



RESUMEN – TESIS DE GRADO

**AUTORES:**

**NOMBRES:** MARIO ALBERTO    **APELLIDOS:** SIERRA LEAL  
**NOMBRES:** NIXON EDUARDO    **APELLIDOS:** PATIÑO HERNANDEZ  
**NOMBRES:** RAFAEL    **APELLIDOS:** CARRERO BUENAÑO

**FACULTAD:** FACULTAD DE INGENIERIAS

---

**PLAN DE ESTUDIOS:** PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA CIVIL

---

**DIRECTOR:**

**NOMBRES:** EDGAR    **APELLIDOS:** VILLEGAS PALLARES

**TITULO DE LAS TESIS:** DISEÑO DE UN PUENTE SOBRE LA QUEBRADA  
“CAÑO LAPA” ENTRE LA VEREDA LA ESPERANZA Y EL CORREGIMIENTO DE  
AGUA CLARA JURISDICCION DEL MUNICIPIO DE SAN JOSE DE CUCUTA,  
NORTE DE SANTANDER.

RESUMEN

Se realizaron los estudios y diseños mínimos que debe tener el proyecto de un puente de luz simple igual a 10 m, bajo las normas del código colombiano de diseño sísmico de puentes 1995, manual de drenaje de carreteras 2009 INVAS, Manual de diseño geométrico de carreteras 2008 INVIAS y la teoría correspondiente a cada tema. Las propuestas desarrolladas en este trabajo fueron un puente de losa maciza y un puente de losa y vigas longitudinales.

Palabras clave: Batimetría, estudio, suelos, hidrología, galibo, hidráulica, socavación, diseño, estructural, presupuesto.

CARACTERÍSTICAS

PAGINAS: 460    PLANOS: 6    ILUSTRACIONES         CD ROM: 1

DISEÑO DE UN PUENTE SOBRE LA QUEBRADA “CAÑO LAPA” ENTRE LA  
VEREDA LA ESPERANZA Y EL CORREGIMIENTO DE AGUA CLARA  
JURISDICCIÓN DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA, NORTE DE  
SANTANDER

RAFAEL CARRERO BUENAÑO  
NIXON EDUARDO PATIÑO HERNANDEZ  
MARIO ALBERTO SIERRA LEAL

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2013

DISEÑO DE UN PUENTE SOBRE LA QUEBRADA “CAÑO LAPA” ENTRE LA  
VEREDA LA ESPERANZA Y EL CORREGIMIENTO DE AGUA CLARA  
JURISDICCIÓN DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ DE CÚCUTA, NORTE DE  
SANTANDER

RAFAEL CARRERO BUENAÑO  
NIXON EDUARDO PATIÑO HERNANDEZ  
MARIO ALBERTO SIERRA LEAL

Proyecto presentado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil

Director  
EDGAR VILLEGAS PALLARES  
Ingeniero Civil  
Candidato a Especialista en Estructuras U.F.P.S.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2013

## ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

FECHA: 5 DE AGOSTO DE 2013 HORA: 3:00 p. m.

LUGAR: DEPARTAMENTO DE CONSTRUCCIONES CIVILES, VIAS Y  
TRANSPORTES - UFPS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

TITULO DE LA TESIS: "DISEÑO DE UN PUENTE SOBRE LA QUEBRADA CAÑO LAPA  
ENTRE LA VEREDA LA ESPERANZA Y EL CORREGIMIENTO DE  
AGUA CLARA JURISDICCION DEL MUNICIPIO SAN JOSE DE  
CUCUTA, NORTE DE SANTANDER".

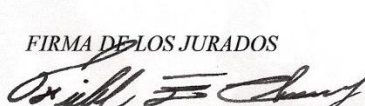
JURADOS: ING. FIDEL ERNESTO CUBEROS CUBEROS  
ING. JAVIER ANDRES ZAMBRANO GALVIS

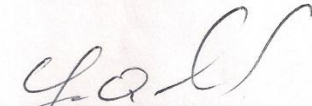
DIRECTOR: INGENIERO EDGAR VILLEGAS PALLARES.

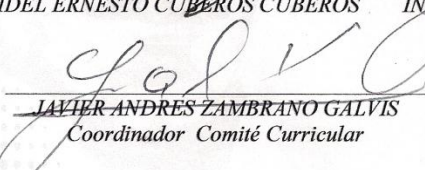
NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	NUMERO	CALIFICACION LETRA
MARIO ALBERTO SIERRA LEAL	1110168	5,0	CINCO, CERO
NIXON EDUARDO PATIÑO HERNANDEZ	1110087	5,0	CINCO, CERO
RAFAEL CARRERO BUENAÑO	1110068	5,0	CINCO, CERO

# LAUREADA

FIRMA DE LOS JURADOS

  
ING. FIDEL ERNESTO CUBEROS CUBEROS

  
ING. JAVIER ANDRES ZAMBRANO GALVIS

Vo. Bo.   
JAVIER ANDRES ZAMBRANO GALVIS  
Coordinador Comité Curricular

Betty M.

Av. Gran Colombia No. 12E-96 Colsag  
Teléfono: 5776655  
Cúcuta - Colombia

FACULTAD DE INGENIERIA

*El presente trabajo va dedicado a nuestras familias que son el combustible que alimenta el sentimiento de superación, que con su buen ejemplo y enseñanza facilitaron la conquista de este triunfo.*

## **AGRADECIMIENTO**

A mi madre Beatriz Buenaño Flores, por su sacrificio, por su incondicional apoyo, por su cariño desinteresado, por su paciencia y por hacer que mi vida tenga más deseos de superación y de salir adelante.

A mi padre Rafael Carrero Gómez, por su compañía y apoyo durante mi carrera y por estar siempre presente en todos los momentos que lo he necesitado.

A mi hermana Luz Dari Carrero Buenaño, por apoyarme siempre en esos momentos difíciles, por el cariño que siempre me ha brindado como hermana y por esa voz de aliento que nunca me hace desfallecer.

A mis compañeros de tesis Nixon Eduardo Patiño Hernández y Mario Alberto Sierra Leal, por el buen trabajo desempeñado durante nuestra carrera, éxitos y mis mejores deseos en esta nueva etapa de sus vidas. Su amigo....

***Rafael Carrero Buenaño***

A mis padres, Luis Eduardo Patiño y Ana Isabel Hernández, a mi hermana Ludy Amparo Patiño, que estuvieron siempre presentes durante toda la trayectoria de mi carrera brindándome todo su apoyo incondicional, el cual me fue indispensable para dar cumplimiento a este gran logro en mi vida, a ellos les agradezco de todo corazón.

A mis compañeros de tesis, Mario Sierra y Rafael Carrero, que mostraron desde el principio gran interés y dedicación por el desarrollo de este proyecto superando los problemas o dificultades que se nos presentaban y dando sus mejores aportes con el fin de que todo saliera bien.

***Nixon Eduardo Patiño Hernández.***

A mis padres Mario Sierra Anaya y Martha Leonor Leal Díaz por inculcarme El amor a la familia, la honestidad, la sencillez y humildad valores que si todos los seres humanos tuviéramos la realidad de nuestra sociedad sería distinta.

A mis hermanos Oscar David y Juan Sebastián Sierra Leal, este pequeño triunfo es para ustedes.

A la familia Sierra por darme su buen ejemplo de superación, que con la educación y la constancia se consiguen los triunfos en la vida.

A mis tíos Jaime Eljach, Nydia Sierra y Virginia Palomares por su cariño y afecto incondicional en los momentos más difíciles de mi vida, el cual no me dejo desfallecer.

A mi abuelo Leonidadas Leal Bautista por su cariño y compañía cuando más lo necesité.

A todos y cada uno de los maestros que tuve en mi colegio y universidad de los cuales tome sus mejores ejemplos y enseñanzas.

***Mario Alberto Sierra Leal***



Los autores expresan sus más sinceros agradecimientos a:

A nuestro director de proyecto ing. Edgar Villegas Pallares por su amistad, confianza y enseñanzas que transmitió durante el desarrollo de este proyecto.

A los ing. Javier Andrés Zambrano Galvis y Fidel Ernesto Cuberos por su confianza, su amistad y conocimientos transmitidos durante el desarrollo de nuestra carrera.

A la UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER por acogernos y formarnos como profesionales.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	32
1. TITULO	33
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	33
1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA	33
1.3 JUSTIFICACION	33
1.4 OBJETIVOS	34
1.4.1 Objetivo general	34
1.4.2 Objetivos específicos	35
1.5 DELIMITACIONES	35
1.5.1 Conceptual	35
1.5.2 Espacial	35
1.5.3 Temporal	35
1.6 LIMITACIONES	35
2. MARCO REFERENCIAL	37
2.1 ANTECEDENTES	37
2.1.1 Regional	37
2.1.2 Nacional	37
2.1.3 Internacional	37
2.2 MARCO CONCEPTUAL	37
2.3 MARCO TEORICO	38

2.3.1 Fundamentos de puentes	39
2.3.2 Información de terreno para diseño	39
2.3.3 Probabilidad y estadística en hidrología	41
2.3.4 Periodo de retorno	41
2.3.4.1 Periodo de retorno de obras de drenaje vial	42
2.3.5 Funciones de distribución de probabilidad usadas en hidrología	42
2.3.6 Análisis de intensidad de precipitación	43
2.3.7 Ecuación de lluvia intensa generalizada	44
2.3.8 Curvas intensidad duración frecuencia (IDF)	44
2.3.9 Cálculos de curvas IDF con datos históricos de precipitación	45
2.3.10 Precipitaciones efectivas de diseño en modelos lluvia-escorrentía	46
2.3.11 Método del número de curva CN del SCS para estimar abstracciones de la precipitación	46
2.3.11.1 Estimación del número de curva de escorrentía CN	48
2.3.11.2 Clasificación hidrológica de los suelos	49
2.3.11.3 Uso y tratamiento del suelo	50
2.3.11.4 Condición hidrológica	50
2.3.11.5 Condición de humedad antecedente	51
2.3.11.6 Determinación del número de curva de escorrentía	51
2.3.12 Relaciones lluvia-escorrentía	55
2.3.13 Hidráulica	59
2.3.14 Estimación de los niveles de agua	60
2.3.14.1 Selección del coeficiente de rugosidad	60

2.3.14.2 Análisis hidráulico	62
2.3.14.3 Modelación hidráulica: software HEC-RAS	64
2.3.15 Socavación	66
2.3.15.1 Métodos empleados para estimar la socavación	67
2.3.15.2 Socavación general en cauces definidos	68
2.3.15.3 Método de Lischtvan – Lebediev	69
2.3.15.4 Socavación por contracción	73
2.3.15.5 Socavación local	74
2.3.15.6 Socavación local en pilas	75
2.3.15.7 Socavación en estribos	75
2.3.16 Diseño geométrico y estructural	77
2.4 MARCO LEGAL	78
3. DISEÑO METODOLOGICO	79
3.1 TIPO DE INVESTIGACION	79
3.2 METODO	79
3.3 POBLACION Y MUESTRA	79
3.3.1 Población	79
3.3.2 Muestra	79
3.4 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS	79
3.4.1 Técnicas	79
3.4.2 Instrumentos	80
3.5 PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION	80
4. DESARROLLO DEL PROYECTO	81

4.1 LOCALIZACION DEL PROYECTO	81
4.2 ASPECTOS TOPOGRAFICOS	81
4.2.1 Levantamiento topográfico	81
4.3 ESTUDIO DE SUELOS	99
4.3.1 Exploración y muestreo	99
4.3.2 Localización y descripción del proyecto	99
4.3.3 Condiciones geológicas y geomorfológicas	100
4.3.4 Trabajo de campo	100
4.3.5 Condiciones de los suelos	103
4.3.5.1 Perfil estratigráfico	103
4.3.5.2 Propiedades físicas	103
4.3.5.3 Nivel freático	103
4.3.5.4 Propiedades mecánicas, resistencia y deformabilidad	104
4.3.6 Recomendaciones sobre la cimentación	104
4.3.6.1 Tipo de cimentación	104
4.3.6.2 Nivel y suelo de cimentación	104
4.3.7 Análisis geotécnico	105
4.3.7.1 Capacidad de carga	105
4.3.7.2 Asentamientos	107
4.3.8 Recomendaciones de construcción	108
4.3.9 Limitaciones	109
4.4 ESTUDIO HIDROLOGICO, HIDRAULICO Y DE SOCAVACION	109
4.4.1 Delimitación de la cuenca hidrográfica	109

4.4.2	Parámetro morfo métricos de la cuenca	110
4.4.3	Análisis de precipitaciones en la cuenca	111
4.4.4	Determinación de precipitación máximas para diferentes periodos de retorno con los datos de la estación meteorológica 16020350 del IDEAM ubicada en Puerto León, municipio de San José de Cúcuta	114
4.4.4.1	Cálculo de la desviación estándar	115
4.4.4.2	Precipitaciones máximas probables con duraciones de 24 horas	115
4.4.5	Curvas intensidad duración frecuencia de la zona	116
4.4.5.1	Método general de Frederich Bell para la obtención de las intensidades en diferentes duraciones y periodos de retorno para la estación Puerto León	118
4.4.5.2	Relación intensidad duración frecuencia	119
4.4.5.2.1	Análisis de correlación lineal múltiple	120
4.4.6	Cálculo de caudales máximos por el método racional modificado	127
4.4.6.1	Coefficiente de escorrentía	127
4.4.6.2	Precipitaciones máximas reales sobre la cuenca	127
4.4.6.3	Régimen de precipitaciones extremas	128
4.4.6.4	Umbral de escorrentía	128
4.4.6.5	Intensidades de lluvia	130
4.4.6.6	Tiempo de concentración de la lluvia	130
4.4.6.7	Coefficiente de uniformidad	131
4.4.6.8	Caudales máximos en la zona de estudio	131
4.4.7	Análisis hidráulico de la zona en estudio	131
4.4.7.1	Modelación hidráulica	133
4.4.7.1.1	Secciones transversales del cauce	133

4.4.7.1.2 Coeficiente de Manning	134
4.4.7.2 Caudales	136
4.4.7.3 Lámina de agua y parámetros hidráulicos	136
4.4.7.3.1 Nivel de aguas máximas para un periodo de retorno de 100 años	142
4.4.8 Estudio de socavación	142
4.4.8.1 Velocidad de inicio de movimiento de partículas	142
4.4.8.2 Socavación general	143
4.5 DISEÑO ESTRUCTURAL	150
4.5.1 Diseño estructural del puente de losa maciza	150
4.5.1.1 Geometría	150
4.5.1.2 Parámetros sísmicos del puente	150
4.5.1.3 Diseño de la superestructura	151
4.5.1.3.1 Predimensionamiento de la losa maciza y vigas de borde	151
4.5.1.3.2 Diseño de la losa maciza	154
4.5.1.3.2.1 Análisis de cargas y estructural de la losa maciza	154
4.5.1.3.2.2 Diseño a flexión de la losa maciza	161
4.5.1.3.2.3 Diseño de la armadura de distribución	163
4.5.1.3.2.4 Diseño de la armadura de retracción y fraguado	164
4.5.1.3.2.5 Revisión del esfuerzo cortante	164
4.5.1.3.2.6 Verificación de la longitud mínima de apoyo de la losa maciza	165
4.5.1.3.2.7 Calculo de la flecha para la losa maciza	165
4.5.1.3.2.8 Revisión del refuerzo mínimo a flexión de la losa maciza	171
4.5.1.3.2.9 Verificación de los esfuerzos de fatiga del acero de la losa	172

maciza	
4.5.1.3.2.10 Revisión de la distribución del refuerzo a flexión de la losa maciza	173
4.5.1.3.3 Diseño de la viga de borde	175
4.5.3.3.1 Análisis de carga y estructural de la viga de borde	175
4.5.3.3.2 Diseño a flexión de la viga de borde	176
4.5.3.3.3 Carga lateral sobre el bordillo	181
4.5.1.4 Diseño de la infraestructura	182
4.5.1.4.1 Diseño del estribo de pared recta con aletas	182
4.5.1.4.1.1 Parámetros de diseño	182
4.5.1.4.1.2 Geometría del estribo	182
4.5.1.4.1.3 Geometría de las pilas	183
4.5.1.4.1.4 Análisis de cargas en el estribo	185
4.5.1.4.1.5 Análisis de estabilidad del estribo	191
4.5.1.4.1.6 Diseño del vástago	191
4.5.1.4.1.6.1 Análisis de cargas y estructural del vástago	191
4.5.1.4.1.6.2 Diseño a flexión del vástago	193
4.5.1.4.1.6.3 Verificación por cortante	195
4.5.1.4.1.6.4 Diseño de la armadura de retracción y fraguado	196
4.5.1.4.1.7 Diseño del parapeto del vástago	196
4.5.1.4.1.7.1 Análisis de cargas y estructural del parapeto del vástago	196
4.5.1.4.1.7.2 Diseño a flexión del parapeto del vástago	197
4.5.1.4.1.7.3 Verificación por cortante	200



4.5.1.4.1.8	Calculo del desplazamiento esperado del muro	202
4.5.1.4.2	Diseño de las pilas	202
4.5.1.4.2.1	Obtención de las fuerzas sobre las pilas	202
4.5.1.4.2.2	Revisión de cargas admisibles	206
4.5.1.4.2.3	Diseño del refuerzo de la pila	207
4.5.1.4.3	Diseño de la zapata	207
4.5.1.4.3.1	Diseño del talón	207
4.5.1.4.3.1.1	Análisis de cargas y estructural del talón	207
4.5.1.4.3.1.2	Diseño a flexión del talón	209
4.5.1.4.3.2	Diseño de la puntera	210
4.5.1.4.3.2.1	Análisis de carga y estructural de la puntera	210
4.5.1.4.3.2.2	Diseño a flexión de la puntera	211
4.5.2	Diseño estructural del puente de losa y vigas longitudinales	212
4.5.2.1	Geometría	212
4.5.2.2	Parámetros sísmicos del puente	212
4.5.2.3	Diseño de la superestructura	213
4.5.2.3.1	Predimensionamiento de las vigas longitudinales y la losa	213
4.5.2.3.2	Diseño de la losa	216
4.5.2.3.2.1	Análisis de cargas y estructural de la losa	216
4.5.2.3.2.2	Diseño a flexión de la losa	220
4.5.2.3.2.3	Diseño de la armadura de distribución	223
4.5.2.3.2.4	Diseño de la armadura de retracción y fraguado	223
4.5.2.3.2.5	Revisión del esfuerzo cortante	224

4.5.2.3.3 Diseño de la viga longitudinal	224
4.5.2.3.3.1 Análisis de cargas y estructural de la viga longitudinal	224
4.5.2.3.3.2 Diseño a flexión de la viga longitudinal	233
4.5.2.3.3.2.1 Rediseño de la viga longitudinal	235
4.5.2.3.3.3 Diseño a cortante de la viga longitudinal	257
4.5.2.3.3.4 Verificación de la longitud mínima de apoyo de la viga longitudinal	261
4.5.2.3.3.5 Calculo de la flecha en la viga longitudinal	261
4.5.2.3.3.6 Revisión del refuerzo mínimo a flexión de la viga longitudinal	267
4.5.2.3.3.7 Verificación de los esfuerzos de fatiga del acero de la viga longitudinal	268
4.5.2.3.3.8 Revisión de la distribución del refuerzo a flexión en la viga longitudinal	268
4.5.2.4 Diseño de la infraestructura	270
4.5.2.4.1 Diseño del estribo de pared recta con aletas	270
4.5.2.4.1.1 Parámetros de diseño	270
4.5.2.4.1.2 Geometría del estribo	271
4.5.2.4.1.3 Geometría de las pilas	271
4.5.2.4.1.4 Análisis de carga en el estribo	273
4.5.2.4.1.5 Análisis de estabilidad del estribo	279
4.5.2.4.1.6 Diseño del vástago	280
4.5.2.4.1.6.1 Análisis de cargas y estructural del vástago	280
4.5.2.4.1.6.2 Diseño a flexión del vástago	281
4.5.2.4.1.6.3 Verificación por cortante	284

4.5.2.4.1.6.4	Diseño de la armadura de retracción y fraguado	284
4.5.2.4.1.7	Diseño del parapeto del vástago	284
4.5.2.4.1.7.1	Análisis de carga y estructural del parapeto del vástago	284
4.5.2.4.1.7.2	Diseño a flexión del parapeto del vástago	286
4.5.2.4.1.7.3	Verificación por cortante	288
4.5.2.4.1.8	Calculo del desplazamiento esperado del muro	290
4.5.2.4.2	Diseño de las pilas	290
4.5.2.4.2.1	Obtención de las fuerzas sobre las pilas	290
4.5.2.4.2.2	Revisión de cargas admisibles	294
4.5.2.4.2.3	Diseño del refuerzo de la pila	295
4.5.2.4.3	Diseño de la zapata	295
4.5.2.4.3.1	Diseño del talón	295
4.5.2.4.3.1.1	Análisis de carga y estructural del talón	295
4.5.2.4.3.1.2	Diseño a flexión del talón	297
4.5.2.4.3.2	Diseño de la puntera	298
4.5.2.4.3.2.1	Análisis de cargas y estructural de la puntera	298
4.5.2.4.3.2.2	Diseño a flexión de la puntera	299
4.5.2.5	Diseño de apoyos elastoméricos	300
4.6	ESTRUCTURA GENERAL DEL PRESUPUESTO	306
4.6.1	Estructura general del presupuesto puente de losa maciza	306
4.6.2	Estructura general del presupuesto puente de losa y vigas	308
5.	CONCLUSIONES	310
6.	RECOMENDACIONES	312

BIBLIOGRAFIA 313

ANEXOS 315