

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA Y OBRAS SANITARIAS



**“APLICACIÓN DEL PRODUCTO DE PRECIPITACIÓN EN BASE
SATELITAL “PERSIANN-CCS” EN EL VALLE CENTRAL DEL
DEPARTAMENTO DE TARIJA”**

Por:

TÁRRAGA HUMACATA DARIO EFRAIN

Semestre – I - 2021

Tarija – Bolivia

Dedicatoria

A mi hija; Alisson Fernanda, porque desde que tú estás en mi vida, tu mirada ha sido mi luz y tu sonrisa mi fuerza a seguir, y así como hoy alcancé cumplir esta meta, quiero que sepas mi princesa, que tú también puedes lograr una y muchísimas más. ¡Te Amo!

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES	3
1.2.1 Antecedentes Internacionales	3
1.2.2 Antecedentes Nacionales.....	4
1.3 Situación Actual	5
1.4 Límites del Proyecto.....	6
1.5 Alcance del Proyecto	6
1.6 Hipótesis	7
1.7 Área de Estudio	8
1.7.1 Zona del Valle Central del Dpto. de Tarija.	9
1.8 PROBLEMÁTICA.....	9
1.8.1 Planteamiento del problema	10
1.9 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	11
1.9.1 Justificación Académica	11
1.9.2 Justificación Técnica y Social	11
1.9.3 Justificación Institucional	12
1.10 OBJETIVOS.....	12
1.10.1 Objetivo General	12
1.10.2 Objetivos Específicos	12

2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Ciclo del agua.....	13
2.1.1 Formación de las lluvias	14
2.1.1.1 Tipos de Nubes	15

2.2 Formas de Precipitación	16
2.2.1 Lluvia	16
2.2.2 Llovizna	16
2.2.3 Chubasco	16
2.2.4 Granizo	16
2.2.5 Nieve.....	16
2.3 Tipos de lluvia	16
2.3.1 Lluvias Ciclónicas	17
2.3.2 Lluvias Convectivas	17
2.3.3 Lluvias Orográficas	17
2.4 Medición y observación de la precipitación.....	17
2.4.1 Pluviómetros.....	18
2.4.2 Pluviógrafos.....	19
2.4.3 Radares	20
2.4.4 Satélites.....	21
2.5 Información Hidrometeorológica	21
2.6 Teoría De Errores	22
2.6.1 Clasificación de errores	22
2.6.2 El proceso de medición	22
2.6.3 Mediciones directas	22
2.6.4 Mediciones indirectas	24
2.6.5 Propagación de los errores.....	24
2.6.6 El uso de los decimales.....	25
2.6.7 Redondeo	25
2.7 Calibración y validación de datos.....	26

2.7.1 Datos del SENAMHI.....	26
2.7.1.1 Registros de precipitación	26
2.7.1.2 Precipitación media mensual	28
2.8 Productos PERSIANN.....	28
2.8.1 Estimación de la precipitación PERSIANN-CCS	29
2.8.2 Resolución espacial	31
2.8.3 Resolución Temporal.....	31
2.9 Extracción de los datos del producto satelital	31
2.10 Análisis Estadístico a Productos de Precipitación Satelital.....	33
2.10.1 Coeficiente de determinación (R^2).....	33
2.10.2 Coeficiente de Correlación $r = R^2$	33
2.11 Análisis de consistencia a los datos de precipitación	34
2.11.1 Análisis gráfico - visual.....	35
2.11.2 Análisis estadístico	36
2.11.2.1 Análisis de saltos	36
2.11.2.1.1 Consistencia de la media	36
2.11.2.1.2 Consistencia de la desviación estándar.....	38
2.11.2.1.3 Corrección de los datos	39
2.11.3 Software Hydraccess	39
2.11.3.1 Método del Vector regional.....	40
2.11.3.1.1 Método de Brunet Moret	41
2.11.4 Software TREND	42
2.12 Uniformidad espacial a los pixel de precipitación (aprox. 1 km).....	43
2.12.1 Métodos de Interpolación	44
2.12.1.1 Inverso de la distancia al cuadrado IDW	44

2.12.2 Interpolación de los datos de precipitación con el software ArcGis	45
---	----

3. CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Tipo de Investigación	46
3.2 Recolección de la información	46
3.3 Materiales y Métodos	47
3.3.1 Análisis de datos de precipitación de estaciones	47
3.3.2 Evaluación y corrección del producto satelital.....	48
3.3.3 Obtención del factor de corrección (F.C.) en puntos de comparación terrestre	49
3.3.4 Otros métodos de obtención del Factor de Corrección.....	50
3.4 Operacionalización de las variables	51
3.5 Población y tipo de muestreo	51
3.6 Tamaño de la muestra.....	51
3.7 Método de la investigación.....	52

4. CAPÍTULO IV: MEMORIA DE CÁLCULO

4.1 Análisis de consistencia.....	54
4.1.1 Análisis con el Software Hydraccess.....	55
4.1.2 Análisis con el Software TREND.....	55
4.2 Procesamiento y sistematización de la información satelital	59
4.3 Cálculo del factor de corrección y estadísticos de las estaciones.-	67
4.4 Gráficas obtenidas del coeficiente de correlación	70
4.5 Factores de corrección para todas las estaciones (Fc)	75
4.6 Procesamiento de Fc para toda la zona del valle central de Tarija, en Arcgis	76
4.7 Grilla de precipitación media mensual corregida	79

5. CAPÍTULO V: VERIFICACIÓN Y RESULTADOS DEL PRODUCTO

CORREGIDO PERSIANN-CCS

5.1 Evaluación y control a la información satelital corregida	81
5.2 Mapas de Precipitación Para el Valle Central de Tarija.....	90
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	116
BIBLIOGRAFÍA	126

ANEXOS

Anexo 1. Precipitación mensual de las estaciones pluviométricas (Senamhi-Tarija)	
Anexo 2. Procesamiento Hydraccess	
Anexo 3. Procesamiento de las estaciones pluviométricas con el software TREND	
Anexo 4. Tabla de valores de precipitación satelital correspondientes a la ubicación de las 17 estaciones pluviométricas acumuladas mensual	
Anexo 5. Datos de precipitación media satelital y tierra para las 17 estaciones	
Anexo 6. Análisis de precipitación estimada sin corregir en las estaciones pluviométricas	
Anexo 7. Factores de corrección para toda la zona del valle central de tarija	
Anexo 8. Corrección de la precipitación satelital, en (mm) con los Fc calculados para todo el valle central de Tarija	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Desarrollo de una tormenta - fotografiada por satélite	2
Figura 2. Área de estudio - Valle central de Tarija	8
Figura 3. Ciclo del Agua.	13
Figura 4. Formación de la precipitación.....	14
Figura 5. Tipos de nubes.	15
Figura 6. Tipos de lluvia.....	17
Figura 7. Pluviómetro.....	19
Figura 8. Pluviógrafo.....	20
Figura 9. Radar meteorológico	20
Figura 10. Satélite Meteorológico.	21
Figura 11. Estaciones seleccionadas para la zona del valle central del dpto. de Tarija.	27
Figura 12. Sistema de categorización de nubes con el producto PERSIANN-CCS	30
Figura 13. Clasificación y estimación de lluvia del algoritmo PERSIANN-CCS	31
Figura 14. Análisis gráfico-visual	35
Figura 15. Resolución espacial mejorada de 4,453 km a 1,0km.	43
Figura 16. Método de interpolación IDW.	45
Figura 17. Procesamiento Hydraccess.....	55
Figura 18: Procesamiento Trend	57
Figura 19. Proceso estadístico con TREND	57
Figura 20. Importación de la imagen satelital	60
Figura 21. Procesamiento de la imagen satelital PERSIANN-CCS.....	60
Figura 22. Recorte de la imagen satelital para la zona del valle central de Tarija	61

Figura 23. Interpolación de la imagen satelital a 1,0 km con IDW.....	61
Figura 24. Puntos interpolados para la zona en estudio	62
Figura 25. Pixel uniformizado a 1,0 km	63
Figura 26. Ubicación pixel estación	63
Figura 27. Ubicación pixel estación para toda la zona del valle central de Tarija.	64
Figura 28. Coeficiente de correlación.	68
Figura 29. Importación de los Fc encontrados para las estaciones.....	76
Figura 30. Proceso de interpolación de Fc.	76
Figura 31. Mapa de factores de corrección para toda el área de estudio.....	77
Figura 32. Valores Fc para el valle central de Tarija	79
Figura 33. Grilla de precipitación media mensual corregida	79
Figura 34. Puntos de control y sus coordenadas.....	82
Figura 35. Puntos de control y estaciones pluviométricas	82
Figura 36. Gráficas de distribución de precipitación en los 60 puntos de control	85
Figura 37. Puntos de control en el valle central de Tarija.	89

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Estaciones pluviométricas	28
TABLA 2. Muestra de datos de precipitación media mensual (SENAMHI).	52
TABLA 3. Datos de precipitación en milímetros (mm) de las estaciones de observación..	54
TABLA 4. Datos para el software TREND	56
TABLA 5. Resultados de consistencia de TREND	58
TABLA 6. Resultados del análisis mediante el software TREND.	59
TABLA 7. Precipitación satelital por mes con ubicación en las estaciones.	65
TABLA 8. Precipitación satelital y datos tierra en la ubicación de las estaciones.	66
TABLA 9. Resultados del análisis de la precipitación satelital en función a datos tierra. ..	67
TABLA 10. Resumen de estimaciones del producto satelital sobre las estaciones	69
TABLA 11. Factores de corrección de las 17 estaciones analizadas.....	75
TABLA 12. Valores Fc para Enero y Febrero	75
TABLA 13. Tabla de resultados de aproximación del producto PERSIANN-CCS	83
TABLA 14. Coeficiente de correlación para los puntos de control.....	84