

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL



**MANUAL DE PRESAS PEQUEÑAS DE MATERIALES SUELTOS
“TERREOS” APLICADO EN EL VALLE CENTRAL DE TARIJA**

POR:

RAÚL PEDRO CARI BURGOS

Tesis presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO” como requisito para optar el grado académico de licenciatura en ingeniería civil

Septiembre de 2010

TARIJA –BOLIVIA

V^aB^a

.....
Ing. Oscar Ricaldi Torrez
PROFESOR GUIA

.....
Ing. Luis Alberto Yurquina Flores
**DECANO FACULTAD DE
CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

.....
Lic. Marlene Hoyos M.
VDIRECTORA DEL "PET"

APROBADA POR:

.....
Ing. Pedro Drubravcic
TRIBUNAL

.....
Ing. Ivar Colodro
TRIBUNAL

DEDICATORIA

Dedico esta obra en especial a la eterna memoria de mi madre Margarita mi hermano Juan Q.E.P.D. y todos mis hermanos Miguel, María, Fermina, Dino, a mi Esposa Adelina y a mi Hija Emily, que con su paciencia y apoyo confiaron en mí y tuvieron fe necesaria para que mis metas se hagan realidad

AGRADECIMIENTO

A mis mentores universitarios por su contribución en mi formación académica.

Agradezco a mi familia por todo su apoyo incondicional que me brindaron en todo momento.

A todos ellos por su esfuerzo para hacer de mí un hombre de bien.

PENSAMIENTO

No existe mejor maestro que la experiencia
Eduardo Miranda Encinas

La inteligencia consiste no solo en el conocimiento, si también en la destreza de aplicar los conocimientos en la practica
Aristóteles

ÍNDICE

Página

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

1	INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES.....	11
1.1	UNA BREVE PERSPECTIVA HISTÓRICA.....	12
1.2	JUSTIFICACIÓN.....	12
1.3	OBJETIVOS.....	13
1.3.1	Objetivo General.....	13
1.3.2	Objetivos Específicos.....	13
1.4	ALCANCE.....	14
2	DESCRIPCIÓN GENERAL DE PROYECTO.....	15
2.1	UBICACIÓN.....	15
2.1.1	Ubicación Política.....	15
2.1.2	Ubicación geográfica.....	16
2.2	INFORMACIÓN BÁSICA PARÁMETROS DE PRESAS CONSTRUIDAS.....	21
2.3	TIPOS DE OBRAS.....	24
3	ESTUDIOS BÁSICOS E INFORMACIÓN PARA PRESAS.....	26
3.1	TOPOGRAFÍA.....	26
3.2	HIDROLOGÍA.....	27
3.3	RECONOCIMIENTO DEL TERRENO ESTUDIO GEOTÉCNICO.....	27
3.4	INGENIERÍA GEOLÓGICA.....	28
3.5	ESTUDIO DE BANCOS DE MATERIALES.....	29
3.6	ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD.....	30
3.7	ANTEPROYECTO.....	30
3.8	PROYECTO EJECUTIVO.....	31
4	PRESAS DE ALMACENAMIENTO.....	32
4.1	CONDICIONES DE UNA PRESA.....	32
4.1.1	Área de la Cuenca.....	33
4.1.2	Vaso de Almacenamiento.....	34
4.1.3	Cierre del Lecho de Quebrada.....	35
4.1.4	Disponibilidad de materiales.....	35
4.2	CLASIFICACIÓN DE PRESAS.....	36
4.2.1	Según su función.....	36
4.2.2	Según su dimensión.....	36
4.3	ELEMENTOS FUNDAMENTALES A CONSIDERAR PARA UNA PRESA.....	37

ÍNDICE

Página

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

1	INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES.....	11
1.1	UNA BREVE PERSPECTIVA HISTÓRICA.....	12
1.2	JUSTIFICACIÓN.....	12
1.3	OBJETIVOS.....	13
1.3.1	Objetivo General.....	13
1.3.2	Objetivos Específicos.....	13
1.4	ALCANCE.....	14
2	DESCRIPCIÓN GENERAL DE PROYECTO.....	15
2.1	UBICACIÓN.....	15
2.1.1	Ubicación Política.....	15
2.1.2	Ubicación geográfica.....	16
2.2	INFORMACIÓN BÁSICA PARÁMETROS DE PRESAS CONSTRUIDAS.....	21
2.3	TIPOS DE OBRAS.....	24
3	ESTUDIOS BÁSICOS E INFORMACIÓN PARA PRESAS.....	26
3.1	TOPOGRAFÍA.....	26
3.2	HIDROLOGÍA.....	27
3.3	RECONOCIMIENTO DEL TERRENO ESTUDIO GEOTÉCNICO.....	27
3.4	INGENIERÍA GEOLÓGICA.....	28
3.5	ESTUDIO DE BANCOS DE MATERIALES.....	29
3.6	ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD.....	30
3.7	ANTEPROYECTO.....	30
3.8	PROYECTO EJECUTIVO.....	31
4	PRESAS DE ALMACENAMIENTO.....	32
4.1	CONDICIONES DE UNA PRESA.....	32
4.1.1	Área de la Cuenca.....	33
4.1.2	Vaso de Almacenamiento.....	34
4.1.3	Cierre del Lecho de Quebrada.....	35
4.1.4	Disponibilidad de materiales.....	35
4.2	CLASIFICACIÓN DE PRESAS.....	36
4.2.1	Según su función.....	36
4.2.2	Según su dimensión.....	36
4.3	ELEMENTOS FUNDAMENTALES A CONSIDERAR PARA UNA PRESA.....	37

4.3.1 Partes de una presa de tierra	37
4.3.2 Requerimientos técnicos, decisiones iniciales	39
4.3.3 Diseño del terraplén de la presa	39
4.3.4 Elementos a diseñar	40
4.3.5 Otras consideraciones importantes	40
4.4 ALINEAMIENTO DEL EJE DE LA PRESA	41
4.5 CORTINAS	41
4.5.1 Tipos de cortina	42
4.5.1.1 <i>Presa homogénea</i>	43
4.5.1.2 <i>Presa heterogénea</i>	44
4.5.1.3 <i>Presa Zonificada o seleccionada</i>	48
4.5.1.4 <i>Presa de enrocado con pantalla impermeable en el talud aguas arriba</i>	48
4.5.1.5 <i>Presas de enrocado núcleo central de hormigón o arcilla</i>	49
4.5.2 Factores que determinan el tipo de cortina	50
4.5.2.1 <i>Topografía de la boquilla</i>	50
4.5.2.2 <i>Geología de la boquilla</i>	51
4.5.2.3 <i>Disponibilidad de materiales</i>	51
4.5.2.4 <i>Magnitud de la cortina</i>	51
4.5.2.5 <i>Efecto Sísmico</i>	51
4.5.2.6 <i>Aspectos Viales</i>	51
4.6 FILTROS Y DRENES	52
4.6.1 Granulometría de los filtros	53
4.6.2 Espesor de los filtros	53
4.6.3 Filtros Geosintéticos	54
4.6.3.1 <i>El geotextil como filtro</i>	54
4.6.3.2 <i>Aplicación de geosintético</i>	55
4.6.4 Dren. Condiciones que debe reunir	55
4.6.5 Compactación de los filtros y drenes	57
4.7 FUNDACIONES DE EMPLAZAMIENTO	58
4.7.1 Consideraciones generales	58
4.7.1.1 <i>Problemas principales</i>	58
4.7.1.2 <i>Para evitar el paso del agua</i>	58
4.7.1.3 <i>Cuidados en la construcción de la fundación cimentación</i>	58
4.7.1.4 <i>Diseño de la cimentación detalles a diseñar</i>	58
4.7.2 Basamento Rocoso	59
4.7.3 Materiales Impermeables	60
4.7.4 Materiales Permeables	60

4.8	ESTRIBOS DE EMPLAZAMIENTO	62
4.8.1	Control de filtraciones por los estribos	63
4.8.2	Pendientes Nominales taludes de los estribos	63
4.9	DIMENSIONAMIENTO	63
4.9.1	Altura Presa	63
4.9.2	Volumen Muerto	64
4.9.3	Volumen Útil	67
4.9.4	Nivel de Aguas Máximas Ordinarias NAMO	67
4.9.5	Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias	68
4.9.6	Bordo libre	68
4.9.7	Coronamiento	69
4.9.8	Diseño empírico de los taludes	70
4.9.8.1	Taludes para presas homogéneas típicas	70
4.9.8.2	Taludes en enrocado	71
4.9.9	Diseño del ancho del núcleo	71
4.9.10	Pantalla impermeabilizante (dentellón)	72
4.9.11	Riesgo de sifonamiento y/o tubificación	72
4.10	CONTROLES DE CALIDAD DEL MATERIAL EN LA PREPARACIÓN	74
4.11	CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL EN LA COMPACTACIÓN	77
4.11.1	Criterios para controlar los rellenos arcillosos en presas	77
4.11.2	Compactación	77
4.11.3	Variables más importantes en el terraplén impermeable de una presa	78
4.11.4	Factores que afectan la densidad	78
4.11.5	Controles de calidad de los materiales en el proceso de compactación	78
4.11.6	Identificación de finos en campo	79
4.11.7	Colocación y compactación materiales de los terraplenes por cada tongada	79
4.11.8	Compactación de enrocados	81
4.12	OBRAS DE PROTECCIÓN	81
4.12.1	Protección talud aguas arriba	81
4.12.2	Protección talud agua abajo	82
4.12.3	Protección del pie del talud aguas abajo	82
5	FALLAS POS CONSTRUCCIÓN	83
5.1	ASENTAMIENTO DE LA PRESA	85
5.2	AGRIETAMIENTO POR ASENTAMIENTO	85
5.2.1	Longitudinales	85
5.2.2	Transversales	86
5.3	AVENIDA EXTRAORDINARIA	86
5.3.1	Desbordamiento	86

6	DEMOSTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN ‘BASE DE EXPERIENCIA’	87
6.1	VIABILIDAD EN FUNCIÓN A LAS CONDICIONES DE LA PRESA	87
6.2	MAQUINARIA UTILIZADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PRESAS DE TIERRA ..	88
6.3	RELACIÓN DE COSTOS PRESAS DE HORMIGÓN VS. PRESAS DE TIERRA	90
6.4	COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA PARA SUB Y MICRO CUENCAS.....	93
6.5	CONSTRUCCIÓN DE CORTINA METODOLOGÍA PROBLEMAS Y SOLUCIONES ..	96
6.5.1	Limpieza y desbroce.....	96
6.5.2	Fundación sector de emplazamiento de la cortina	97
6.5.3	Fundación sector de estribos laterales de la cortina.....	98
6.5.4	Problemas frecuentes de fundación	100
6.5.5	Control y preparación de materiales para terraplenado	103
6.5.5.1	Controles de calidad de materiales mediante curvas granulométricas	103
6.5.5.2	Controles de calidad, plasticidad, peso unitario, humedad optima.....	108
6.5.5.3	Mezcla de materiales	108
6.5.6	Metodología preparación de material	110
6.5.7	Conformación y Compactación del terraplén.....	112
6.5.8	Remoción de sobre tamaños.....	117
6.5.9	Control topográfico del terraplén	118
6.5.10	Trabajos dentro del vaso de almacenamiento	118
6.5.11	Soluciones de fisuras agrietamientos transversales.....	120
6.5.12	Soluciones de filtraciones talud aguas abajo.....	121
6.5.13	Construcción de obras de protección	122
6.5.13.1	Construcción de protección de talud aguas arriba.....	122
6.5.13.2	Construcción de de protección de talud guas abajo	126
6.5.14	Obras complementarias.....	128
6.5.14.1	Zanjas de infiltración y diques de gaviones	128
6.5.15	Mantenimiento control y monitoreo	129
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	131
7.1	CONCLUSIONES	131
7.2	RECOMENDACIONES	132
7.3	BIBLIOGRAFÍA.....	134
8	ANEXOS	136
8.1	PRESAS EJECUTADAS EN EL VALLE CENTRAL DE TARIJA.....	136
8.2	ANÁLISIS DE SUELO VALLE CENTRAL DE TARIJA	139
8.2.1	Sub cuenca Río Santa Ana	139
8.2.2	Sub Cuenca Río Camacho	140
8.2.3	Sub cuenca Río Guadalquivir	142
8.2.4	Sub Cuenca Zona Alta Iscayachi.....	143
8.3	GRANULOMETRÍA, PLASTICIDAD, DENSIDAD MÁX, HUMEDAD ÓPTIMA, DE	

SUELOS EN GRAL	144
8.4 PLANOS DE UNA PRESA	148
8.5 GALERÍA FOTOGRÁFICA CONSTRUCCION DE PRESAS.....	151

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA2.1 Ubicación en el contexto nacional.....	17
FIGURA2.2 Ubicación en el contexto regional.....	18
FIGURA2.3 Ubicación a nivel de sub cuencas del valle central de Tarija	18
FIGURA2.4 Ubicación de presas construidas ejecutadas por el PERTT	19
FIGURA2.5 Presa homogénea y heterogénea	24
FIGURA4.1 Delimitación de una área de aporte de una cuenca.....	33
FIGURA4.2 Vaso de almacenamiento	34
FIGURA4.3 Sección de una presa de tierra	38
FIGURA4.4 Partes de una presa de tierra	38
FIGURA4.5 Presa homogénea zona molino "Iscayachi"	43
FIGURA4.6 Presa heterogénea Casa Vieja Chiguaypolla.....	44
FIGURA4.7 Presa zonificada	48
FIGURA4.8 Presa enrocado con pantalla impermeable.....	48
FIGURA4.9 Presa enrocado con pantalla central (hormigón).....	49
FIGURA4.10 Presa enrocado con núcleo central (arcilla).....	49
FIGURA4.11 Presa con un dren vertical.....	52
FIGURA4.12 Presa con un dren vertical.....	52
FIGURA4.13 Dren triangular	56
FIGURA4.14 Colchón de drenaje.....	56
FIGURA4.15 Dren de chimenea	56
FIGURA4.16 Fundación sobre basamento rocoso.....	59
FIGURA4.17 Fundación sobre materiales permeables.....	60
FIGURA4.18 Fundación sobre materiales permeables.....	61
FIGURA4.19 Dimensiones ancho del núcleo.....	71
FIGURA4.20 Dimensiones del dentellón del núcleo.....	72
FIGURA4.21 Riesgo de sifonamiento	73
FIGURA4.22 especificaciones de curvas granulométricas presas materiales sueltos.....	74
FIGURA4.23 Compactación pata de cabra estático.....	79
FIGURA6.1 Fundación Basamento rocoso Presa La Jarka "Colón Norte"	97
FIGURA6.2 Estribo lateral margen Izquierdo Presa "Chiguaypolla"	98
FIGURA6.3 Estribo lateral margen derecho Presa Algarrobal "Barrancas"	98
FIGURA6.4 Estribo lateral margen Izquierdo Presa Casa vieja "Chiguay"	99
FIGURA6.5 Fundación material Saturado altamente plástico Presa El Mollar "Barrancas" ..	101

FIGURA6.6 Material totalmente seco Altamente plástico Presa La Tipa "Yesera"	101
FIGURA6.7 Preparación de material Presa: la tipa "Yesera Centro "	110
FIGURA6.8 Preparación de material Presa Colpana "Yesera Centro".....	110
FIGURA6.9 Preparación de material presa Algarrobal "Barrancas "	111
FIGURA6.10 Conformación de Terraplén Presa la Mina "Yesera Centro"	112
FIGURA6.11 Paralelo Conformado y compactado Presa Casa Vieja "Chiguaypolla "	113
FIGURA6.12 Conformado de Terraplén Presa Trinchera "Cabildo"	113
FIGURA6.13 Conformación Presa Casa vieja "Chiguaypolla "	114
FIGURA6.14 Compactación Terraplén Presa Ulupicas "Yesera Centro "	114
FIGURA6.15 Humedecimiento de Agua en el terraplén.....	115
FIGURA6.16 Remoción sobre tamaños del terraplén.....	117
FIGURA6.17 Trabajos dentro del vaso de almacenamiento	118
FIGURA6.18 Trabajos dentro del vaso de almacenamiento	119
FIGURA6.19 Protección de Talud Rip Rap Presa Casa Vieja"Chiguaypolla"	122
FIGURA6.20 Protección Talud Pedraplen Presa Casa Vieja "Chiguaypol"	122
FIGURA6.21 Protección Talud Rip Rap Roca Triturada "Geotextil"	123
FIGURA6.22 Protección de Talud Enrocado Presa Honduras "Pajchani".....	124
FIGURA6.23 Protección de Talud Enrocado Presa Honduras "Pajchani".....	124
FIGURA6.24 Protección de Talud Enrocado Presa la Tipa "Yesera Centro"	125
FIGURA6.25 Protección de Talud Cordones de Piedra Presa la Honduras	126
FIGURA6.26 Protección de Talud Sembrado de Pasto Presa la Honduras	126
FIGURA6.27 Protección de Talud Presa Peña Colorada "Yesera Norte "	127
FIGURA6.28 Protección De Talud Aguas Abajo	127
FIGURA6.29 Diques de gaviones y Zanjas de Infiltración	128

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1 Ubicación De Presas Mediante Coordenadas.....	20
Cuadro 2.2 Información básica parámetros de presas construidas	21
Cuadro 2.3 Presas Ordenado En Función A Su Capacidad De Almacenamiento	22
Cuadro 2.4 Presas Ordenado En Función A Su Altura	23
Cuadro 2.5 Altura De Precipitación En Las Diferentes Sub Cuencas	24
Cuadro 4.1 Clasificación Grandes Presas	36
Cuadro 4.2 Granulometría De Los Filtros.....	53
Cuadro 4.3 Caudal Específico De Sedimentos (Pea).....	65
Cuadro 4.4 Taludes Empíricos Presas Homogéneas.....	70
Cuadro 4.5 Taludes Empíricos Presas De Enrocado.....	71
Cuadro 4.6 Propiedades Y Aptitudes De La Tierra, Arena Grava Como Material ...	76
Cuadro 4.7 Causas Importantes De Falla De Presas	86
Cuadro 6.1 Producción Y Consumo Maquinaria Pesada.....	89
Cuadro 6.2 Producción Y Consumo Maquinaria Liviano.....	89
Cuadro 6.3 Costo Unitario Presa De Hormigón Ciclópeo (Cuerpo).....	90
Cuadro 6.4 Costo Unitario Presa De Tierra (Cuerpo).....	90
Cuadro 6.5 Propiedades De Materiales Típicas De Compactación Húmeda.....	104
Cuadro 6.6 Propiedades De Materiales Típicas Semipermeables.....	106
Cuadro 6.7 Propiedades De Materiales Densidad, humedad, plasticidad.....	108
Cuadro 6.8 Porcentajes De Mezcla De Materiales.....	109

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 Especificaciones De Curvas Granulométricas Presas Materiales Suelos	74
Gráfico 4.2 Especificaciones De Curvas Granulométricas Presas Materiales Térreos.....	75
Gráfico 6.1 Propiedades De Materiales Para Núcleos Mediante Especificaciones	103
Gráfico 6.2 Propiedades De Materiales Para Espaldones Mediante Especificaciones	105
Gráfico 6.3 Porcentaje De Mezcla De Dos Materiales	109

ÍNDICE DE ANEXOS

8.1 Presas Ejecutadas En El Valle Central De Tarija.....	136
8.2 Análisis De Suelo Valle Central De Tarija.....	139
8.2.1 Sub Cuenca Río Santa Ana.....	139
8.2.2 Sub Cuenca Río Camacho.....	140
8.2.3 Sub Cuenca Río Guadalquivir.....	142
8.2.4 Sub Cuenca Zona Alta Iscayachi.....	143
8.3 Granulometría, Plasticidad, Densidad Máx Humedad Óptima, De Suelos En Gral.....	144
8.4.1 Corte Transversal.....	148
8.4.2 Corte Longitudinal.....	149
8.4.3 Planta.....	150
8.5 Galería Fotográfica Construcción De Presas.....	151