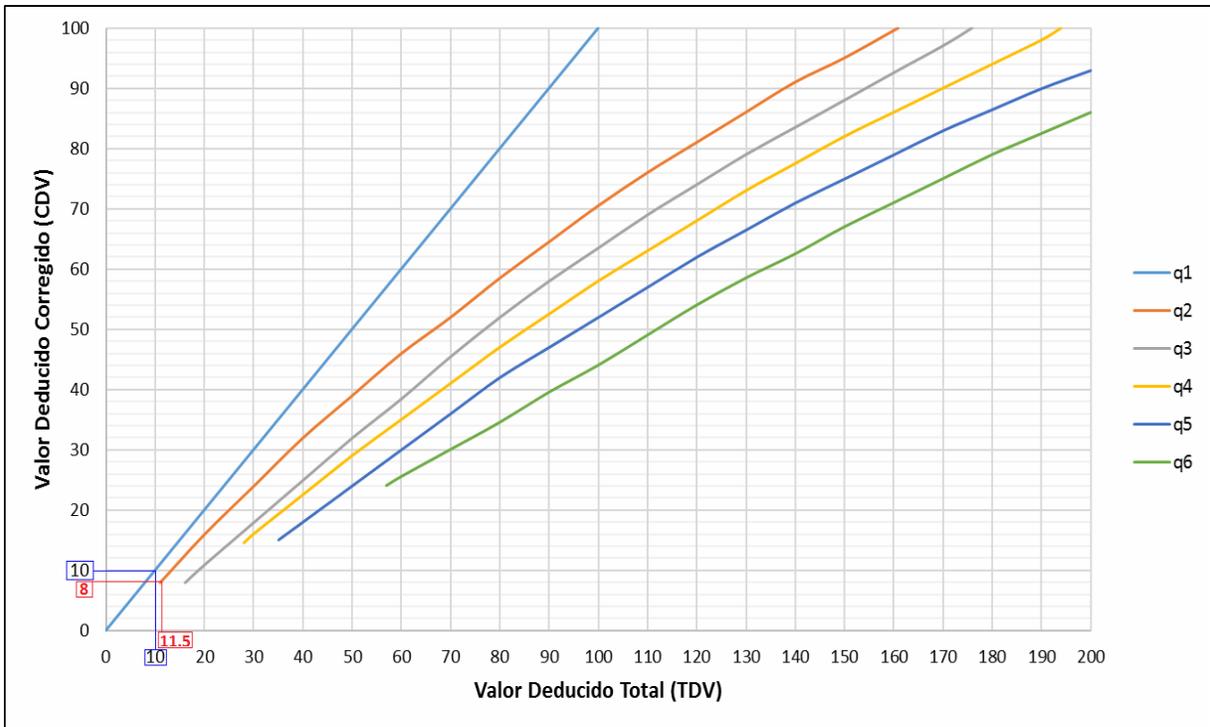


Figura 95. Valor deducido corregido de la UM - 04. (Elaboracion propia)



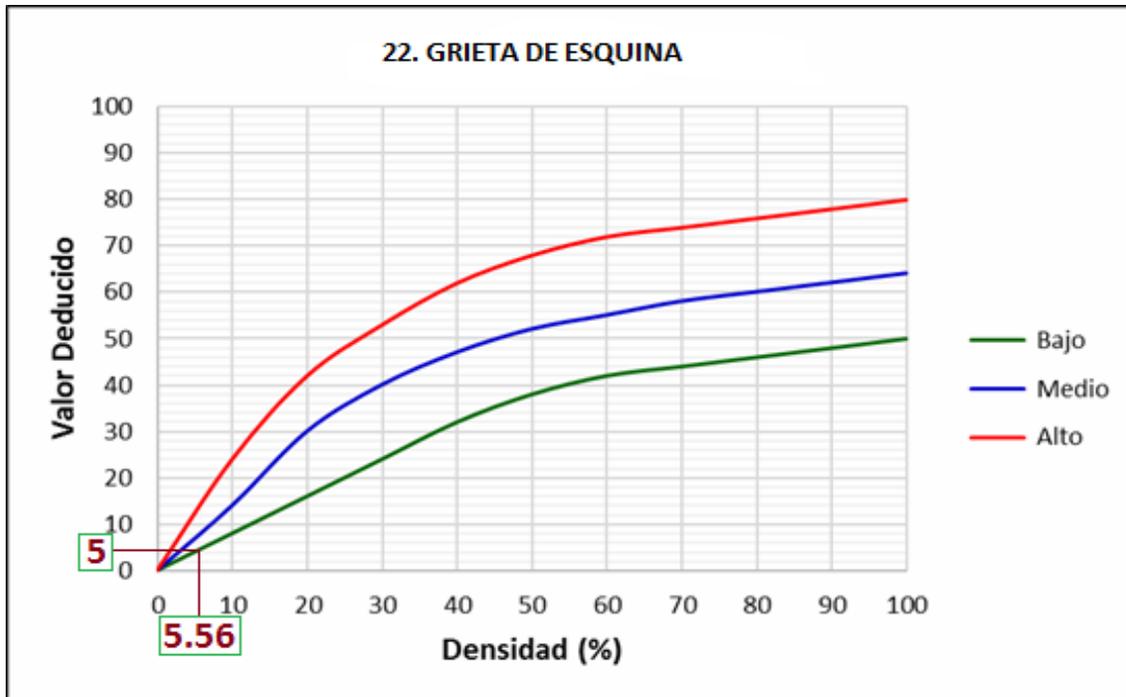


Figura 97. Valor deducido de grieta de esquina en la UM - 05. (Elaboracion propia)

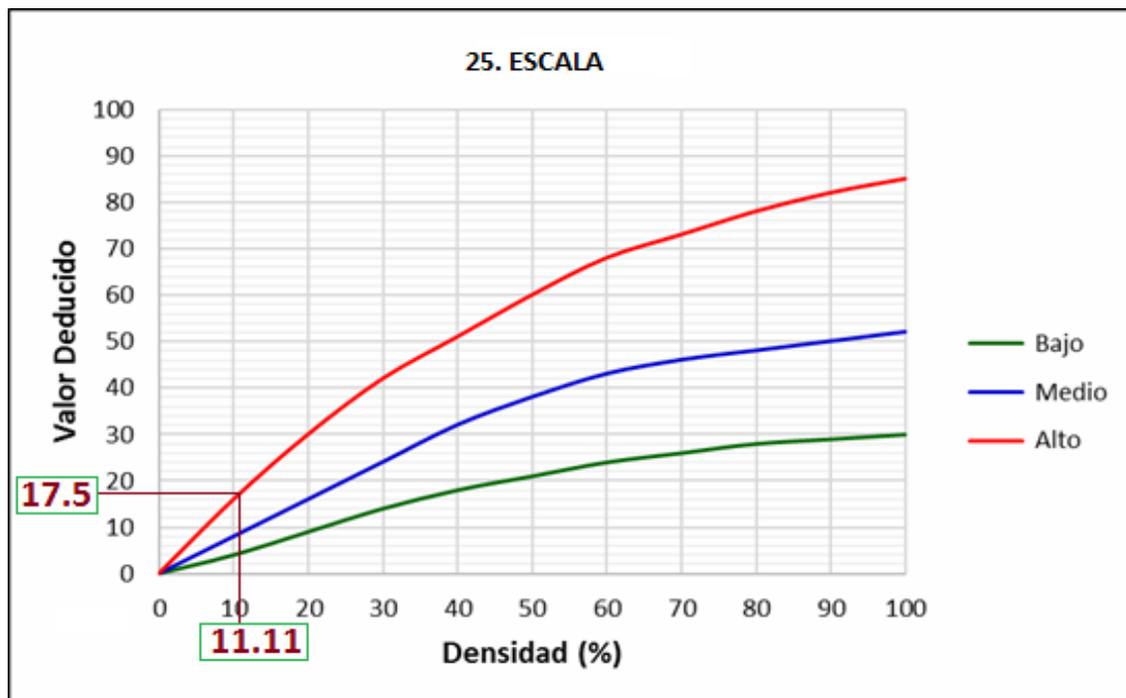


Figura 98. Valor deducido de escala en la UM - 05. (Elaboracion propia)

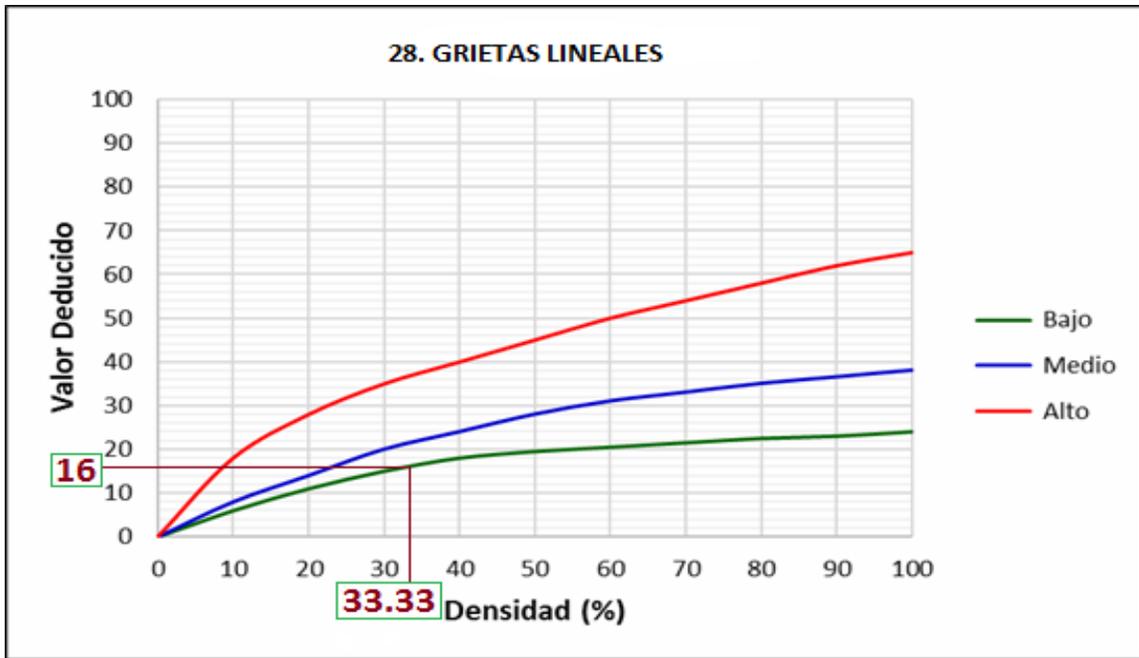


Figura 99. Valor deducido de grietas lineales en la UM - 05. (Elaboracion propia)



Figura 100. Valor deducido de grietas de retracción en la UM - 05. (Elaboracion propia)

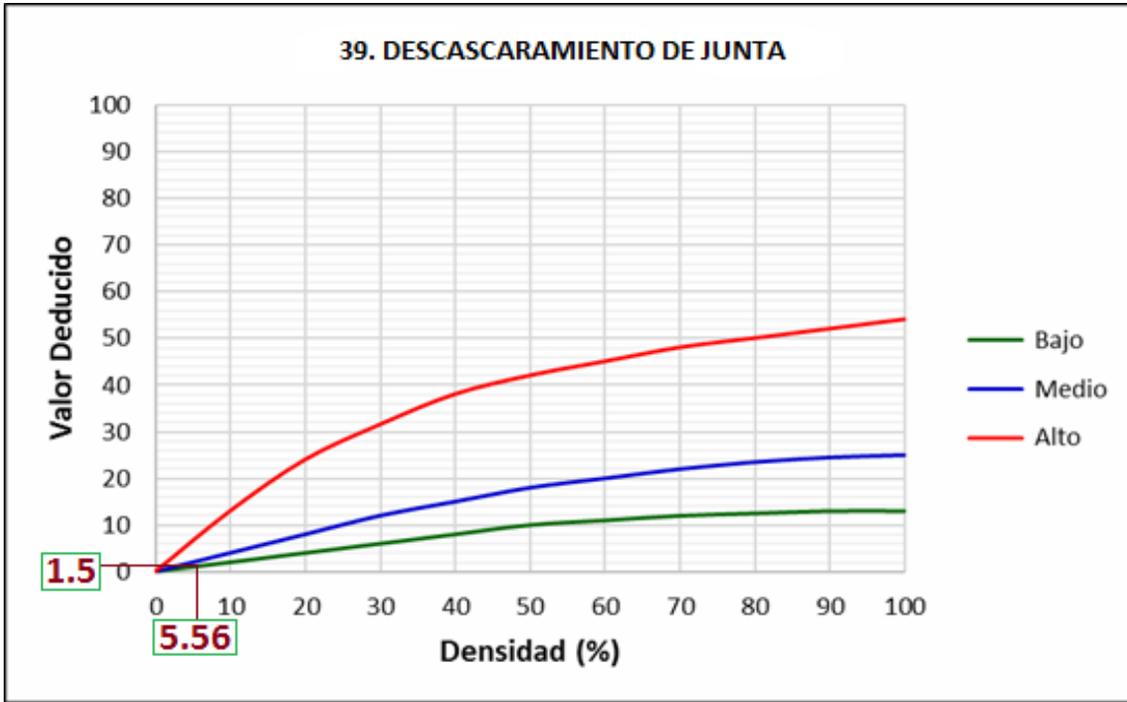


Figura 101. Valor deducido de descascaramiento de esquina en la UM - 05. (Elaboracion propia)

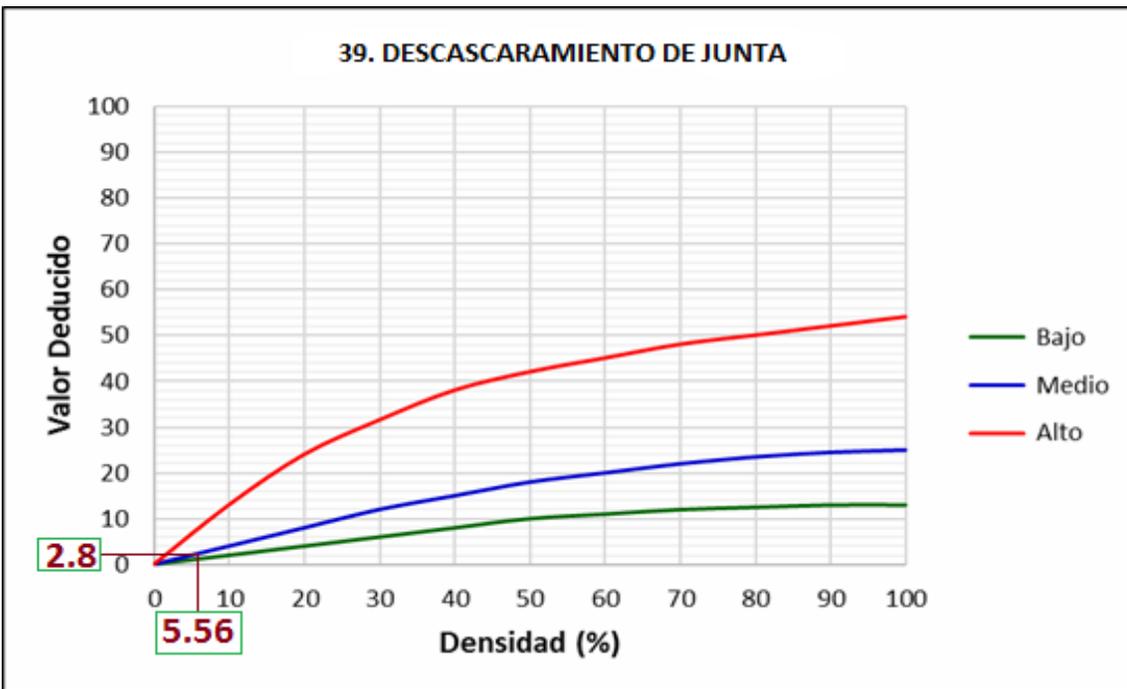


Figura 102. Valor deducido de descascaramiento de junta en la UM - 05. (Elaboracion propia)

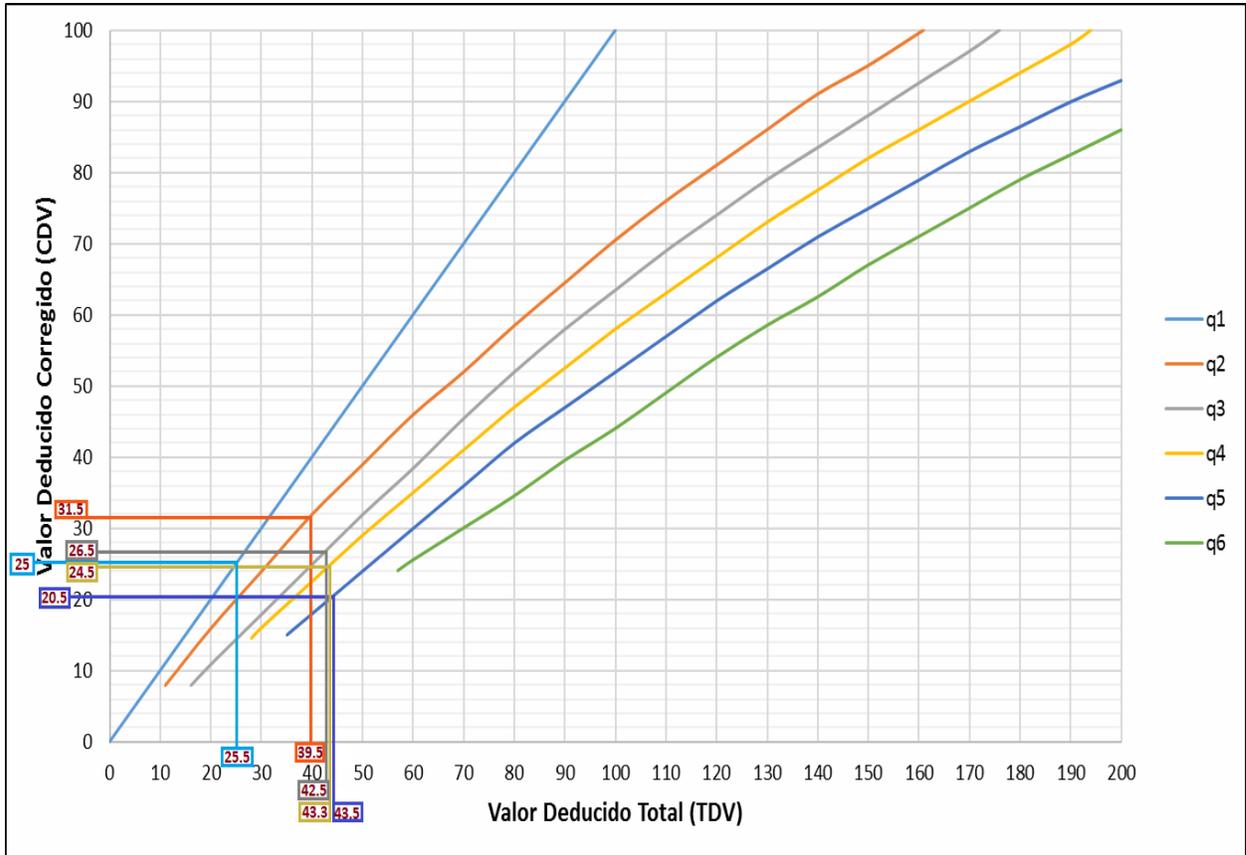


Figura 103. Valor deducido corregido de la UM - 05. (Elaboracion propia)



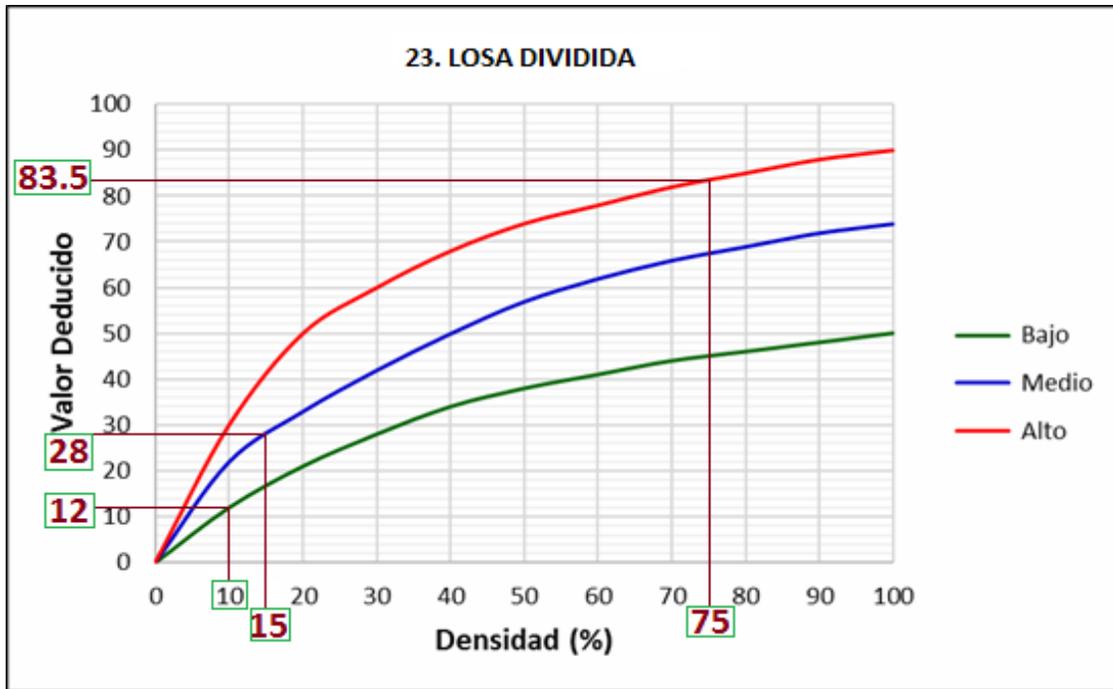


Figura 105. Valor deducido de losas divididas en la UM - 06. (Elaboracion propia)

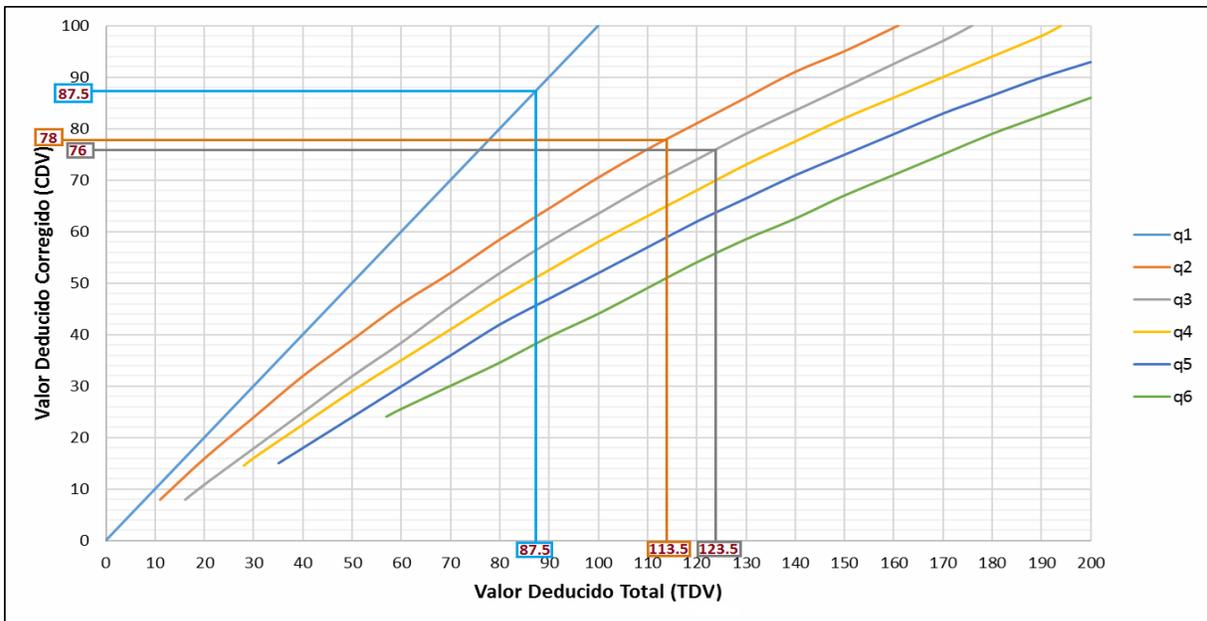


Figura 106. Valor deducido corregido de la UM - 06. (Elaboracion propia)



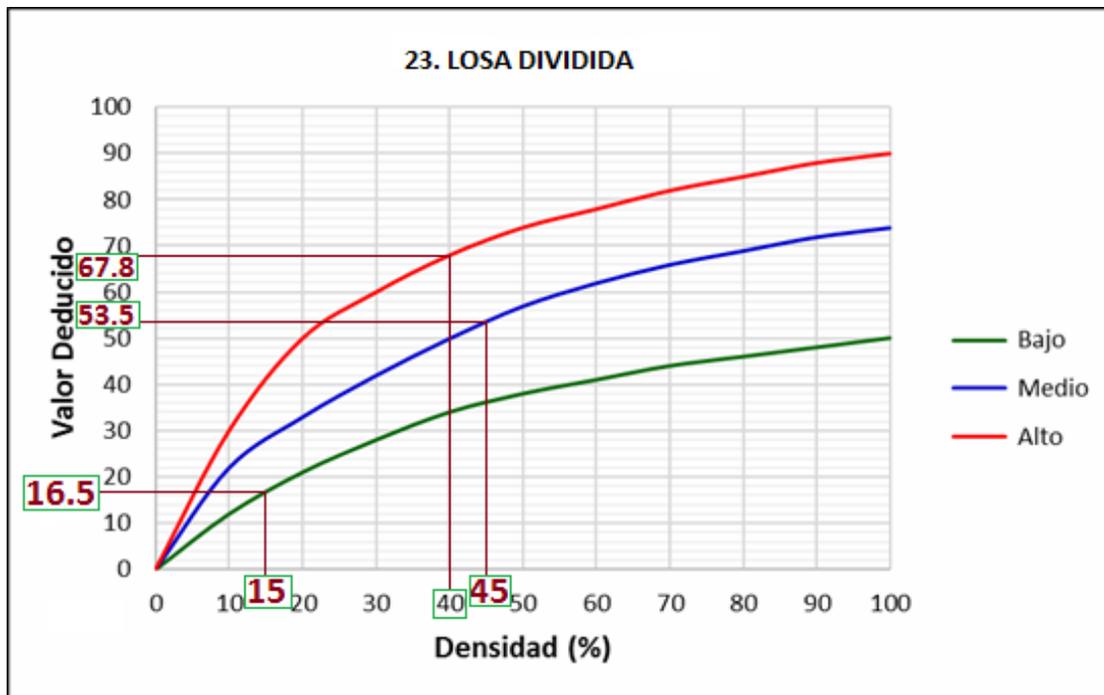


Figura 108. Valor deducido de losas divididas en la UM - 07. (Elaboracion propia)

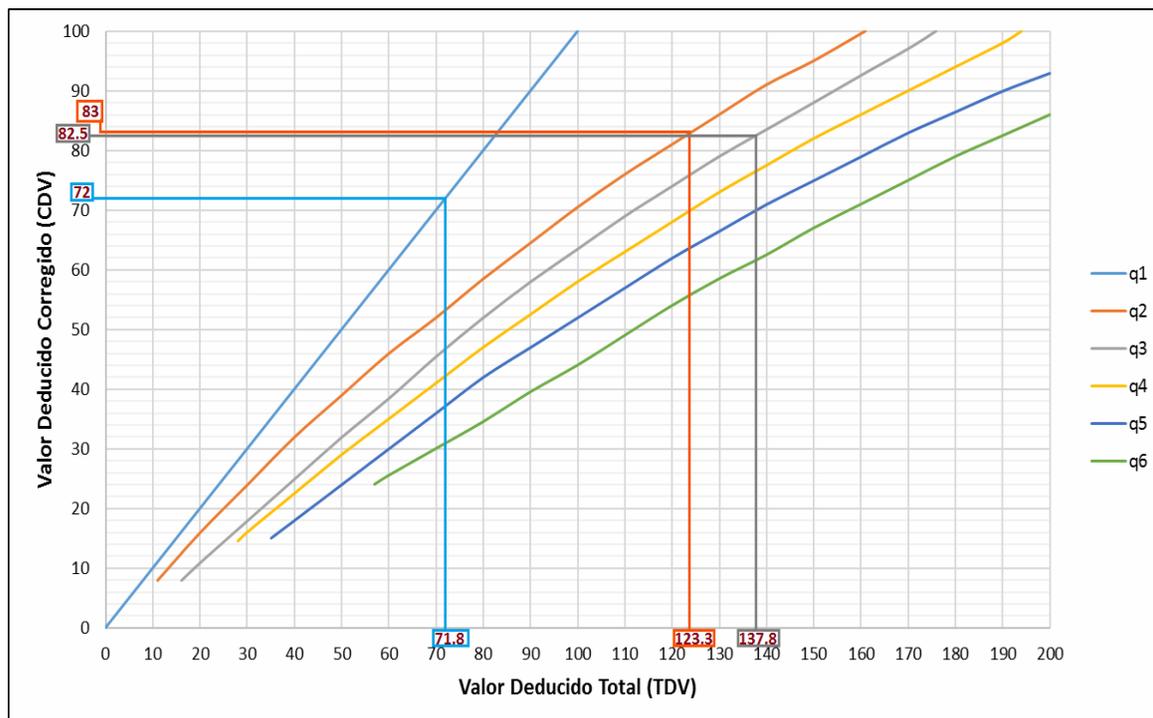


Figura 109. Valor deducido corregido de la UM - 07. (Elaboracion propia)



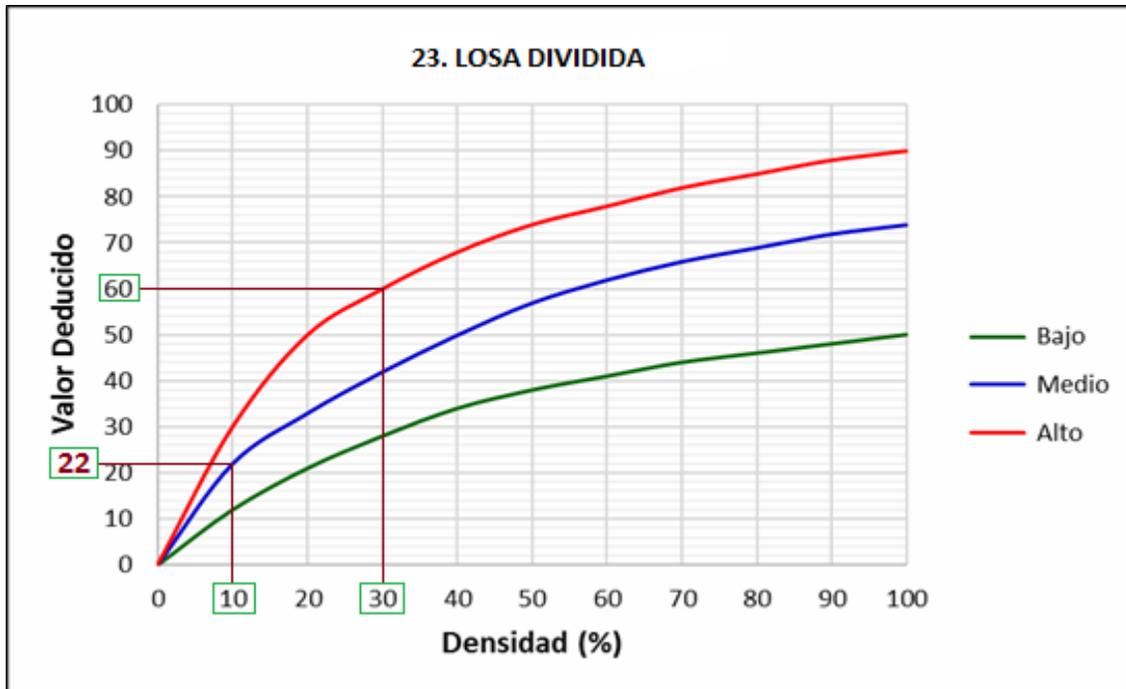


Figura 111. Valor deducido de losas divididas en la UM - 08. (Elaboracion propia)

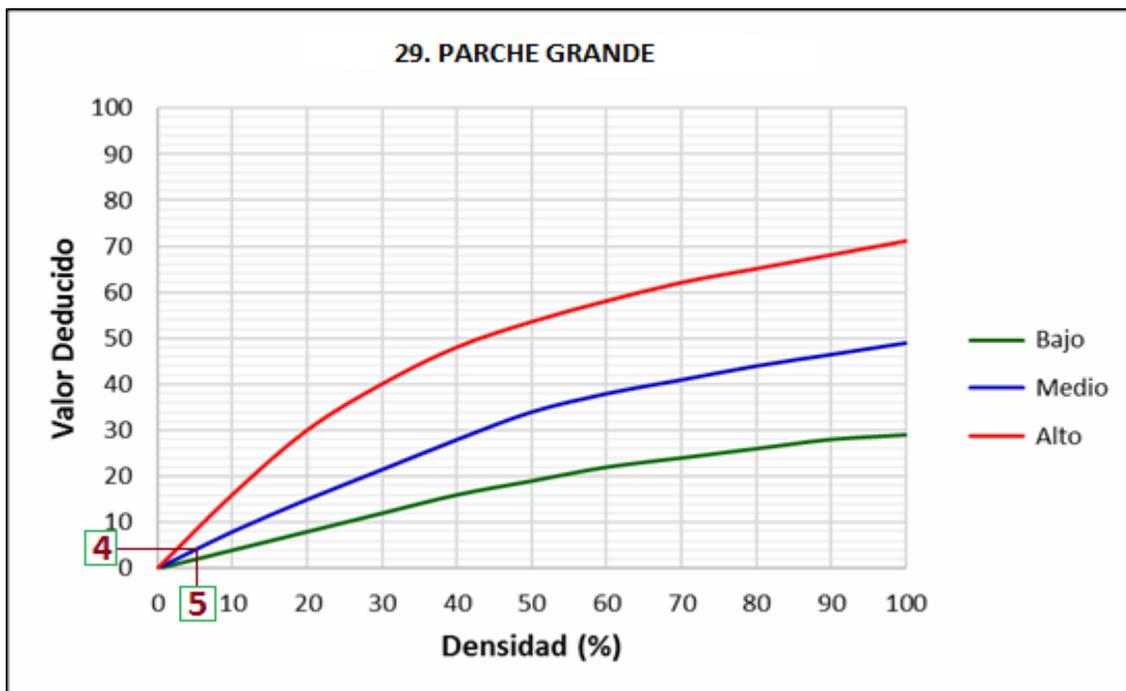


Figura 112. Valor deducido de parche grande en la UM - 08. (Elaboracion propia)

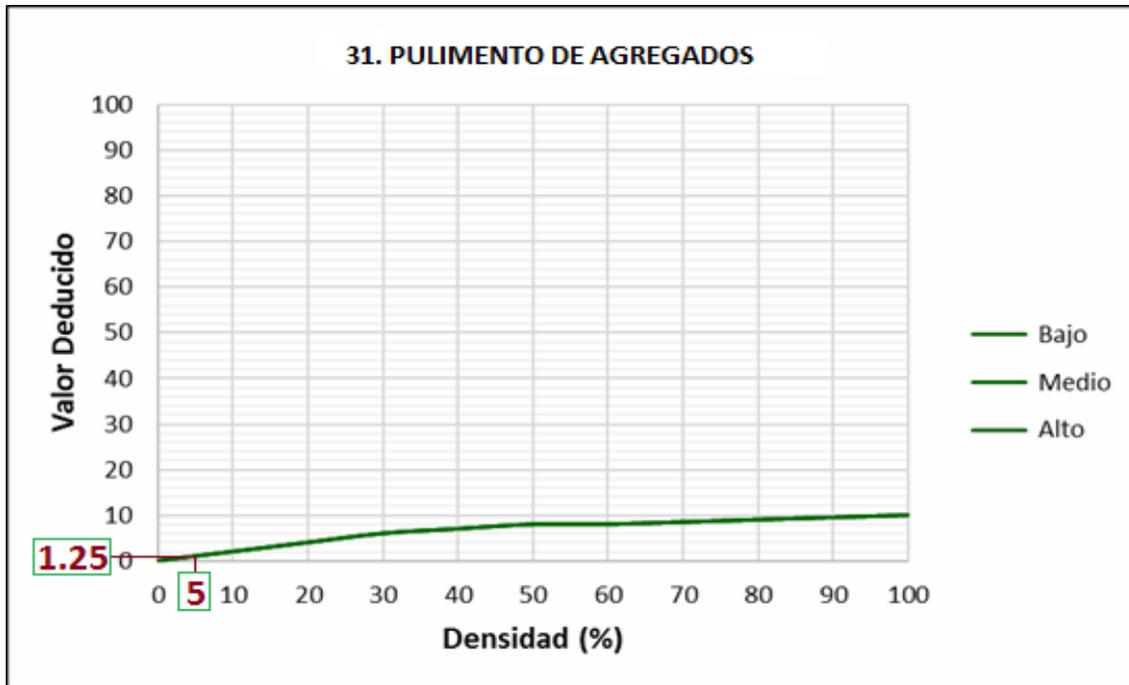


Figura 113. Valor deducido de pulimento de agregados en la UM - 08. (Elaboracion propia)

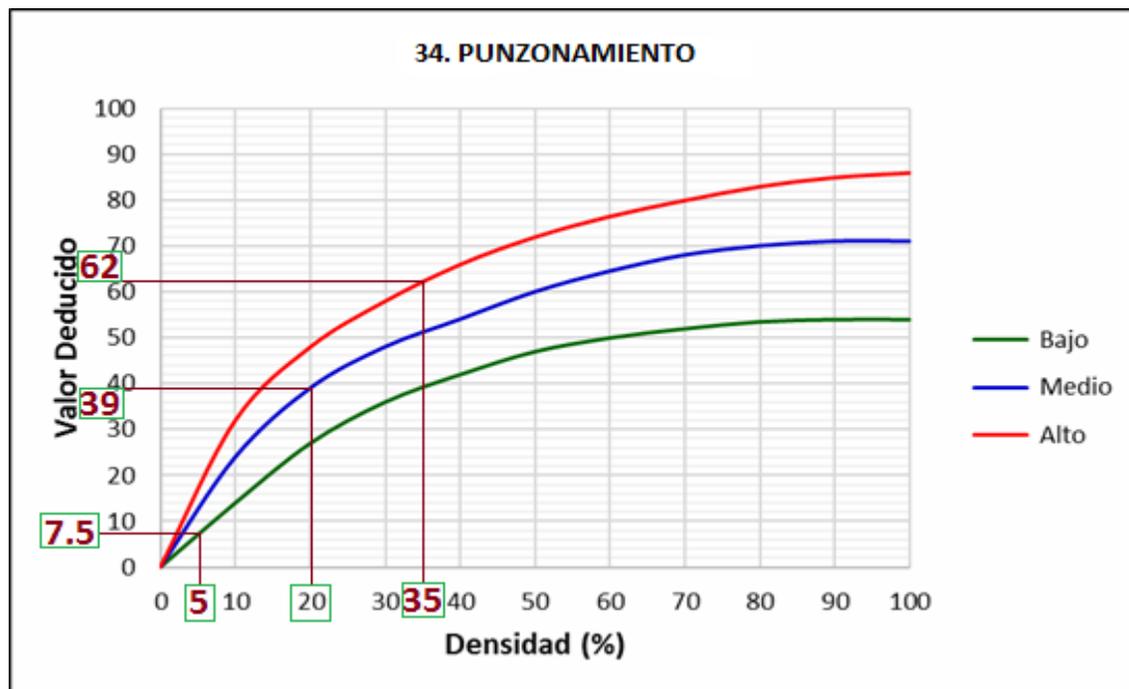


Figura 114. Valor deducido de punzonamiento en la UM - 08. (Elaboracion propia)

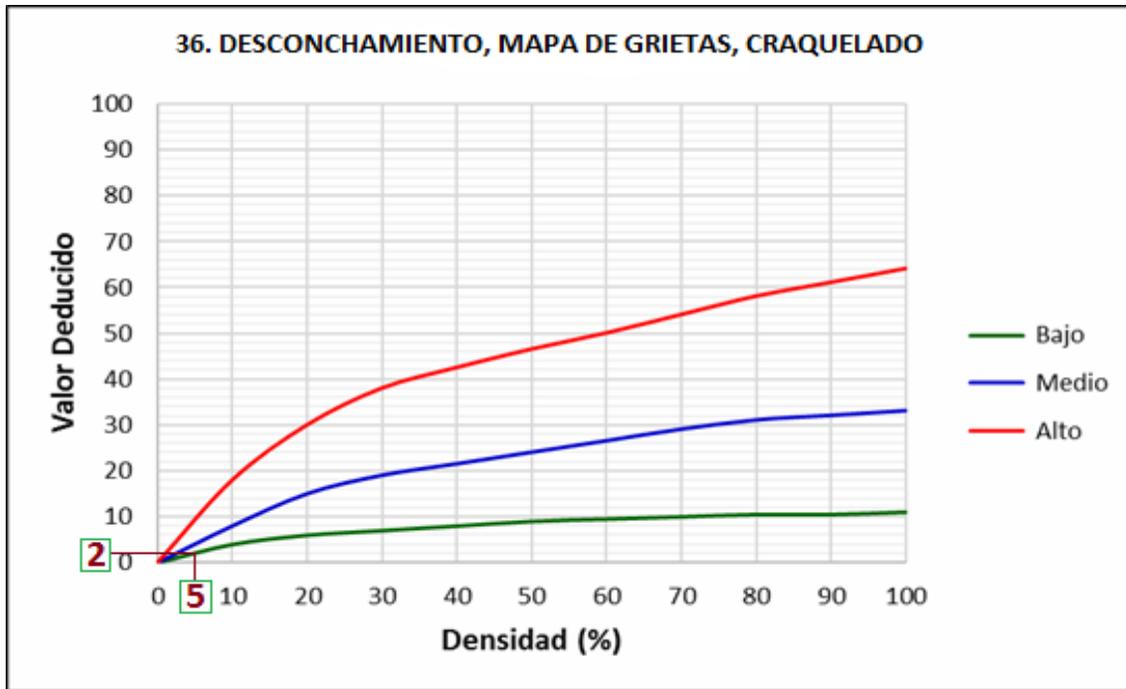


Figura 115. Valor deducido de desconchamiento, mapa de grietas, craquelado en la UM - 08. (Elaboracion propia)

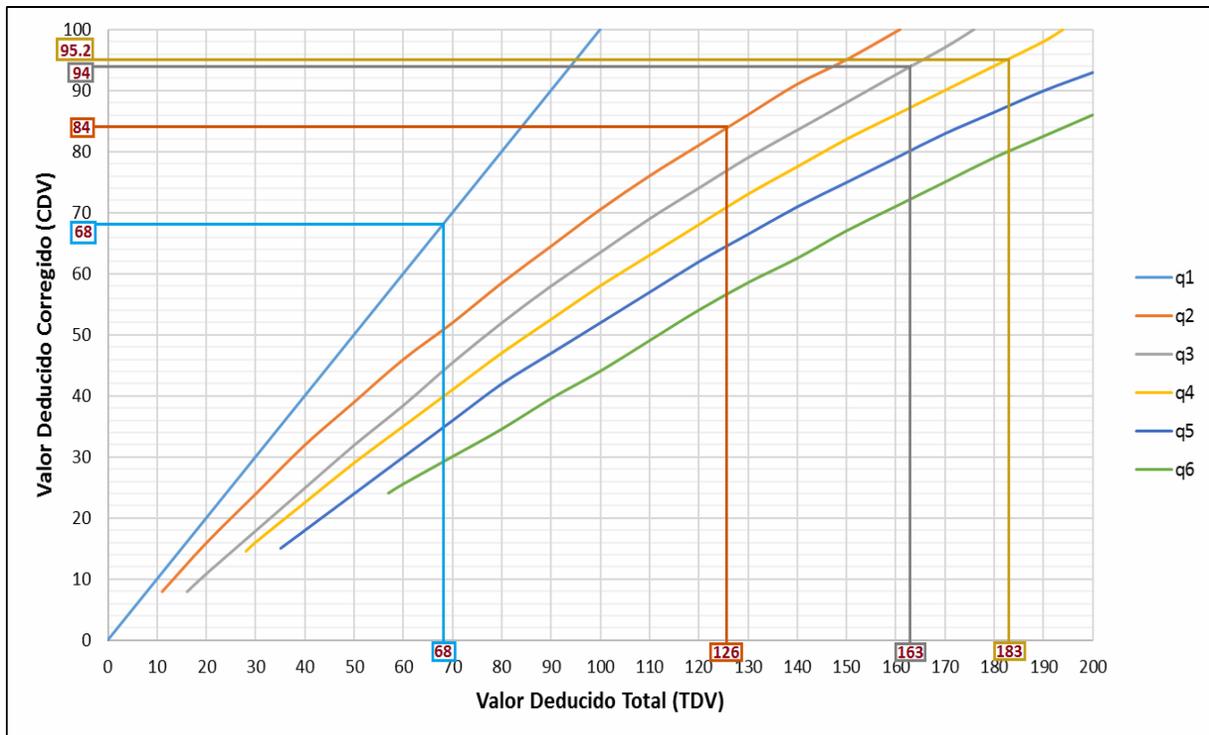


Figura 116. Valor deducido corregido de la UM - 08. (Elaboracion propia)



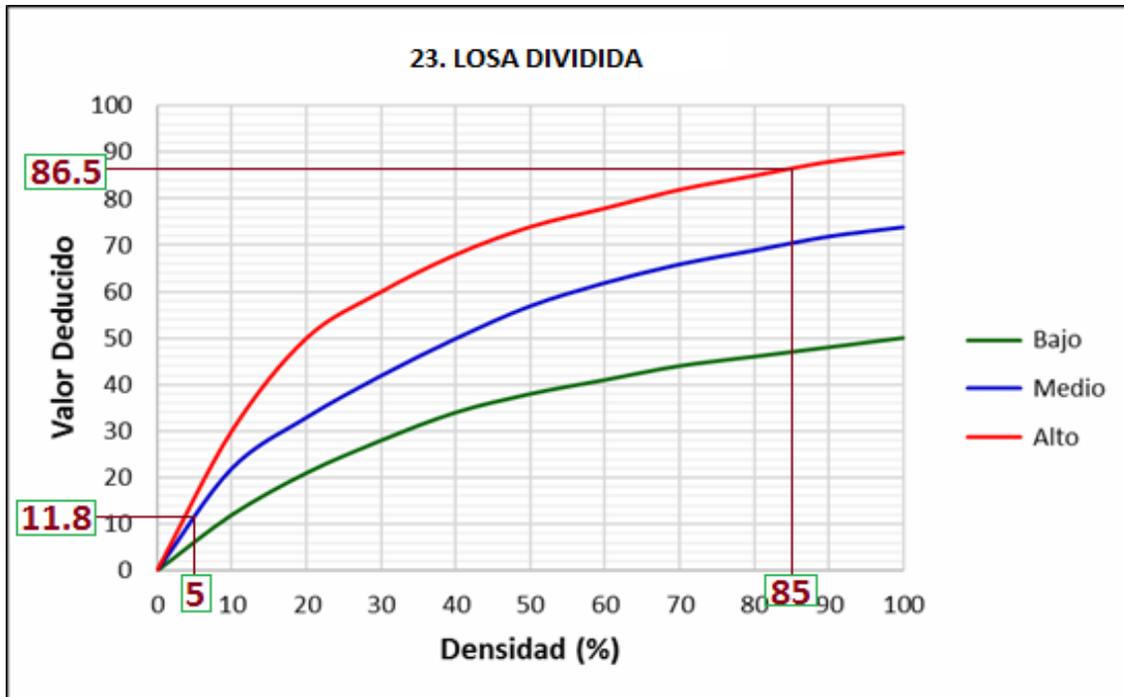


Figura 118. Valor deducido de losas divididas en la UM - 09. (Elaboracion propia)

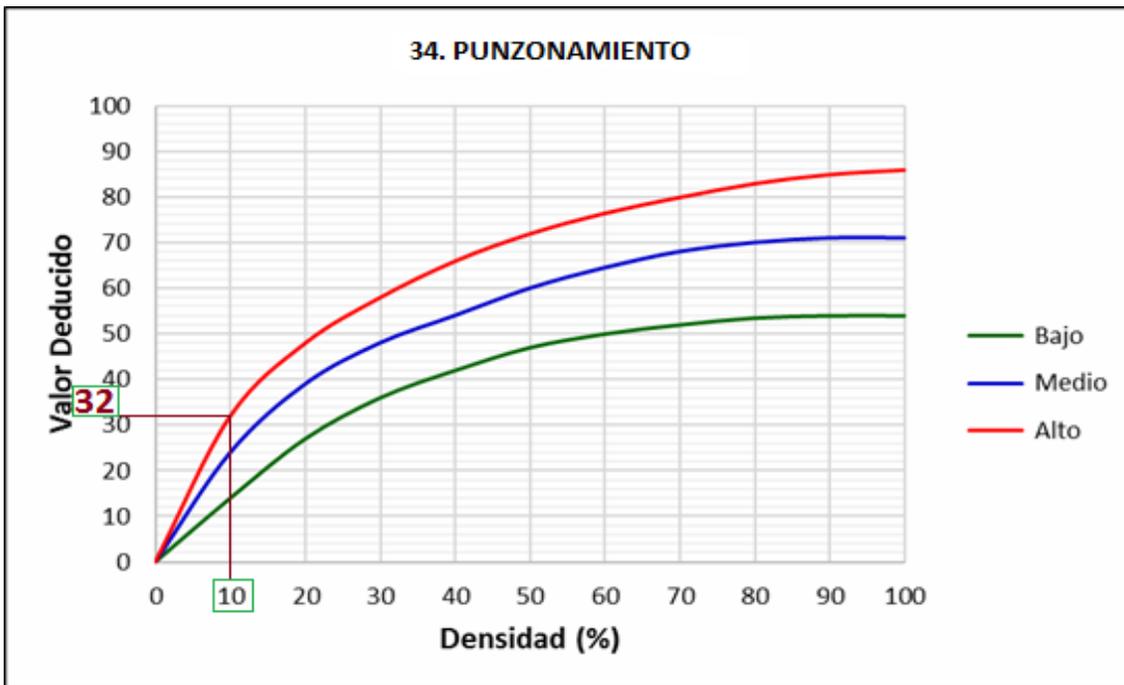
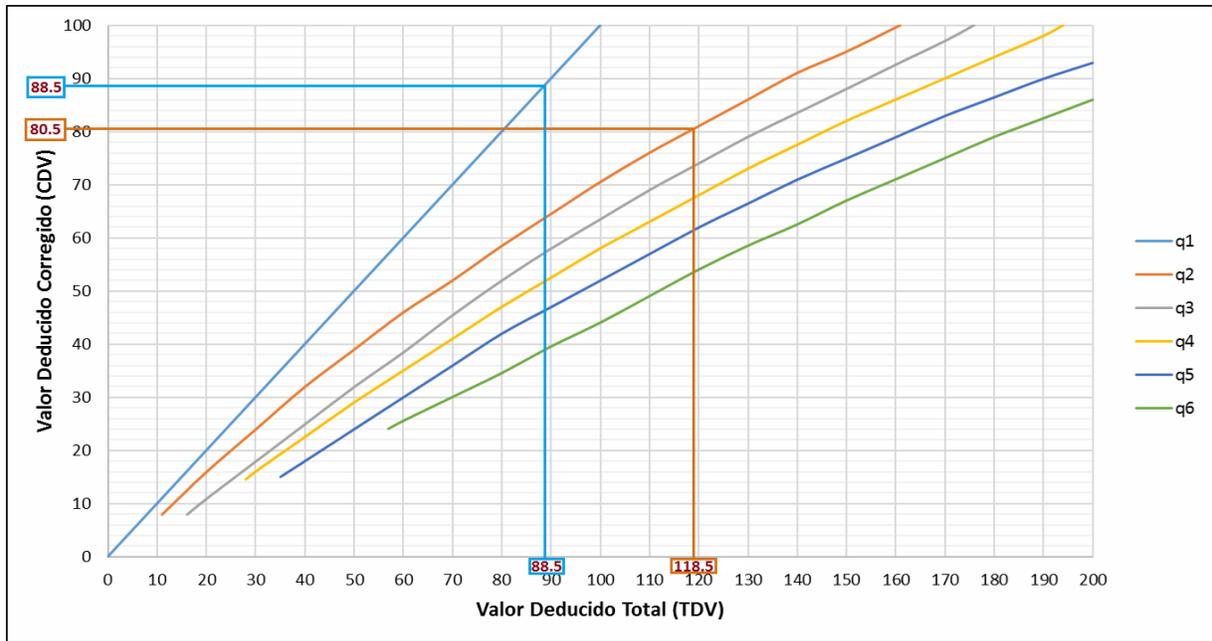


Figura 119. Valor deducido de punzonamiento en la UM - 09. (Elaboracion propia)



**Figura 120.** Valor deducido corregido de la UM - 09. (Elaboracion propia)



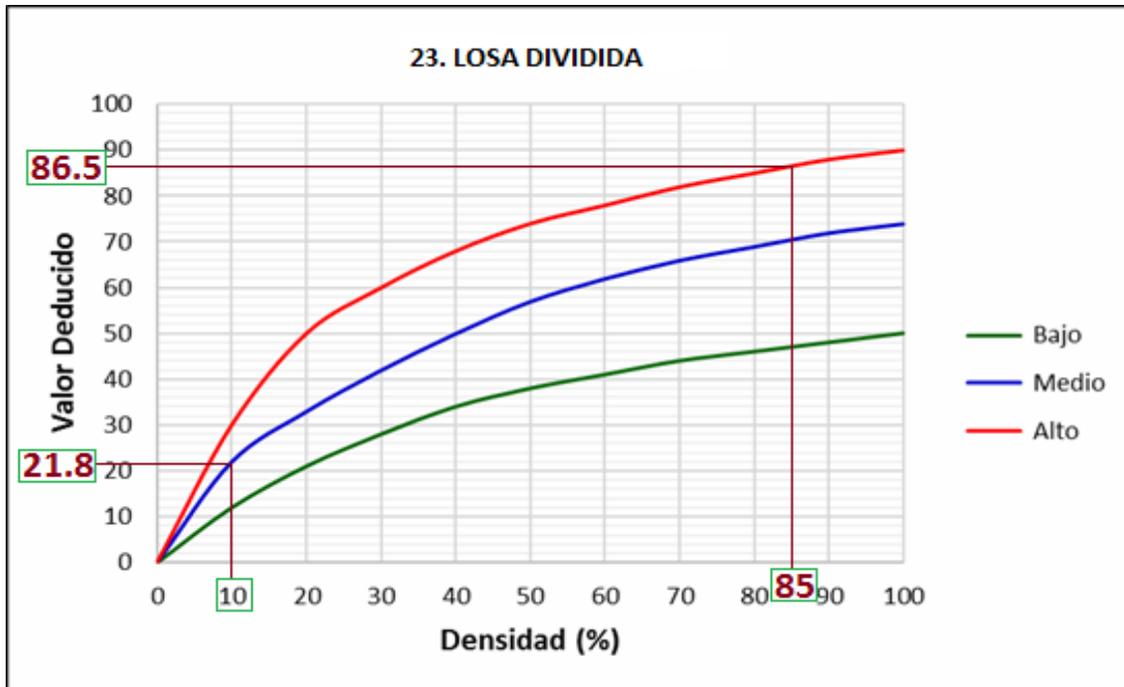


Figura 122. Valor deducido de losas divididas en la UM - 10. (Elaboracion propia)

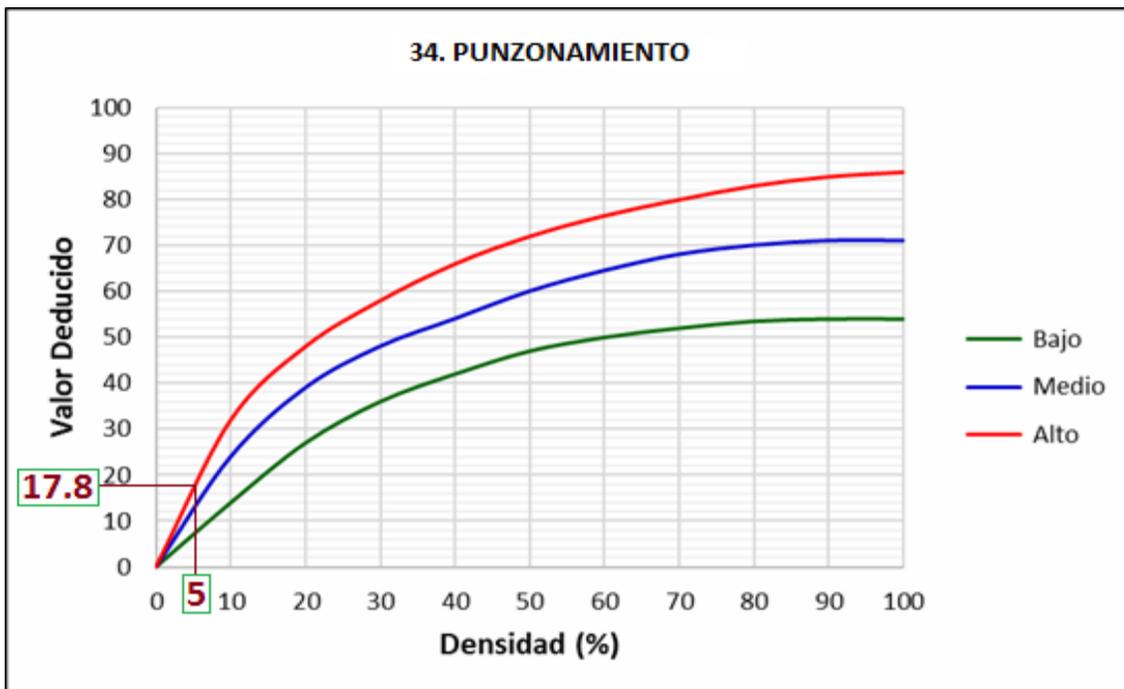
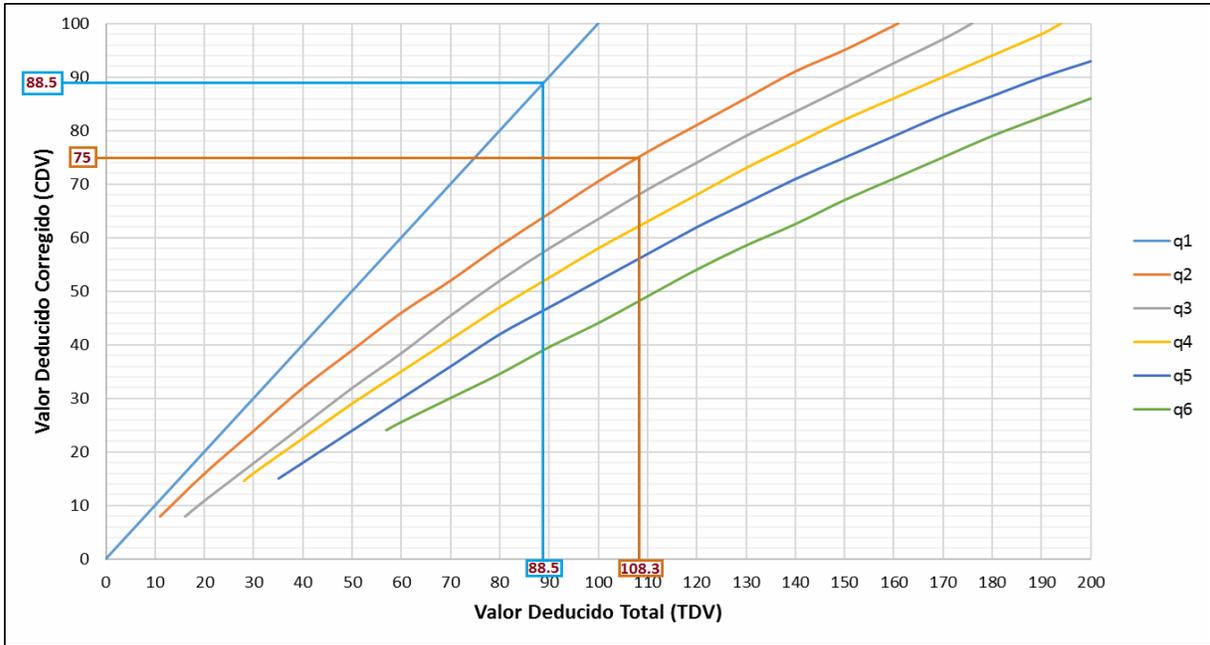


Figura 123. Valor deducido de punzonamiento en la UM - 10. (Elaboracion propia)



**Figura 124.** Valor deducido corregido de la UM - 10. (Elaboracion propia)



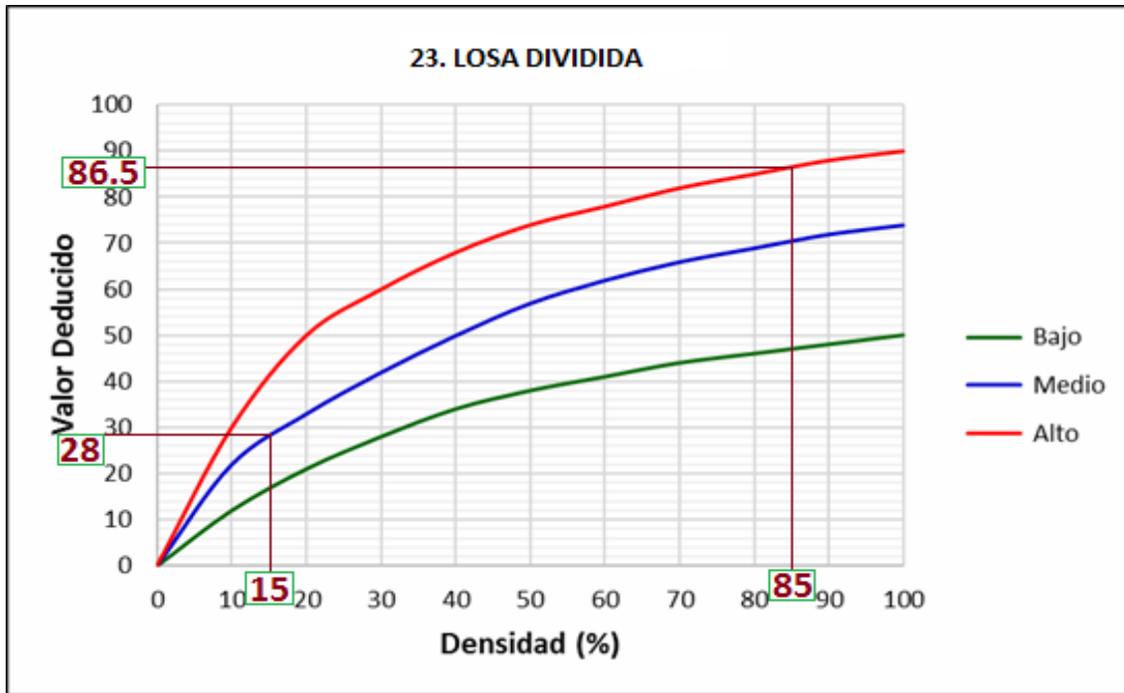


Figura 126. Valor deducido de losas divididas en la UM - 11. (Elaboracion propia)

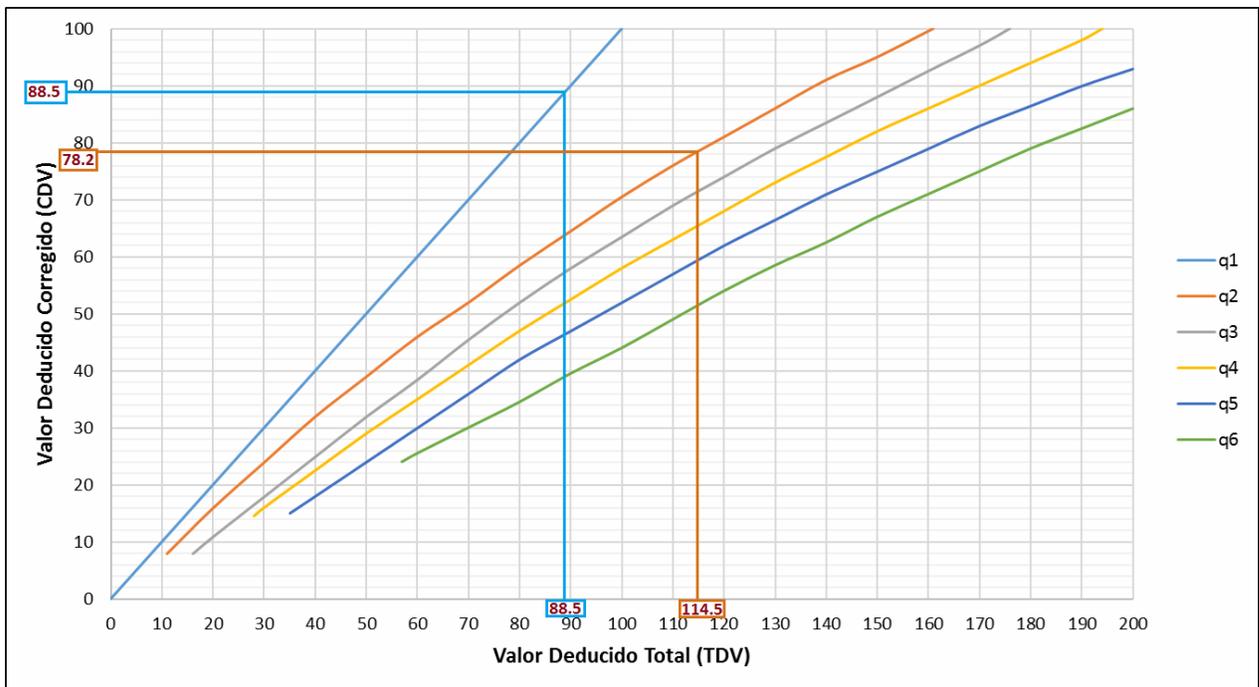
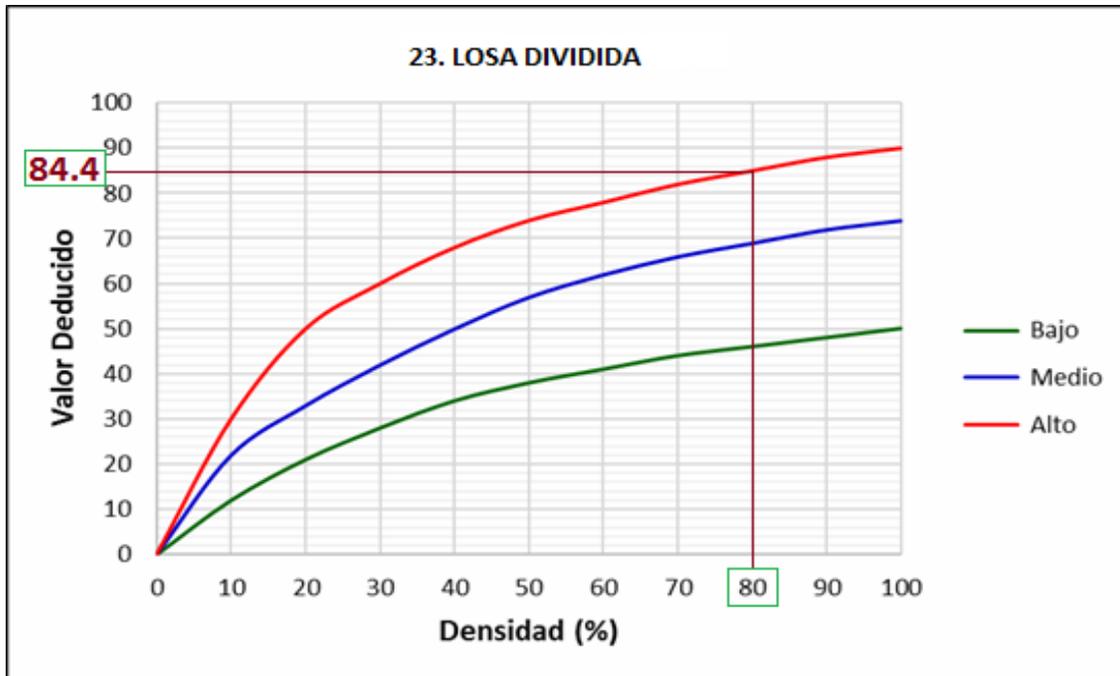


Figura 127. Valor deducido corregido de la UM - 11. (Elaboracion propia)





*Figura 129.* Valor deducido de losas divididas en la UM - 12. (Elaboracion propia)

<b>26. DAÑO EN EL SELLO DE LA JUNTA</b>		
<p>El daño del sello de la junta no está clasificado por densidad. La densidad de la falla está determinada por el estado general de los selladores para una unidad de muestra en particular. Los valores deducidos para los niveles de severidad son:</p>		
<b>Bajo = 2 puntos</b>	<b>Medio = 4 puntos</b>	<b>Alto = 8 puntos</b>

*Figura 130.* Valor deducido de daño en el sello de la junta en la UM - 12. (Elaboracion propia)

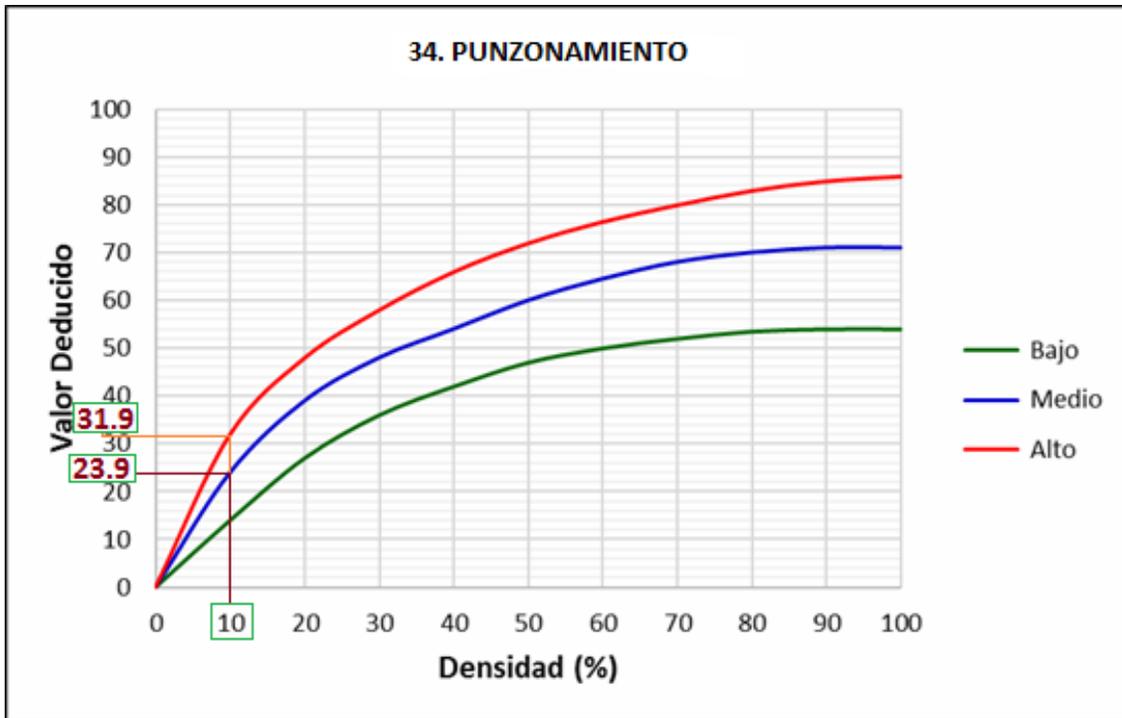


Figura 131. Valor deducido de punzonamiento en la UM - 12. (Elaboracion propia)

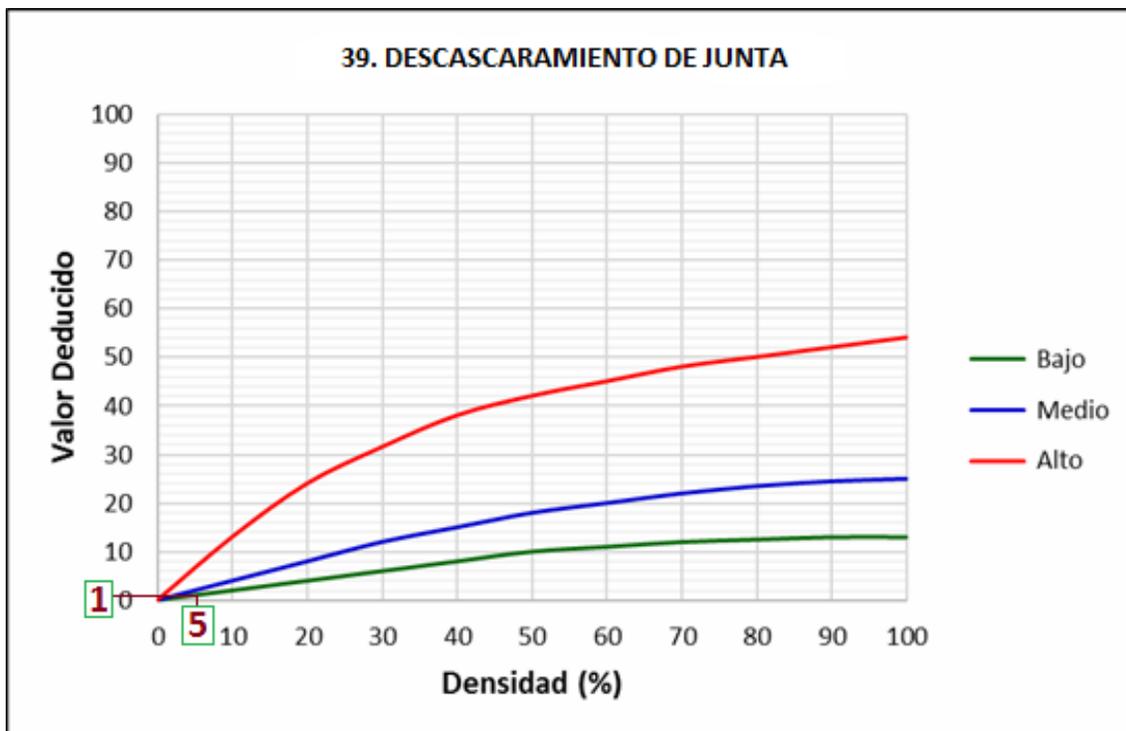


Figura 132. Valor deducido de descascaramiento de junta en la UM - 12. (Elaboracion propia)

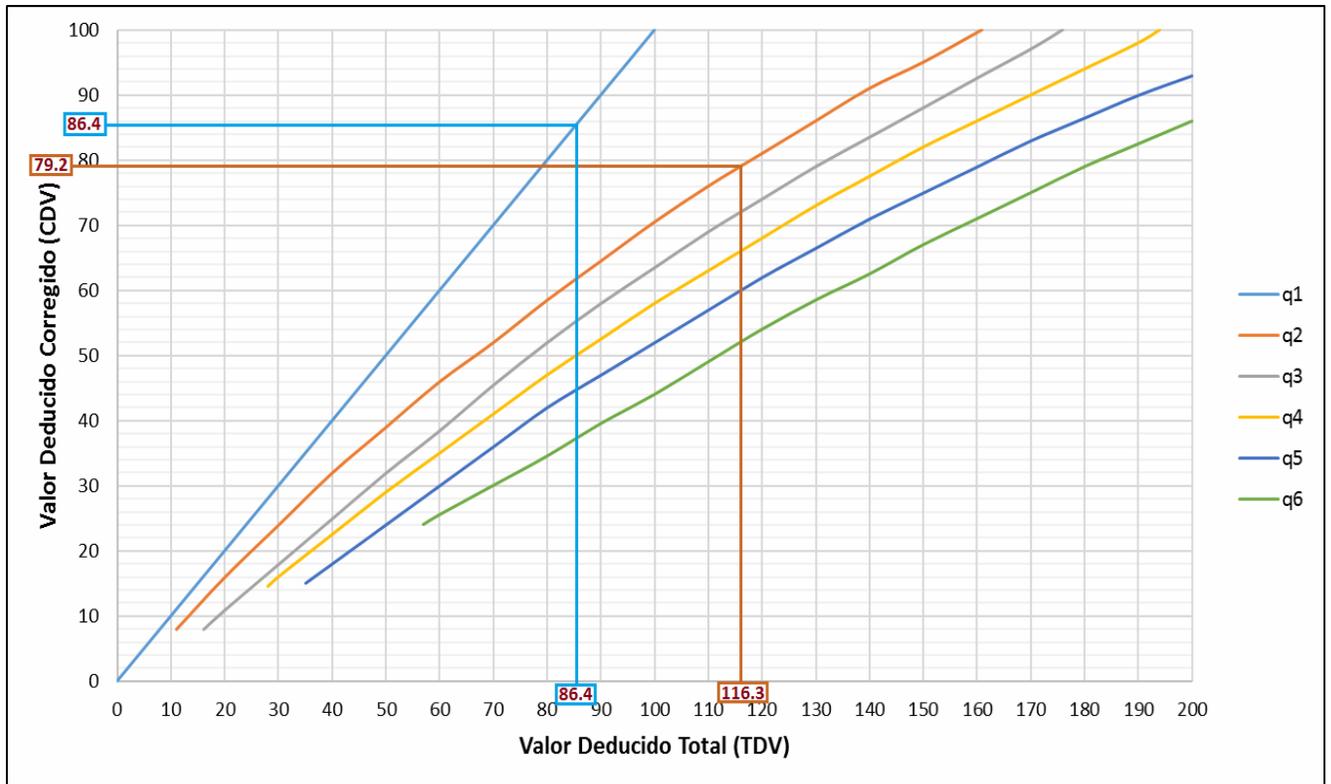


Figura 133. Valor deducido corregido de la UM - 12. (Elaboracion propia)



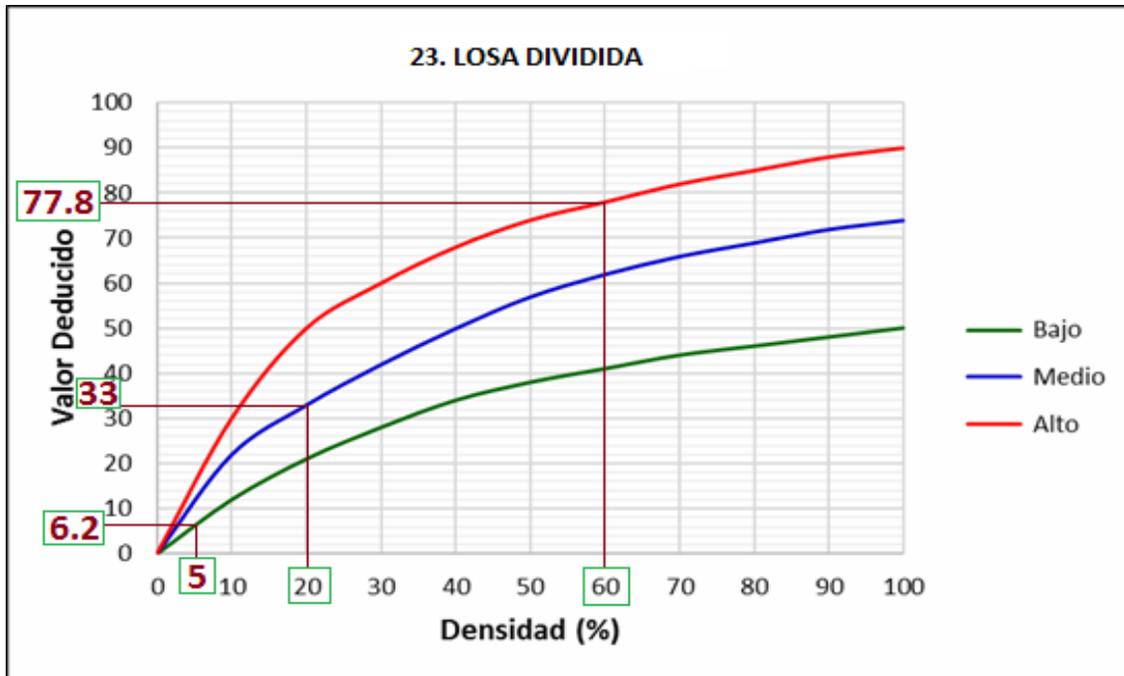


Figura 135. Valor deducido de losas divididas en la UM - 13. (Elaboracion propia)

### 26. DAÑO EN EL SELLO DE LA JUNTA

El daño del sello de la junta no está clasificado por densidad. La densidad de la falla está determinada por el estado general de los selladores para una unidad de muestra en particular. Los valores deducidos para los niveles de severidad son:

<b>Bajo = 2 puntos</b>	<b>Medio = 4 puntos</b>	<b>Alto = 8 puntos</b>
------------------------	-------------------------	------------------------

Figura 136. Valor deducido de daño en el sello de la junta en la UM - 13. (Elaboracion propia)

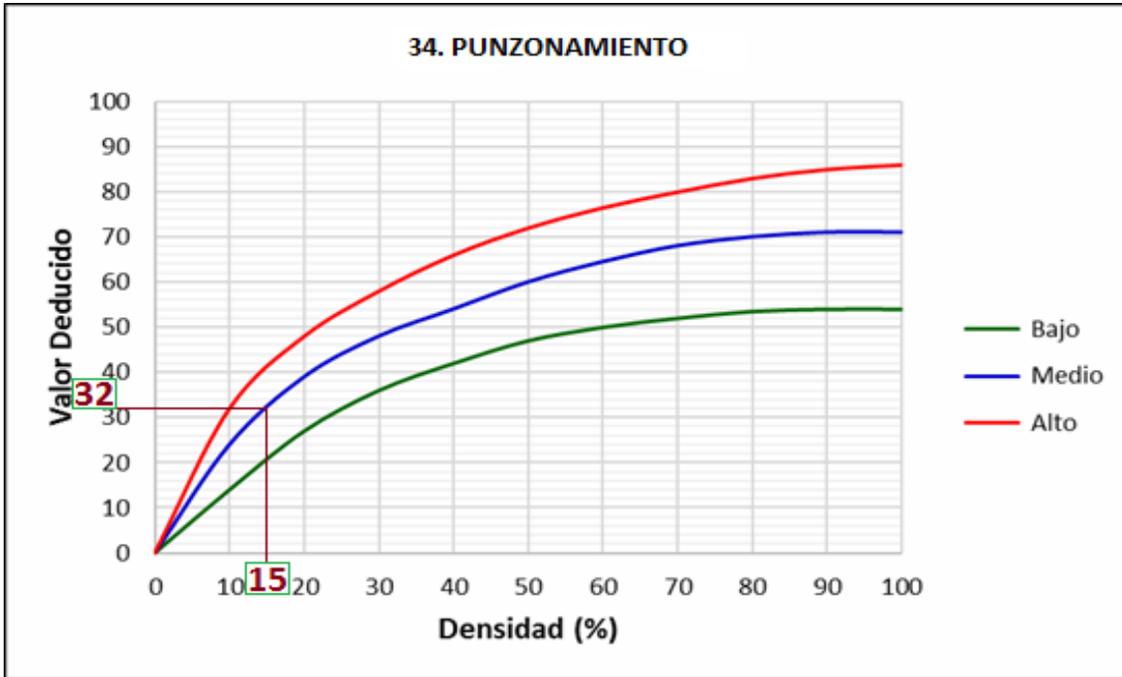


Figura 137. Valor deducido de punzonamiento en la UM - 13. (Elaboracion propia)

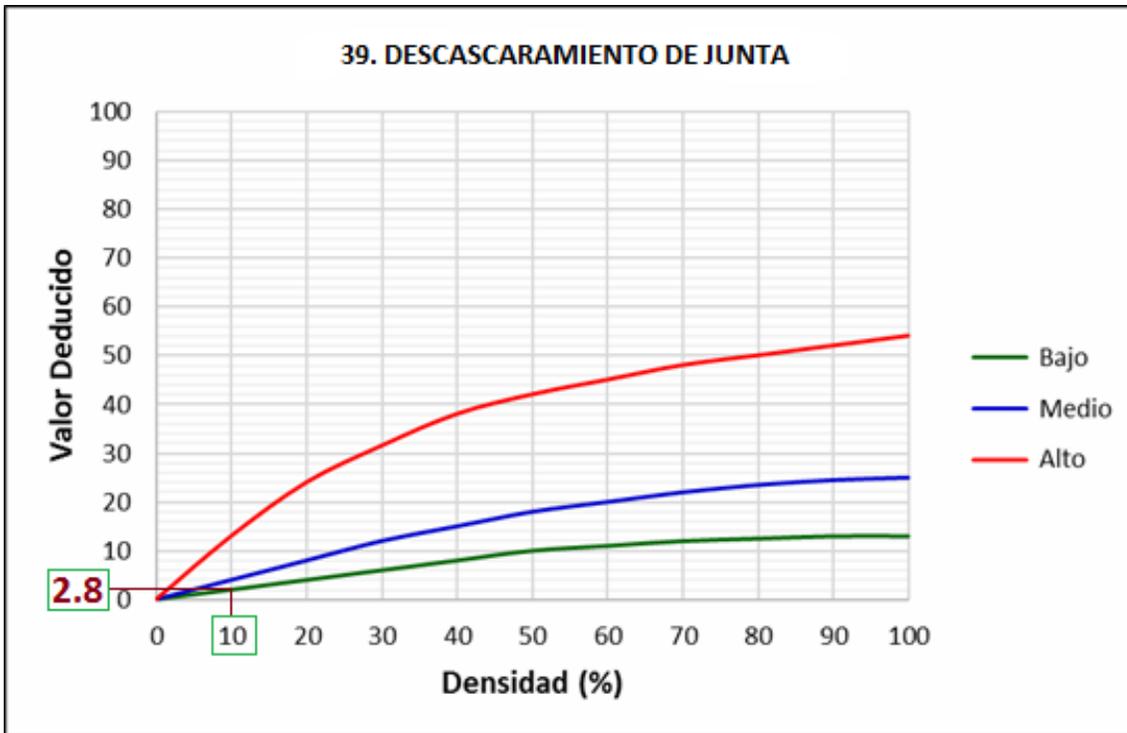
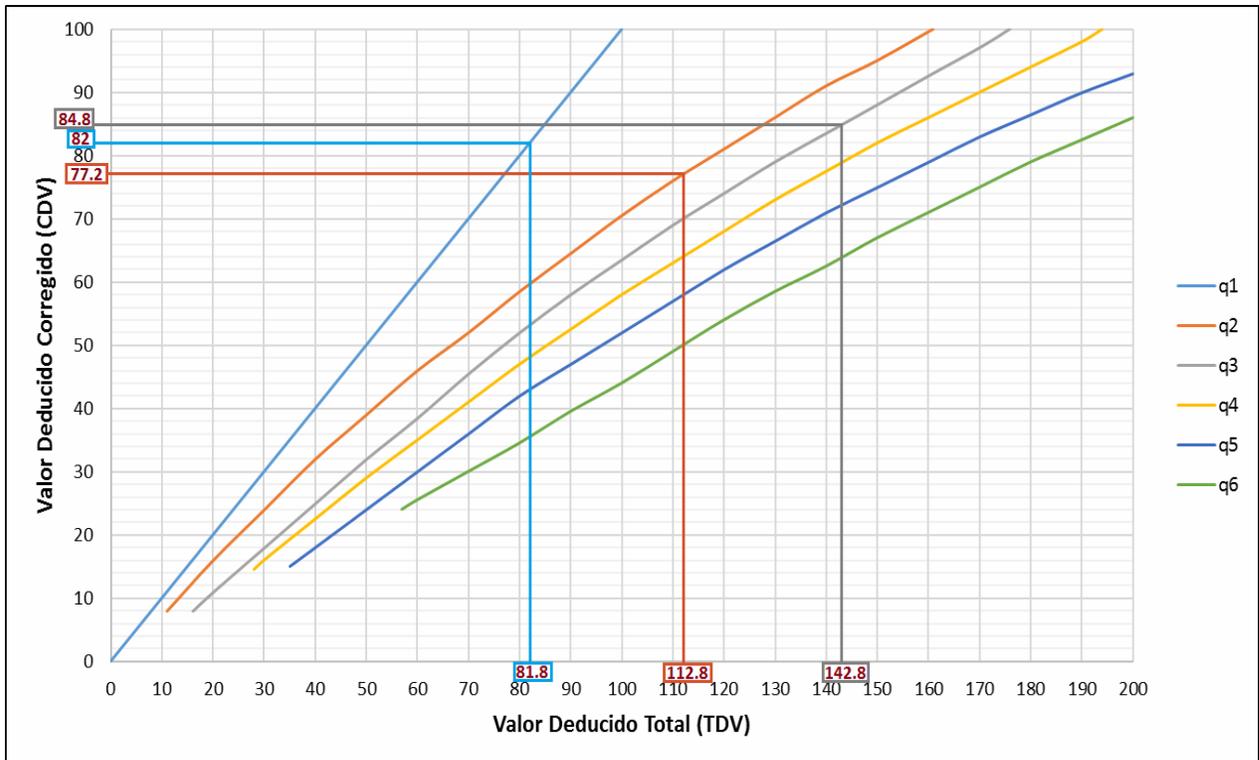


Figura 138. Valor deducido de descascaramiento de junta en la UM - 13. (Elaboracion propia)



**Figura 139.** Valor deducido corregido de la UM - 13. (Elaboracion propia)



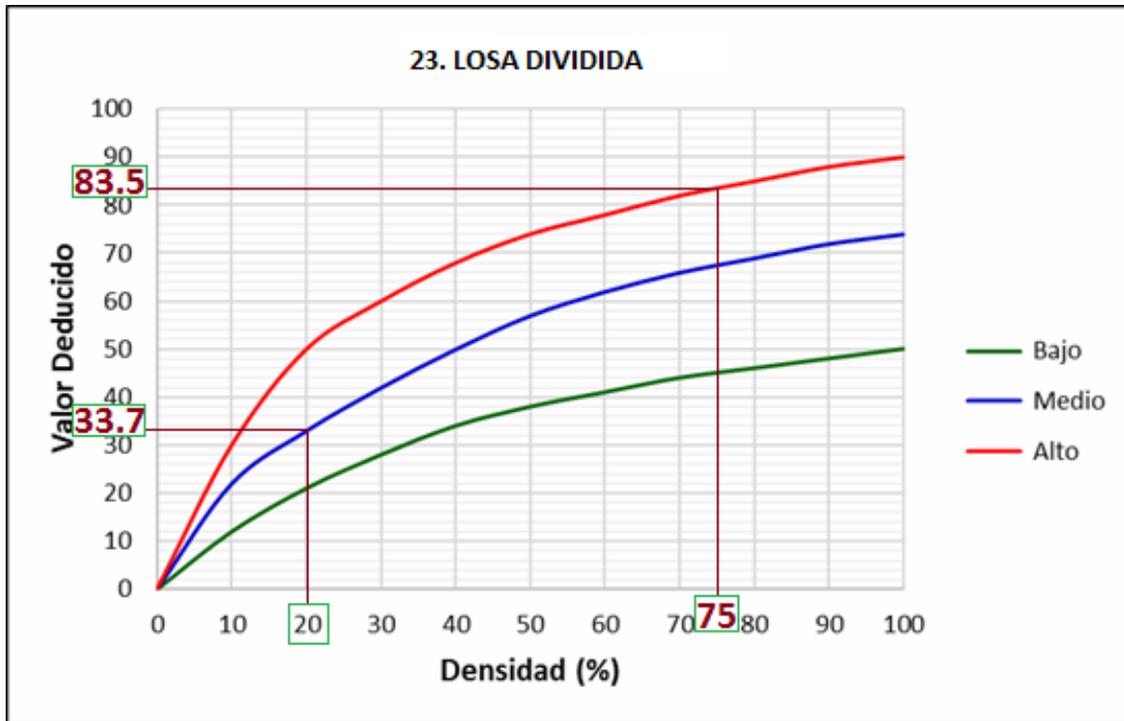


Figura 141. Valor deducido de losas divididas en la UM - 14. (Elaboracion propia)

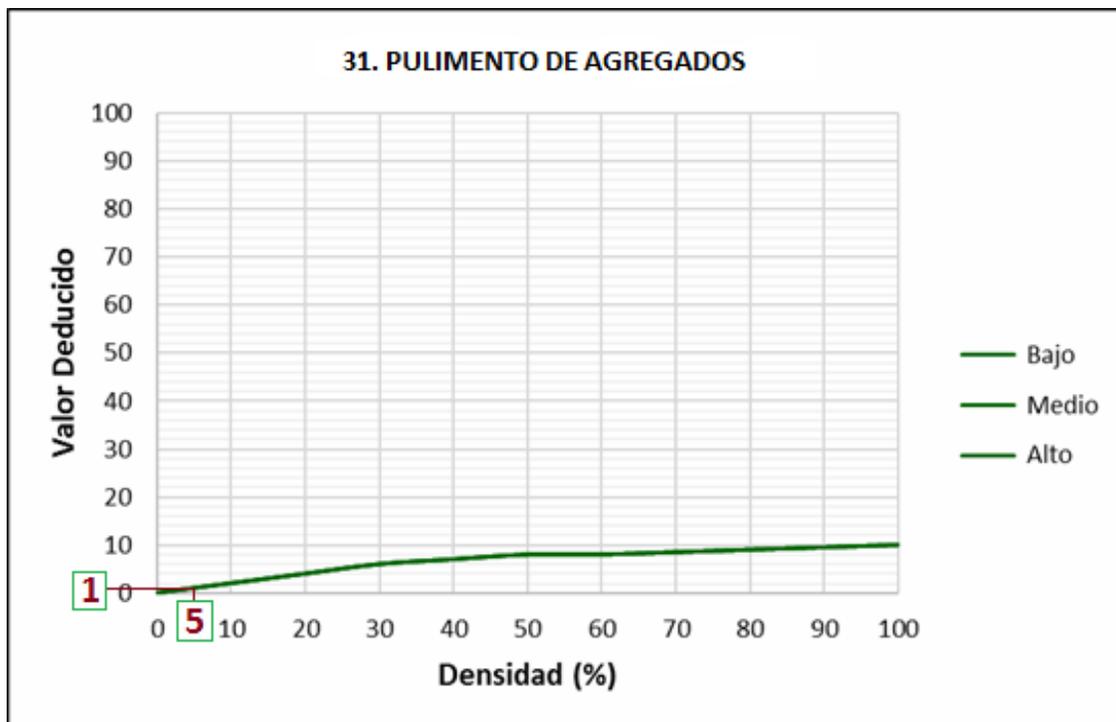


Figura 142. Valor deducido de pulimento de agregados en la UM - 14. (Elaboracion propia)

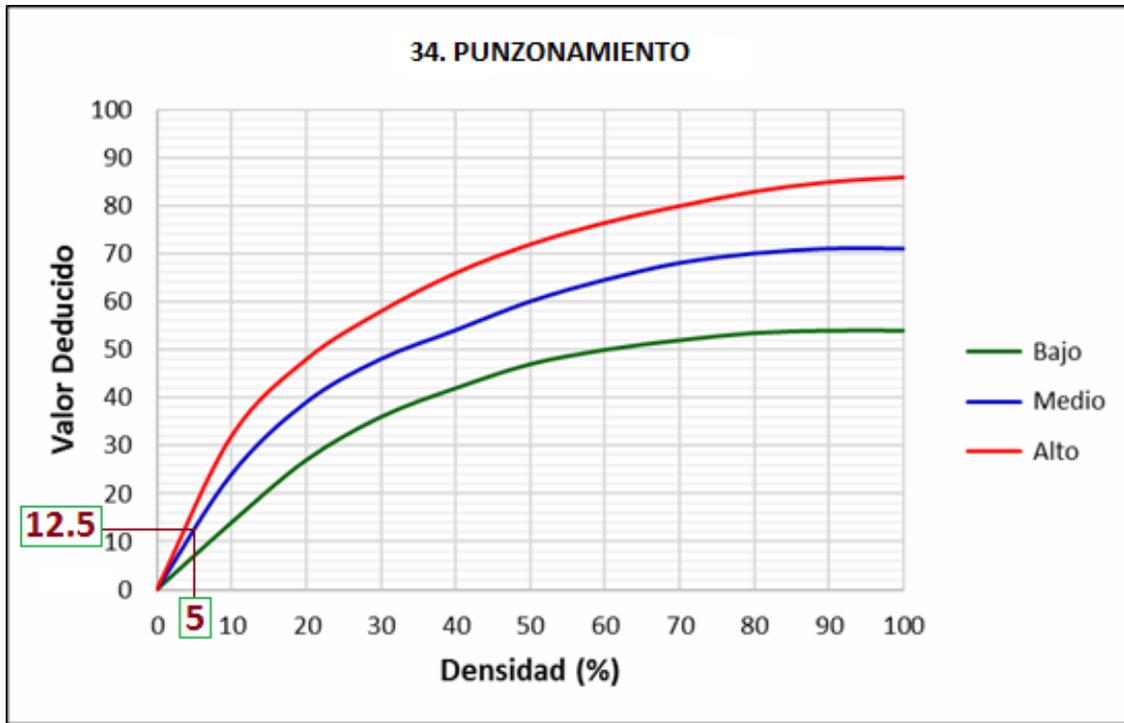


Figura 143. Valor deducido de punzonamiento en la UM - 14. (Elaboracion propia)

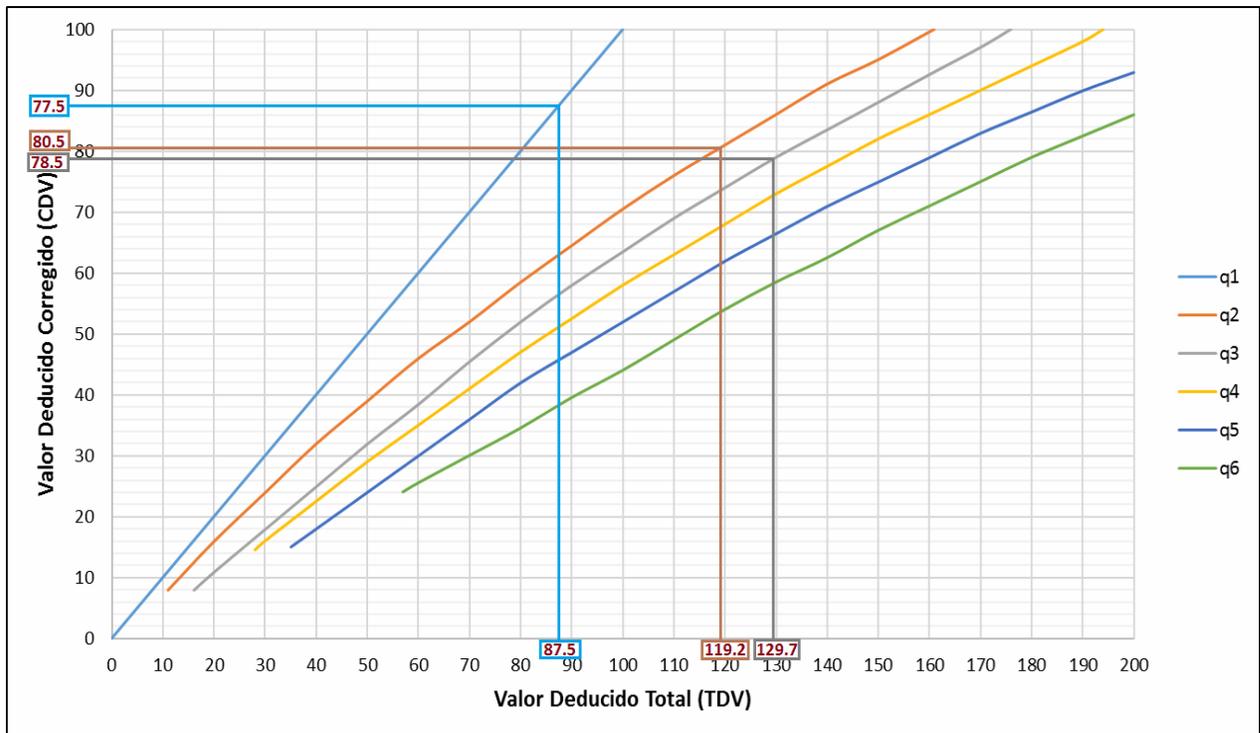


Figura 144. Valor deducido corregido de la UM - 14. (Elaboracion propia)



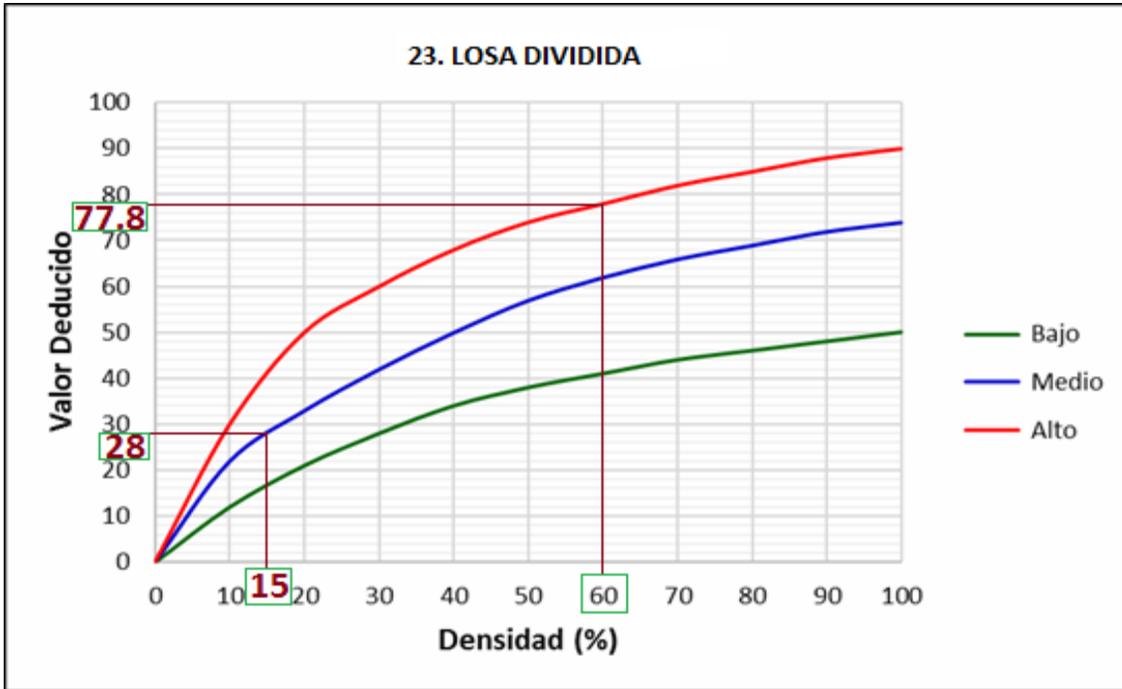


Figura 146. Valor deducido de losas divididas en la UM - 15. (Elaboracion propia)

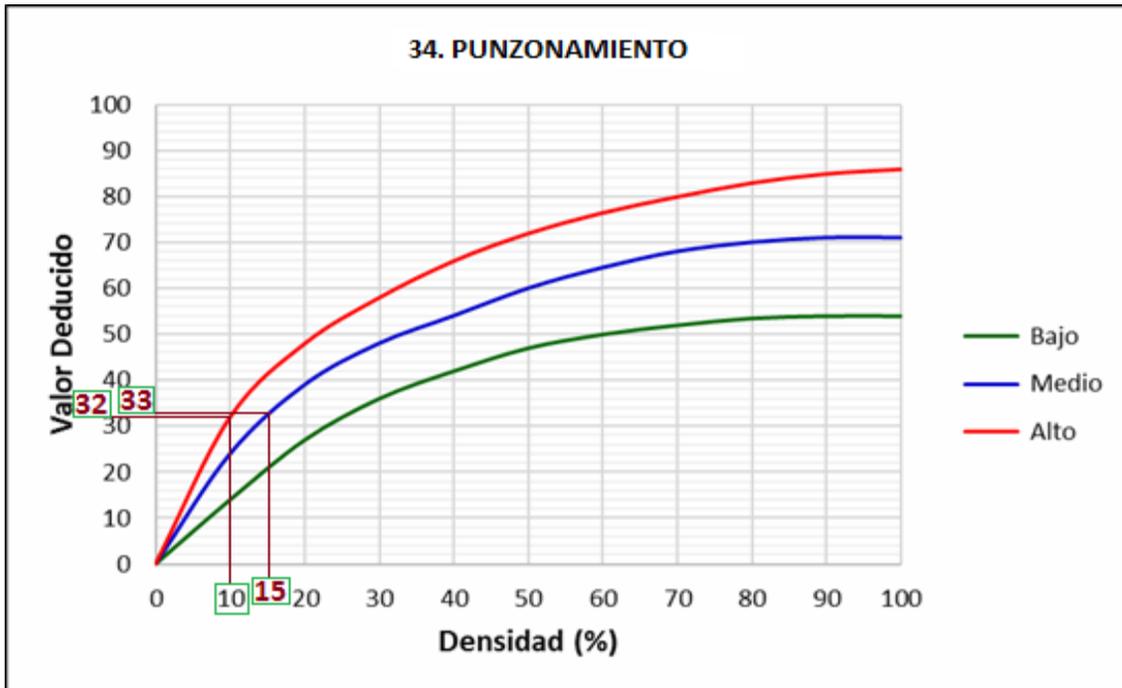


Figura 147. Valor deducido de punzonamiento en la UM - 15. (Elaboracion propia)

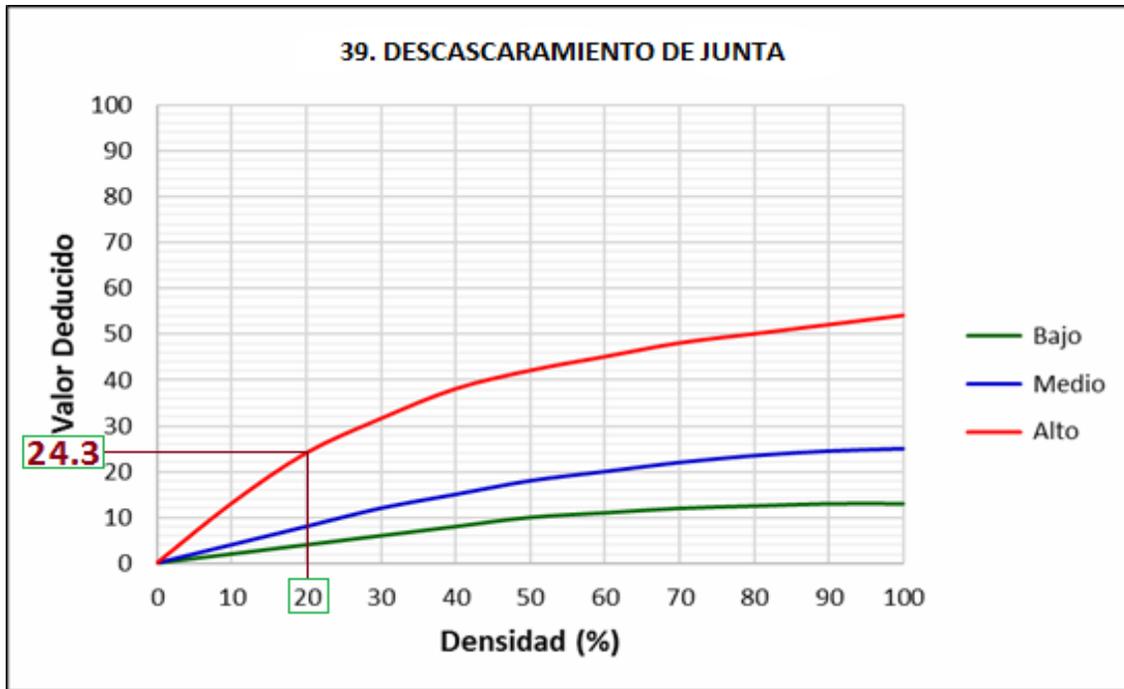


Figura 148. Valor deducido de descascaramiento de junta en la UM - 15. (Elaboracion propia)

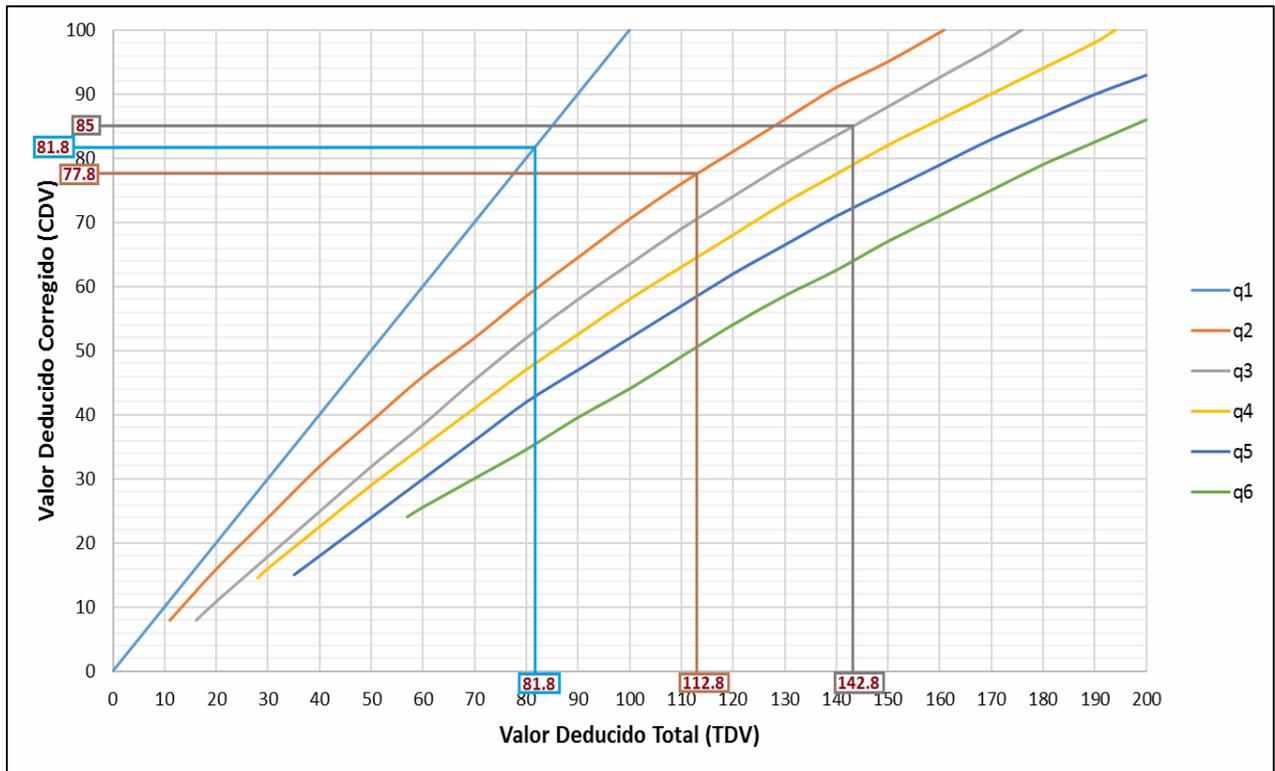


Figura 149. Valor deducido corregido de la UM - 15. (Elaboracion propia)



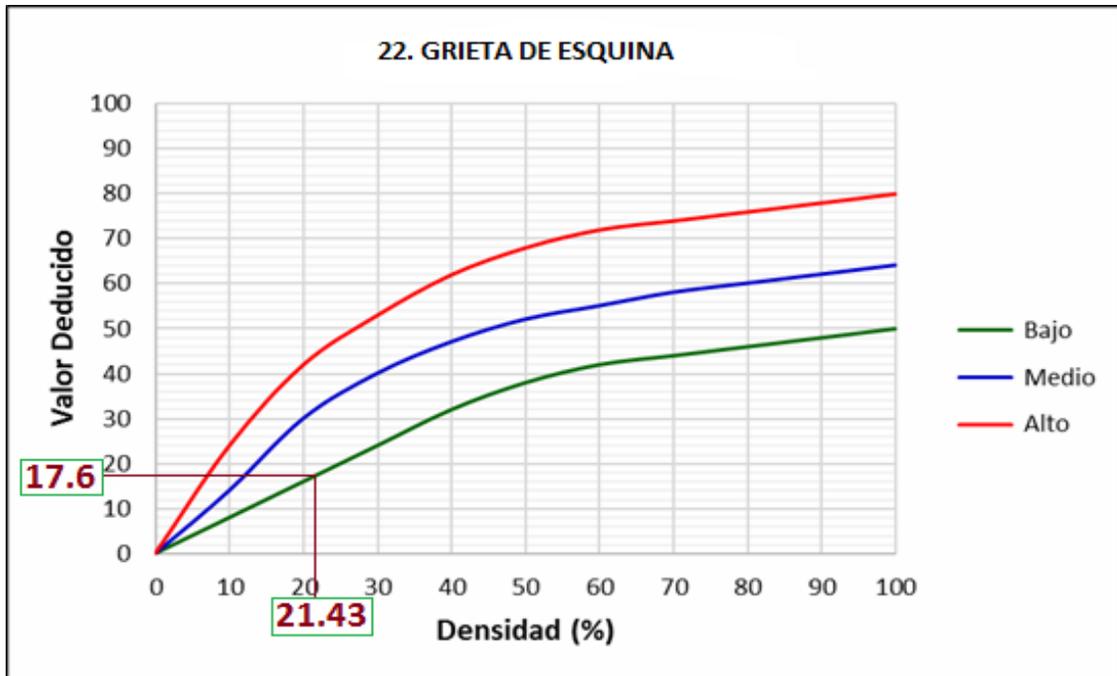


Figura 151. Valor deducido de grieta de esquina en la UM - 16. (Elaboracion propia)

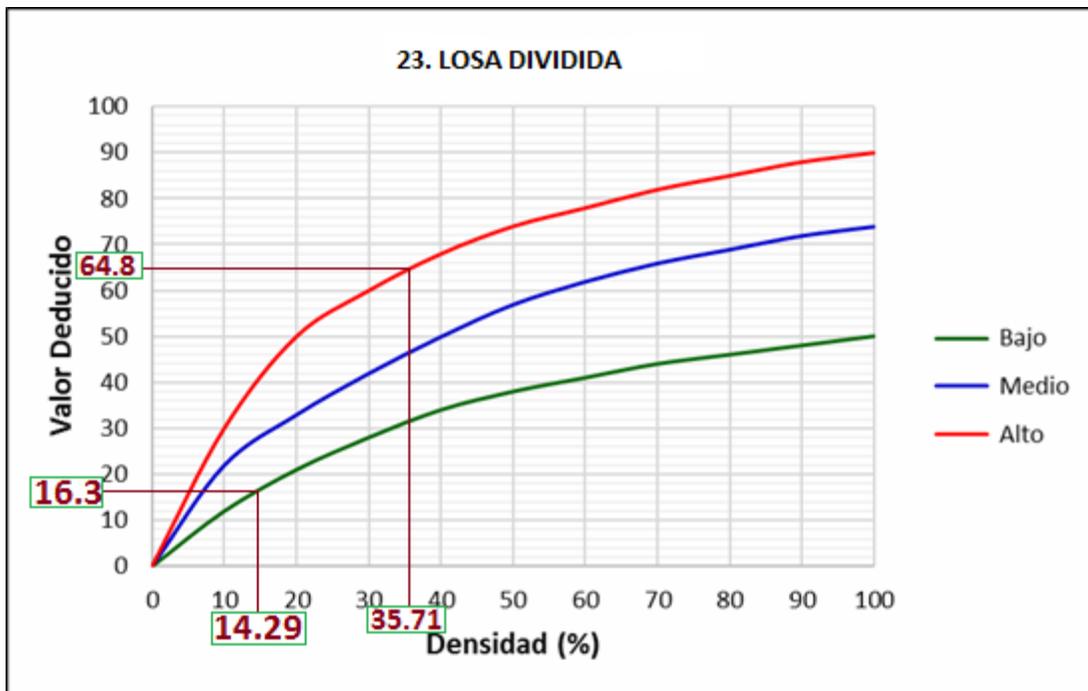


Figura 152. Valor deducido de losas divididas en la UM - 16. (Elaboracion propia)

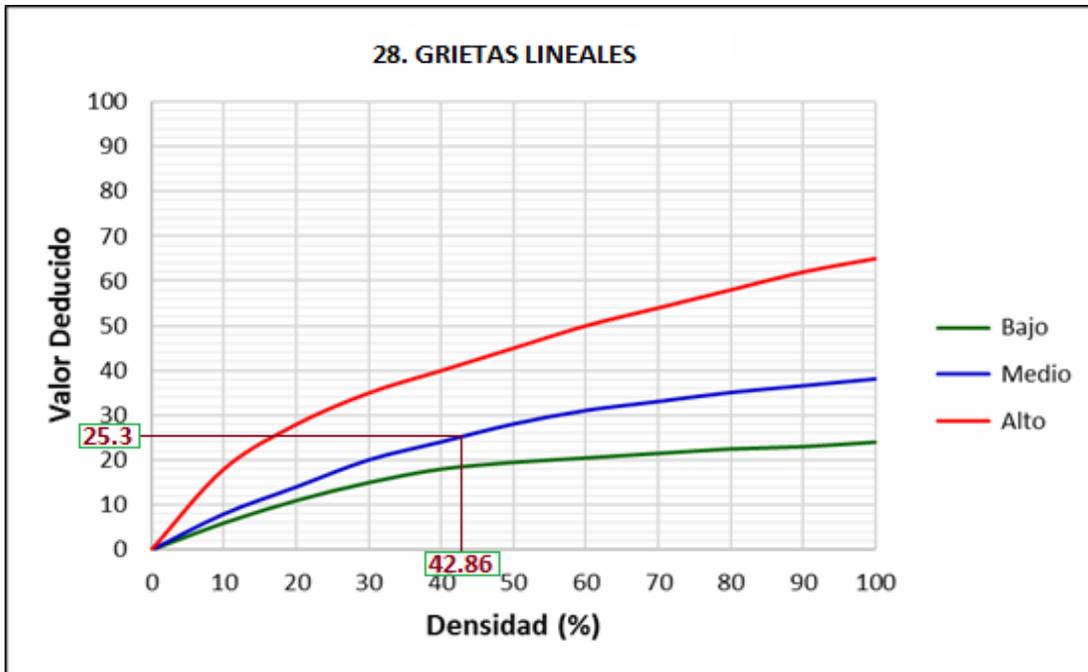


Figura 153. Valor deducido de grietas lineales en la UM - 16. (Elaboracion propia)

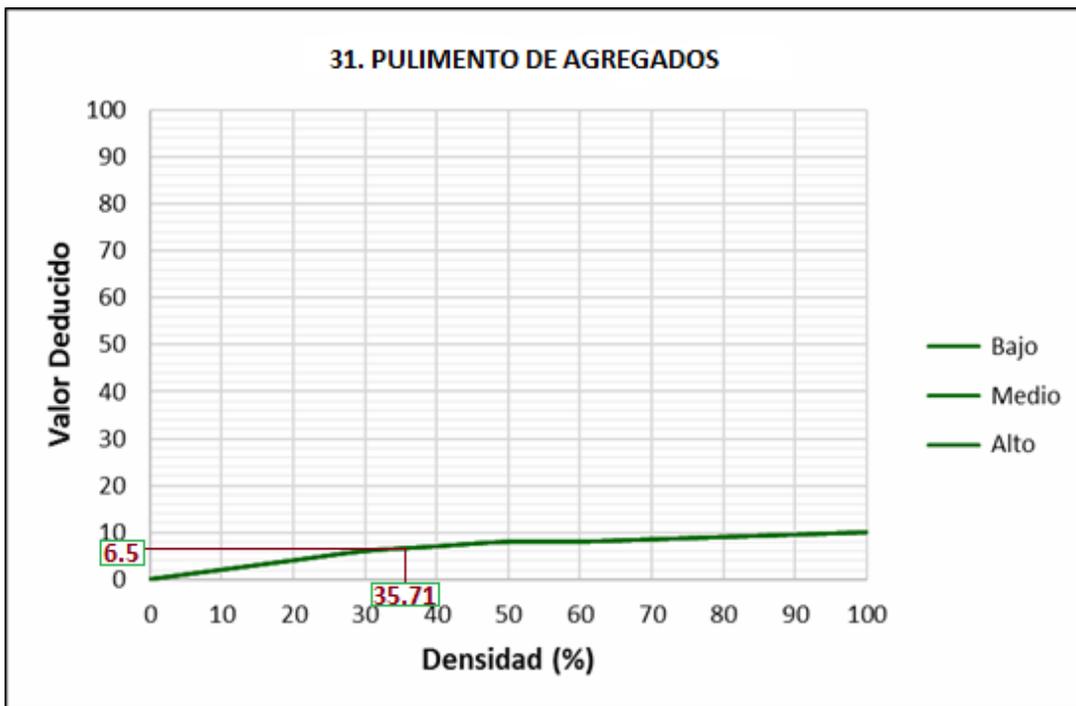


Figura 154. Valor deducido de pulimento de agregados en la UM - 16. (Elaboracion propia)

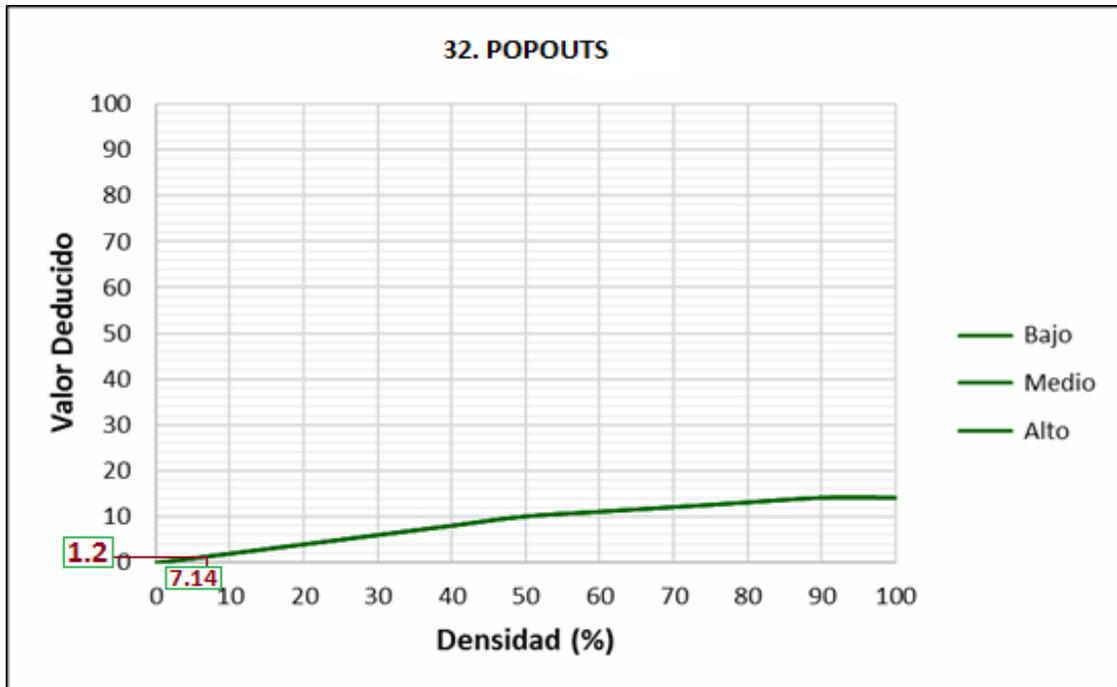


Figura 155. Valor deducido de popouts en la UM - 16. (Elaboracion propia)

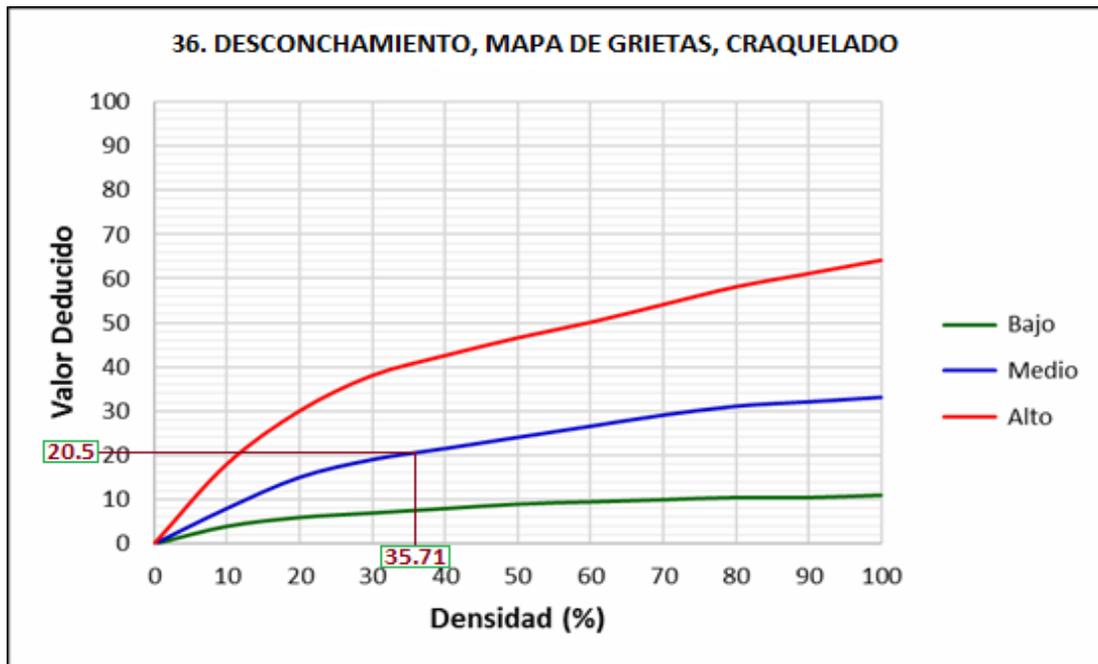


Figura 156. Valor deducido de desconchamiento, mapa de grietas, craquelado en la UM - 16. (Elaboracion propia)

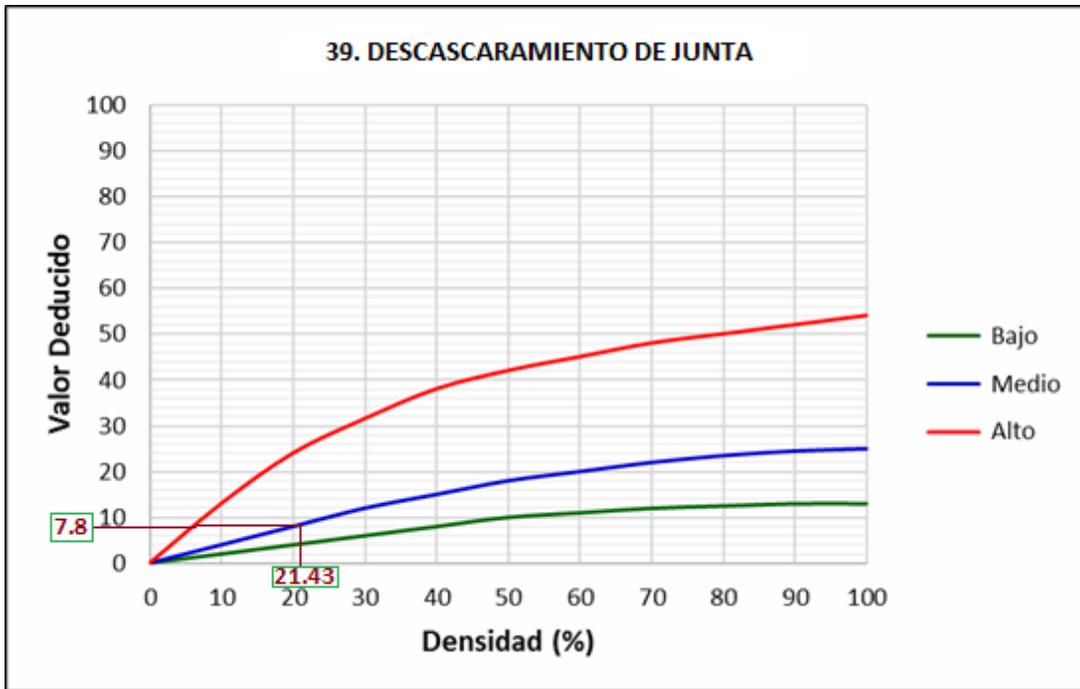


Figura 157. Valor deducido de descascaramiento de junta en la UM - 16. (Elaboracion propia)

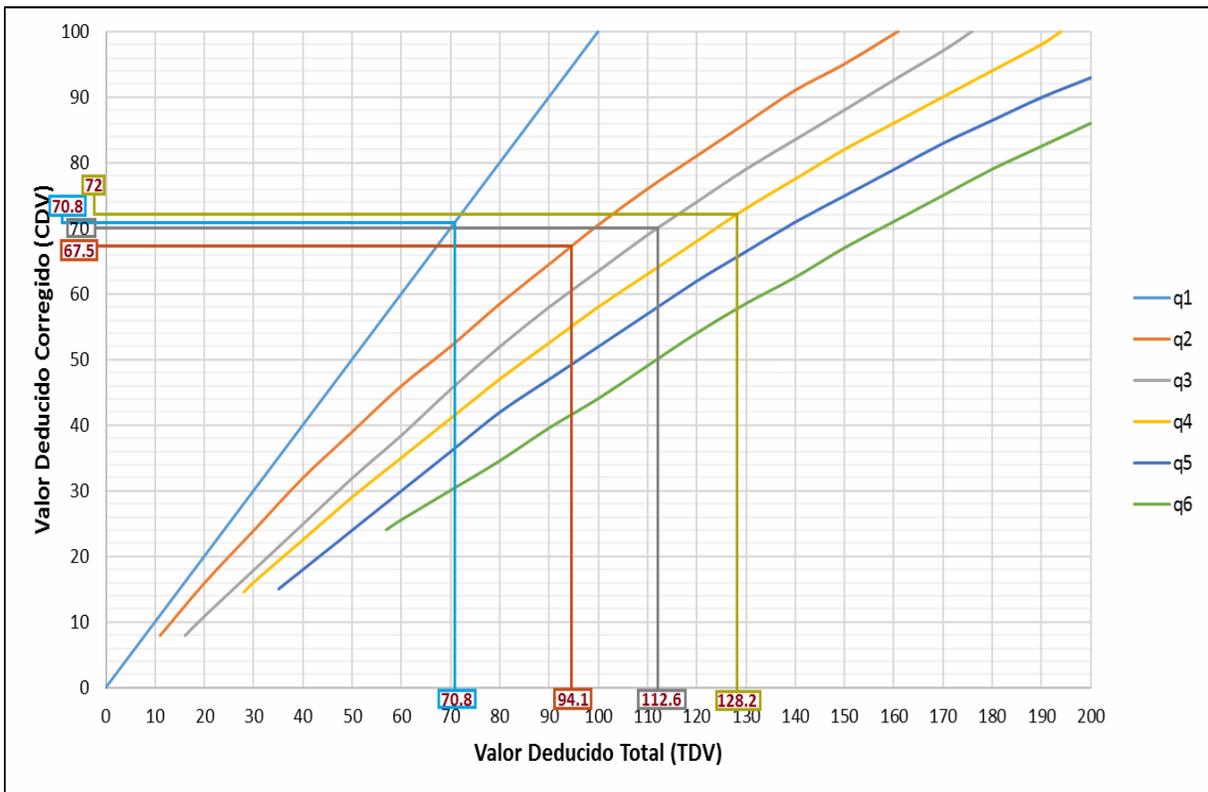


Figura 158. Valor deducido corregido de la UM - 16. (Elaboracion propia)

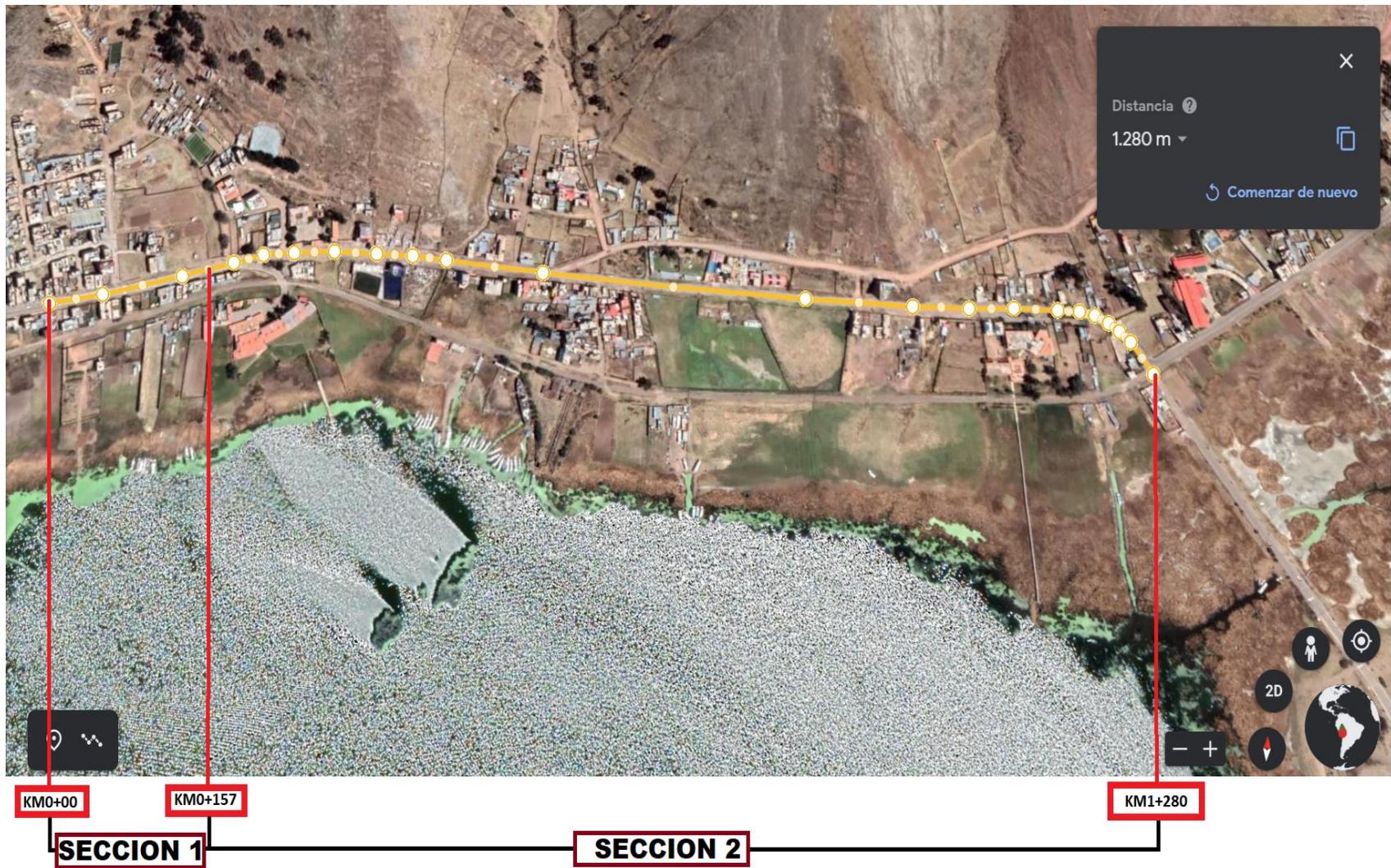


Figura 159. Esquema representativo de la seccion 1 y 2. (Adaptado de Google Earth)



**Figura 160.** Inicio de la inspección del pavimento rígido, unidad de muestra 01. (Elaboración propia)



**Figura 161.** Identificación de falla por Retracción, unidad de muestra 01. (Elaboración propia)



**Figura 162.** Identificación de falla por Grieta Lineal en la unidad de muestra 01. (Elaboración propia)



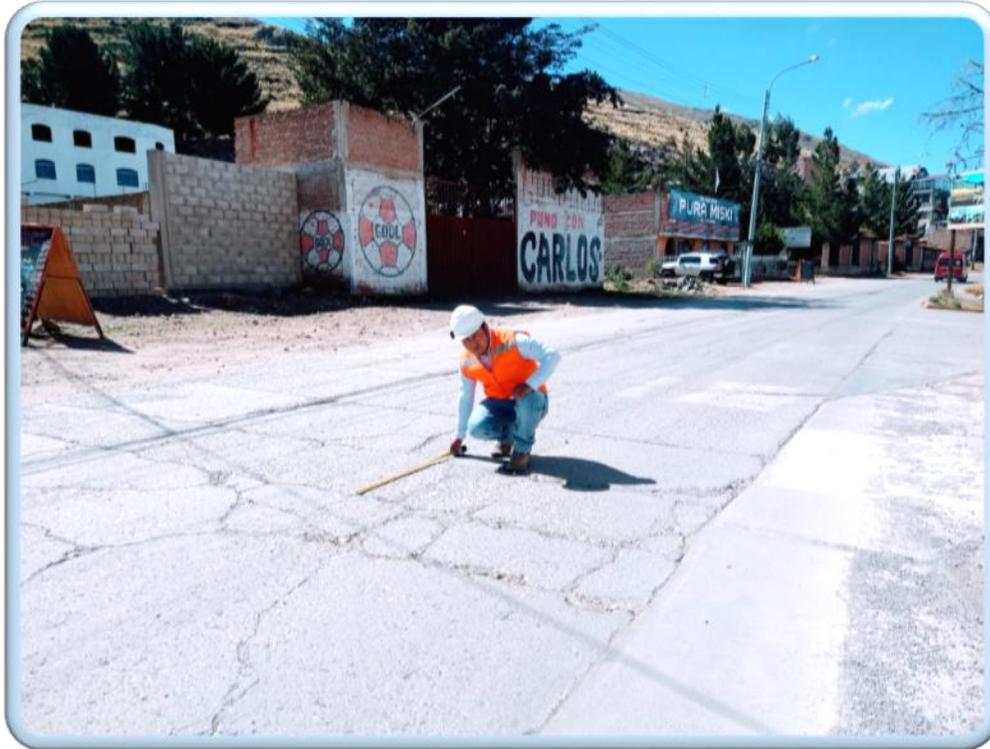
**Figura 163.** Control de falla por Escala con nivel de severidad alto. (Elaboración propia)



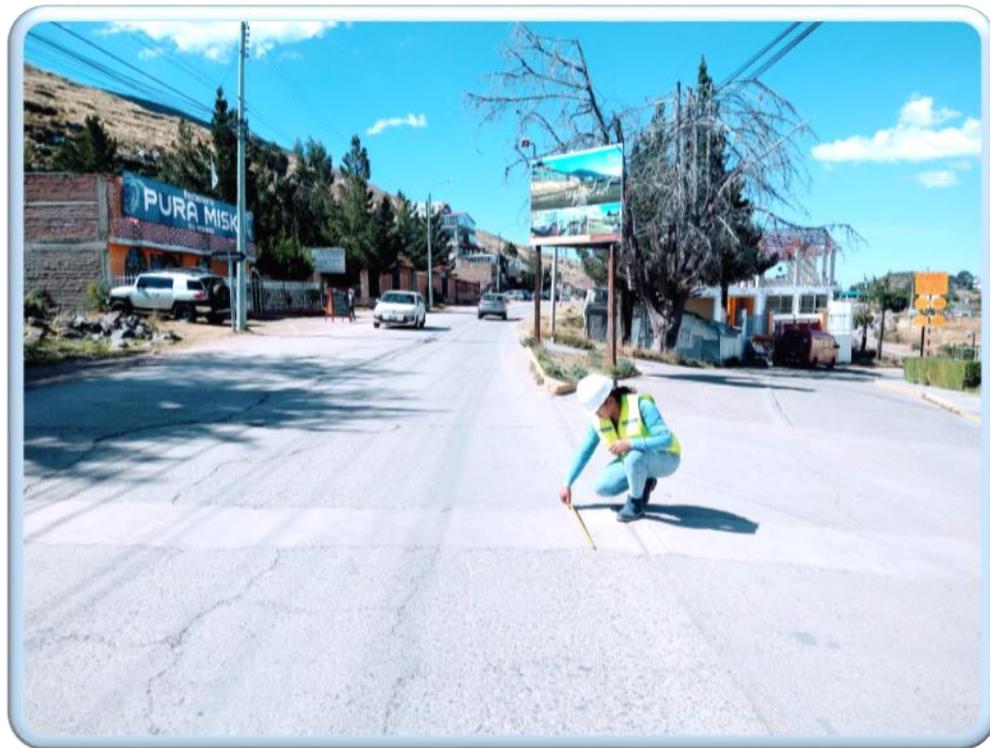
**Figura 164.** Intersección entre el pavimento rígido moderno y antiguo. (Elaboración propia)



**Figura 165.** Identificación de falla por losa dividida. (Elaboración propia)



**Figura 166.** Identificación de falla por Parcheo Grande. (Elaboración propia)



**Figura 167.** Identificación de falla por Parcheo Grande. (Elaboración propia)



*Figura 168.* Identificación de falla por losa dividida, en la unidad de muestra 07. (Elaboración propia)



*Figura 169.* Verificación de falla por Pulimento de agregados y losa dividida. (Elaboración propia)



**Figura 170.** Verificación de falla por losa dividida con nivel de severidad medio. (Elaboración propia)



**Figura 171.** Identificación de falla por Parcheo Grande, en la unidad de muestra 07. (Elaboración propia)



**Figura 172.** Identificación de falla por punzonamiento, en la unidad de muestra 07. (Elaboración propia)



**Figura 173.** Verificación de máquinas pesadas en la vía en estudio. (Elaboración propia)



**Figura 174.** Identificación de falla por punzonamiento, en la unidad de muestra 08. (Elaboración propia)



**Figura 175.** Identificación de falla por punzonamiento, en la unidad de muestra 08. (Elaboración propia)



**Figura 176.** Identificación de falla por Losa dividida, en la unidad de muestra 12. (Elaboración propia)



**Figura 177.** Identificación de falla por punzonamiento, en la unidad de muestra 12. (Elaboración propia)



**Figura 178.** Identificación de falla por Grieta de esquina y descascaramiento de junta en la unidad de muestra 15.  
(Elaboración propia)



**Figura 179.** Identificación de falla por Descascaramiento de junta. (Elaboración propia)



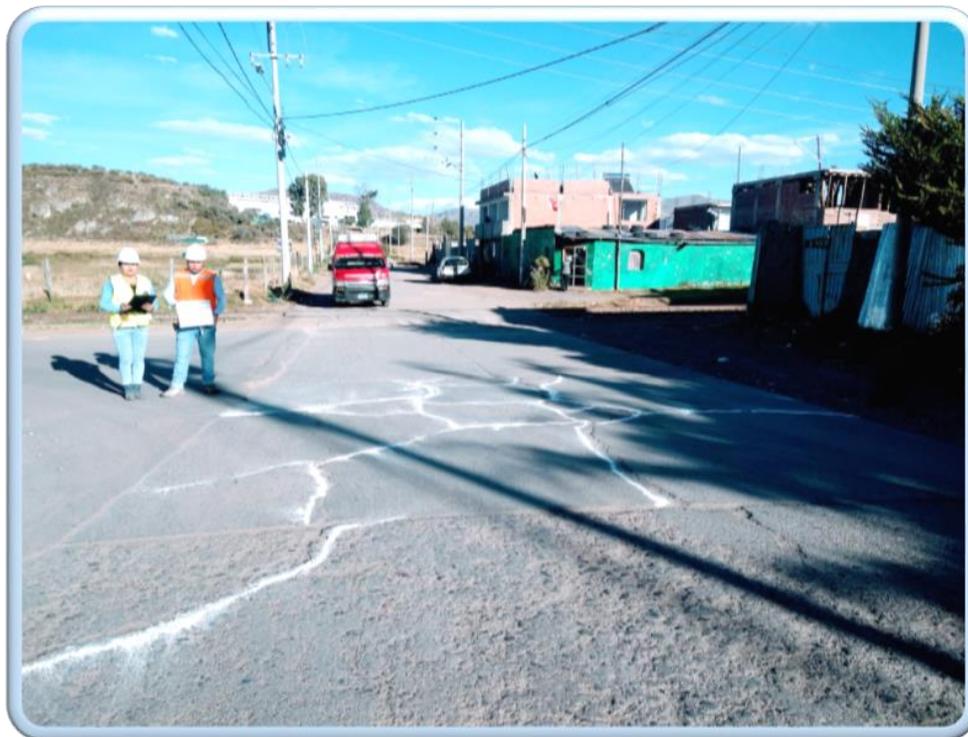
*Figura 180.* Identificación de falla por Grieta de esquina, en la unidad de muestra 16. (Elaboración propia)



*Figura 181.* Identificación de falla por Grieta lineal, en la unidad de muestra 16. (Elaboración propia)



**Figura 182.** Identificación de falla por Grieta de esquina, en la unidad de muestra 16. (Elaboración propia)



**Figura 183.** Identificación y trazo de falla por Losa dividida, en la unidad de muestra 16. (Elaboración propia)