

1 INTRODUCCIÓN Y GENERALIDADES

El proyecto y la construcción de presas, presentan problemas especiales que requieren gran conocimiento de varias ciencias y técnicas como la elasticidad, geología, hidráulica, hidrológica, propiedades y tratamiento de materiales, etc. Es una de las obras que más satisfacciones técnicas pueden dar y requiere, quizás como ninguna, la colaboración de varios especialistas en un equipo de trabajo.

Social y económicamente, las presas son de las construcciones que más beneficios dan, y de ahí su valor Social. Ya que al regular el agua, es darla cuando falta, mediante la construcción de presas indirectamente se derivan varios otros beneficios.

- ❖ Dotación de agua potable para consumo humano
- ❖ Dotación de agua para sistema de riego
- ❖ Para generar energía eléctrica
- ❖ Fomentar la producción de la piscicultura
- ❖ Control de sedimentos
- ❖ Control de torrenteras
- ❖ Creación de un micro clima en la zona

En los últimos años (1994-1999) el PERTT (Programa Ejecutivo de Rehabilitación de Tierras Tarija) se ha dado la necesidad de construir presas de materiales sueltos "térreos" para la cosecha de agua, como también para la irrigación productiva, de manera significativa, como también el control del régimen de los cursos de torrenteras de cada Sub Cuenca y micro cuencas

En la presente tesis contiene criterios básicos de diseño y un resumen de diferentes aspectos de construcción, y posterior mantenimiento, los criterios e información incluidos en la presente tesis son aplicables solamente para el diseño, construcción y mantenimiento de presas de tierra en la parte técnica.

1.1 UNA BREVE PERSPECTIVA HISTÓRICA

Las presas de Materiales Suelos "térreos" son terraplenes artificiales para permitir la contención de las aguas, su almacenamiento o su regulación, la gran variedad de esquemas constructivos que permite utilizar prácticamente cualquier suelo que se encuentre en la zona, desde materiales de suelo fino hasta suelos rocosos, además las presas de materiales sueltos tienen menos exigencias a la deformabilidad de la fundación que cualquier otro tipo de presa.

Cualquier tipo de presa debe de ofrecer condiciones de seguridad durante la construcción y durante la operación, para ello, es importante una coordinación entre el diseño y construcción para asegurar que se hagan las correcciones necesarias de manera que las obras se ajusten, lo mejor posible a las condiciones reales de campo

1.2 JUSTIFICACIÓN

La falta de agua en las diferentes zonas de las sub cuencas del valle central de Tarija, específicamente para la producción agropecuaria la demanda es mucho mayor en función a la oferta que prácticamente las zonas que no tienen aportes superficiales de meses de mayo a noviembre es cuando más el agricultor necesita este recurso hídrico, que se puede aprovechar cosechando agua en los meses de mayor precipitación meses de diciembre a abril, necesariamente tiene que realizarse obras como presas de almacenamiento para la cosecha de agua, para su posterior regulación y satisfacer dichas demandas en los meses de estiaje.

El recurso agua es un bien inmenso que viene a beneficiar a las comunidades, mejorando su sistema de producción, aprovechamiento de áreas incrementales para la producción, así también evitando la migración de comunarios hacia otros departamentos.

La construcción de presas de materiales sueltos económicamente es factible por presentar sus bajos costos de inversión en comparación a otro tipo de presas, su bajo costo refleja en la utilización de materiales locales de situ y un equipo mínimo para su construcción.

En nuestro medio del Valle central de Tarija, persiste la falta del elemento principal como es el recurso hídrico y además la excesiva degradación de suelos, Para ello será sostenible el control de cursos de torrenteras, realizando construcciones de obras hidráulicas como presas de tierra y para ello hace necesario tener una guía y/o manual técnico sobre presas de materiales sueltos “térreos”, donde el proyectista, el constructor ex ante y pos antes y durante el estudio y/o ejecución le sirva la presente tesis como guía.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

- El trabajo propuesto es elaborar un manual técnico y/o metodologías constructivas sobre presas de materiales sueltos “térreos” donde especifique toda la información necesaria para el diseño, construcción, operación y mantenimiento y además brindar herramientas complementarias para el análisis de decisión, diseño y construcción.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Con el trabajo dirigido vendrá directamente a fortalecer a las Instituciones y a todo el personal que esté relacionado con el tema, diseño y construcción de presas de materiales sueltos “térreos”.
- Mejorar cualitativamente aplicando sobre técnicas y metodologías según características particulares de cada presa en el valle central de Tarija.

- Mejorar la calidad del profesional.
- Ofrecer a la institución (PERTT) un manual sobre presas de materiales sueltos, ya que está abocada la institución íntegramente a la construcción de presas.
- En función a las aplicaciones y/o decisiones sobre presas aumentará el factor de seguridad.
- Implementar metodologías de construcción aplicadas en nuestro medio

1.4 ALCANCE

En función a la experiencia acumulada de las instituciones PERTT, GTZ, JICA y personal que están involucrados solamente a la construcción de presas de materiales sueltos “térreos”, el PERTT (1994-1999) en los cinco años atrás ha realizado la construcción de cuarenta presas de tierra entre medianos y chicos en base a esa experiencia técnica sobre de cómo construir, como mitigar falencias más frecuentes, materiales aptos, infiltraciones, asentamientos, agrietamientos etc. y qué condiciones debe de cumplir para que sea factible, en base a esta experiencia se sustentará un sistema o formas de construcción o Metodologías constructivas para ello existe la necesidad de tener una información relevante de fácil acceso como una guía y/o Manual Técnico de Presas de Materiales Suelos” térreos”.

El manual técnico de presas de materiales sueltos “térreos” tipificará aspectos técnicos como construir, como mitigar fallas durante y pos ante la construcción complementando características de cuenca, tipo de suelo, materiales disponibles, cierre de garganta, área de la cuenca de aporte, como también equipo mínimo a utilizar en función a los volúmenes del cierre de la cortina, toda esta gama de información permitirá decidir la mejor opción del tipo de presa a ser emplazada antes, durante y después de la construcción, y su posterior mantenimiento

2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE PROYECTO

2.1 UBICACIÓN

2.1.1 Ubicación Política

La zona de influencia de presas de tierra construidas está ubicada en las diferentes Sub Cuencas del Valle central de Tarija.

Sub Cuenca río Santa Ana

Sub cuenca río Guadalquivir

Sub cuenca río Camacho

Sub cuenca río Tolomosa

Sub Cuenca Zona Alta

Sub Cuenca río Santa Ana, más propiamente en las comunidades de Yesera Centro, Yesera Norte y Chiguaypolla perteneciente a la provincia Cercado del departamento de Tarija.

Sub cuenca río Guadalquivir, más propiamente en la comunidades de Pajchani perteneciente a la provincia Méndez del departamento de Tarija.

Sub cuenca río Camacho, Comunidades de Colon Norte, Rosillas Almendro y Cabildo perteneciente a la provincia de Avilés del departamento de Tarija.

Sub Cuenca Zona Alta, más propiamente en las comunidades de Santa Ana de agua rica y Molino pertenecientes a la provincia Méndez del departamento de Tarija.

Que se encuentra en una altitud de 1800 a 2400 msnm, el conjunto de las cuencas se encuentra afectada por un fuerte proceso de degradación, erosión y la falta de recurso hídrico para la producción agropecuaria específicamente aquellas comunidades que no tienen aportes superficiales.

2.1.2 Ubicación geográfica

Sub cuenca río Camacho

Geográficamente, se encuentra situada entre las coordenadas geográficas 21° 35' 52" y 21° 50' 30" de Latitud Sur y 64° 40' 21" y 64° 45' 20" de Longitud Oeste y a una altitud de 1800 y 2200 m.s.n.m. Pertenece a la cuenca Hidrográfica del río Guadalquivir y a la sub cuenca inmediata del río Camacho.

Sub Cuenca río Santa Ana

Geográficamente el proyecto se encuentra entre el paralelo 21° 17' a 21° 30' de latitud Sur y los meridianos 64° 30' a 64° 36' de longitud Oeste, a una altura promedio de 2200 msnm, a una distancia de 32 km. a 50 Km. de la ciudad de Tarija, en dirección Nor-Este. Geomorfológicamente corresponde a una llanura lacustre de origen coluvio-aluvial, de pie de monte a una llanura aluvial, con pendientes suaves orientadas de Sur a Norte y disceptadas por las numerosas quebradas, que son abundantes en la zona. En la región predominan, todo un sistema de terrazas altas que corresponden a la faja Sub-andina y una serie de planicies lacustres con todas sus características de erosiones por la fragilidad que presentan las mismas.

Sub cuenca río Guadalquivir

Geográficamente se encuentra entre los paralelos 21^a20' a 21^a25' de latitud Sur y los meridianos 64^a42' a 64^a45' de longitud Oeste

La zona donde se trabajó se encuentra ubicada en la cuenca superior de la quebrada de Pajchani, la cual se encuentra en la cuenca alta del río Guadalquivir.

El acceso a la zona del proyecto, se realiza por el camino asfaltado Tarija – San Lorenzo (16 km.), luego por camino pavimentado hasta el cementerio de San Lorenzo (1 km.), luego por camino empedrado hasta el cruce del camino a Falda La Queñua (2 km.), y finalmente por camino de tierra hasta el sitio del proyecto (4 km.), dando un total de 23 km.

Sub cuenca zona alta (Iscayachi)

Geográficamente, se encuentra situada entre las coordenadas geográficas $21^{\circ} 20'$ y $21^{\circ} 25'$ de Latitud Sur y $64^{\circ} 42'$ y $64^{\circ} 50'$ de Longitud Oeste.

Las presas construidas se encuentran en las comunidades Santa Ana de agua rica y la comunidad del Molino, está rodeado por la serranía de Tacsara hacia el oeste, al norte con río San Juan del oro, al sur con la serranía de Sama

En las siguientes figuras muestran se muestran la ubicación del proyecto a nivel nacional, departamental y provincial.



FIGURA2.1 UBICACIÓN EN EL CONTEXTO NACIONAL

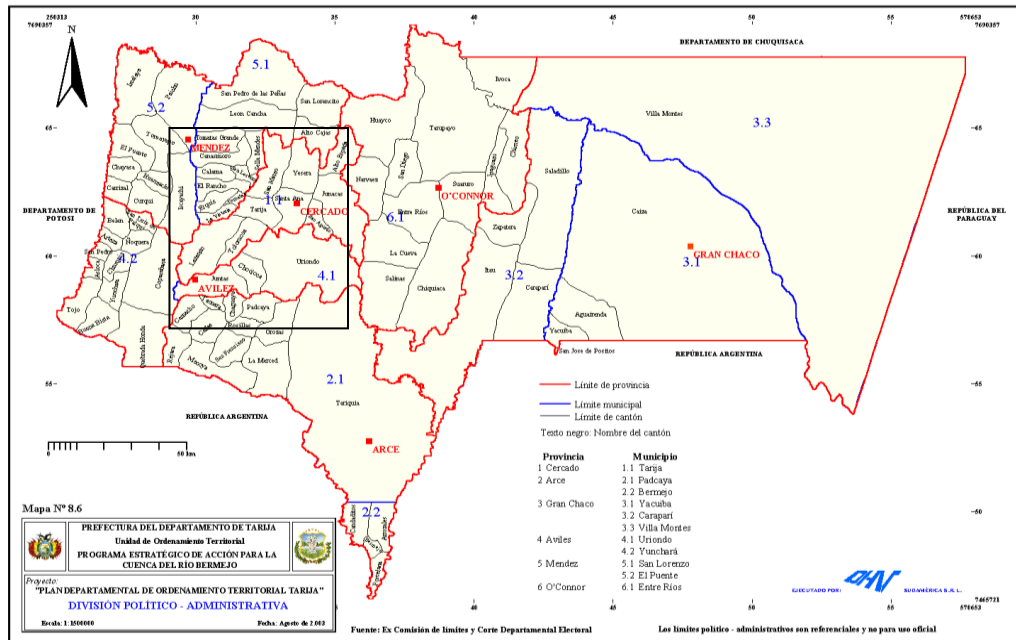


FIGURA 2.2 UBICACIÓN EN EL CONTEXTO REGIONAL



FIGURA 2.3 UBICACIÓN A NIVEL DE SUB CUENCAS DEL VALLE CENTRAL DE TARIJA

Cuadro 2.1 Ubicación De Presas Mediante Coordenadas

Ubicación	Nombre de Comunidad	Nombre de Presa	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
SUB CUENCA RIO SANTA ANA	YESERA NORTE	LAS LOMITAS	340215	7637394
	YESERA NORTE	POZA BRAVA	338235	7636148
	YESERA NORTE	LA ABRITA	339375	7636410
	YESERA NORTE	PEÑA COLORADA	340323	7636056
	YESERA NORTE	LA CRUZ	339136	7634539
	YESERA CENTRO	CORRALITO	338295	7632105
	YESERA CENTRO	CHURQUIAL	337588	7632225
	YESERA CENTRO	ULUPICA	338788	7630872
	YESERA CENTRO	COLPANA	338260	7630595
	YESERA CENTRO	CEMENTERIO	338733	7632023
	YESERA CENTRO	LA TIPA	337462	7630905
	CHIGUAYPOLLA	CASA VIEJA	343106	7639142
SUB CUECA RIO TOLOMOSA	TURUMAYO	PEÑA ALTA	314525	7613415
	TURUMAYO	LA TIPA	314688	7614307
	TURUMAYO	LA ESCONDIDA	314174	7615101
SUB CUENCA RIO GUADALQUIVIR	ALTO LAJAS	LOS ALTOS	-	-
	ALTO LAJAS	JACINTO	-	-
	ALTO LAJAS	HIGUERAS	-	-
	ALTO LAJAS	PEÑA COLORADA	-	-
	PAJCHANI	LOS CHORRO	315270	7633680
	PAJCHANI	LA PALCA	314919	7633278
	PAJCHANI	LA ESCUELA	315692	7633371
	PAJCHANI	LA ONDURA	314973	7634639
SUB CUENCA RIO CAMACHO	COLÓN NORTE	CALLOTICAL	326286	7592062
	COLÓN NORTE	LA JARCA	327840	7592727
	COLÓN NORTE	LA FIERA	321000	7592100
	ROSILLAS	QDA. ELTUNAL	314981	7570743
	ROSILLAS	CALDERILLAS	315339	7570997
	ALMENDROS (colon norte)	COLECTIVO	325610	7594855
	CABILDO	TRINCHERA	320174	7577692
ZONA ALTA (ISCAYACHID)	EI MOLINO	BUENDIA	298100	7632533
	EI MOLINO	ROSITAS	299000	7630968
	VILLANUEVA	VISCACHAYU	299163	7635498

Fuente: Elaboración Propia –En Base a datos de Presas de tierra construido en el PERTT

2.2 INFORMACIÓN BÁSICA PARÁMETROS DE PRESAS CONSTRUIDAS

Cuadro 2.2 Información básica parámetros de presas construidas

Ubicación	Año	Nombre de Comunidad	Nombre de Presa	Conformación y compactación terraplen m3	Volumen Vaso m3	Longitud de Coronamiento ml	Area de Aporte Has.	Longitud de Quebrada ml.	Diferencia de Altura m	Altura de la Presa m	Ancho de Coronamiento m	Talud Aguas Arriba gl	Talud Aguas Abajo gl	Areas bajo riego Has.	La presa a vertido el primer año
SUBCUENCA RIO SANTA ANA	2004	YESERA NORTE	LAS LOMITAS	16234,50	76180,00	72,48	132,06	1797,42	359	11,23	5,92	1; 3	1; 2,5	25	si
	2004	YESERA NORTE	POZABRAVA	4442,10	12264,83	57,74	29,75	967,64	67	8,87	3,72	1; 3	1; 2,5	4	si
	2004	YESERA NORTE	LAABRITA	7422,60	19500,00	49,89	11,27	1063,86	133	11,27	5,14	1; 3	1; 2,5	7	si
	2005	YESERA NORTE	PEÑACOLORADA	34411,39	129371,69	93,61	176,22	2442,63	344	14,29	4,00	1; 3	1; 2,5	43	si
	2005	YESERA NORTE	LACRUZ	8240,00	8156,97	60,19	19,90	681,42	53	9,21	4,00	1; 3	1; 2,5	3	si
	2005	YESERA CENTRO	CORRALITO	8139,00	23957,12	75,12	31,33	829,89	67	9,04	4,40	1; 3	1; 2,5	8	si
	2005	YESERA CENTRO	CHURQUIAL	16953,65	44206,51	76,53	144,29	3042,49	468	12,70	4,00	1; 3	1; 2,5	15	si
	2006	YESERA CENTRO	ULUPICA	8574,20	21000,00	60,53	22,95	781,91	20	10,20	4,00	1; 3	1; 2,5	7	no
	2006	YESERA CENTRO	COLPANA	27833,50	84020,92	100,60	63,66	1473,19	118	14,00	4,00	1; 3	1;1,5 / 1;3	28	no
	2006	YESERA CENTRO	CEMENTERIO	6479,00	16053,20	55,16	12,23	829,89	48	9,00	4,00	1; 3	1; 2,5	5	no
2007	YESERA CENTRO	LA TIPA	132096,20	410224,45	153,35	331,40	3274,03	704	19,20	4,00	1; 3	1; 3	132	si	
2008	CHIGUAYPOLLA	CASA VIEJA	225759,60	815285,80	233,07	882,98	4533,00	855	20,60	4,50	1; 3	1; 2,5	271	si	
SUBCUENCA RIOTOCOMO	2004	TURUMAYO	PEÑA ALTA	5723,30	14600,00	51,65	20,94	1018,68	56	8,50	6,16	1; 3	1; 2,5	5	si
	2004	TURUMAYO	LATIPA	4450,00	15141,50	41,99	15,07	833,53	61	10,04	4,59	1; 3	1; 2,5	5	si
	2004	TURUMAYO	LAESCONDIDA	9747,00	9500,00	76,80	31,14	910,00	291	11,35	4,39	1; 3	1; 2,5	3	si
SUBCUENCA RIO GUADALQUIVIR	2004	Alto Lajas	LosAltos	38877,28	12000,00	82,50	35,50	1856,00	283	10,30	4,25	1; 3	1; 2,5	4	si
	2004	Alto Lajas	Jacinto	14020,83	15000,00	65,80	45,00	1600,00	275	9,50	4,80	1; 3	1; 2,5	5	si
	2004	Alto Lajas	Higueras	8875,00	16000,00	60,50	122,00	2200,00	380	8,70	5,10	1; 3	1; 2,5	5	si
	2004	Alto Lajas	PeñaColorada	3900,00	12000,00	49,50	48,00	1890,00	362	11,60	4,30	1; 3	1; 2,5	4	si
	2005	PAJCHANI	LOSCHORRO	9702,80	28909,44	40,17	14,73	256,86	130	10,80	3,90	1; 3	1; 2,5	10	si
	2005	PAJCHANI	LAPALCA	23864,80	61405,28	60,53	60,92	2042,03	394	13,60	4,50	1; 3	1; 2,5	20	si
	2006	PAJCHANI	LA ESCUELA	20377,10	68658,29	68,53	190,00	3350,00	445	12,68	12,40	1; 3	1;1,5 / 1;3	23	si
	2008	PAJCHANI	LA ONDURA	46454,00	1187261,57	356,06	719,00	5310,00	400	24,00	4,60	1; 3,5	1; 3	400	si
SUBCUENCA RIO GAMACHO	2006	COLON NORTE	CALLOTICAL	15082,00	45000,00	126,52	141,93	1893,41	280	11,15	4,00	1; 3	1;3 / 1;1,5	15	si
	2006	COLON NORTE	LAJARCA	17822,10	63002,90	164,94	71,96	1522,07	141	11,70	4,00	1; 3	1;1,5 / 1;3	21	si
	2006	COLON NORTE	LAFIERA	2879,40	15623,84	47,08	18,17	794,11	42	8,00	4,25	1; 2,5	1; 2,5	5	si
	2007	ROSILLAS	QDA. ELTUNAL	43100,70	112702,40	83,85	49,69	1868,44	198	16,50	5,00	1; 3	1; 2,5	32	si
	2007	ROSILLAS	CALDERILLAS	18965,80	71245,21	93,60	165,37	2870,00	302	11,70	4,00	1; 3	1; 2,5	24	si
	2008	ALMENDROS (colon north)	COLECTIVO	6012,00	12797,36	56,60	49,69	814,00	215	7,67	5,80	1; 3	1; 2,5	4	si
	2008	CABILDO	TRINCHERA	75280,20	376887,47	75,74	317,84	3410,00	601	27,00	5,80	1; 3	1; 3	124	si
	2007	EI MOLINO	BUENDIA	20730,00	32349,48	210,58	180,14	4310,00	286	6,10	4,00	1; 3	1; 2,5	11	si
ZONA ALTA (USCAYACHI)	2007	EI MOLINO	ROSITAS	18014,40	35936,50	71,20	138,71	2370,00	550	8,60	5,40	1; 3	1; 2,5	17	si
	2008	VILLANUEVA	VISCACHAYU	31876,60	59017,22	218,18	86,87	1873,00	204	8,80	5,00	1; 3	1; 2,5	20	si

Fuente: Elaboración Propia –En Base a datos del Presas de tierra construido en el PERTT

Cuadro 2.3 Presas Ordenado En Función A Su Capacidad De Almacenamiento

Nombre de Comunidad	Nombre de Presa	Conformación y compactación terraplen m3	Volumen Vaso m3	Longitud de Coronamiento ml	Area de Aporte Has.	Longitud de Quebrada ml.	Diferencia de Altura m	Altura de la Presa m	Ancho de Coronamiento m	Talud Aguas Arriba gl	Talud Aguas Abajo gl	Areas bajo riego Has.
YESERA NORTE	LACRUZ	8240,00	8157	60,19	19,90	681,42	53	9,21	4,00	1 ; 3	1 ; 2,5	3
TURUMAYO	LAESCONDIDA	9747,00	9500	76,80	31,14	910,00	291	11,35	4,39	1 ; 3	1 ; 2,5	3
Alto Lajas	LosAltos	38877,28	12000	82,50	35,50	1856,00	283	10,30	4,25	1 ; 3	1 ; 2,5	4
Alto Lajas	PeñaColorada	3900,00	12000	49,50	48,00	1890,00	362	11,60	4,30	1 ; 3	1 ; 2,5	4
YESERA NORTE	POZABRAVA	4442,10	12265	57,74	29,75	967,64	67	8,87	3,72	1 ; 3	1 ; 2,5	4
ALMENDROS (colon nort	COLECTIVO	6012,00	12797	56,60	49,69	814,00	215	7,67	5,80	1 ; 3	1 ; 2,5	4
TURUMAYO	PEÑA ALTA	5723,30	14600	51,65	20,94	1018,68	56	8,50	6,16	1 ; 3	1 ; 2,5	5
Alto Lajas	Jacinto	14020,83	15000	65,80	45,00	1600,00	275	9,50	4,80	1 ; 3	1 ; 2,5	5
TURUMAYO	LATIPA	4450,00	15142	41,99	15,07	833,53	61	10,04	4,59	1 ; 3	1 ; 2,5	5
COLON NORTE	LAFIERA	2879,40	15624	47,08	18,17	794,11	42	8,00	4,25	1 ; 2,5	1 ; 2,5	5
Alto Lajas	Higueras	8875,00	16000	60,50	122,00	2200,00	380	8,70	5,10	1 ; 3	1 ; 2,5	5
YESERA CENTRO	CEMENTERIO	6479,00	16053	55,16	12,23	829,89	48	9,00	4,00	1 ; 3	1 ; 2,5	5
YESERA NORTE	LAABRITA	7422,60	19500	49,89	11,27	1063,86	133	11,27	5,14	1 ; 3	1 ; 2,5	7
YESERA CENTRO	ULUPICA	8574,20	21000	60,53	22,95	781,91	20,1	10,20	4,00	1 ; 3	1 ; 2,5	7
YESERA CENTRO	CORRALITO	8139,00	23957	75,12	31,33	829,89	67	9,04	4,40	1 ; 3	1 ; 2,5	8
PAJCHANI	LOSCHORRO	9702,80	28909	40,17	14,73	256,86	130	10,80	3,90	1 ; 3	1 ; 2,5	10
EI MOLINO	BUENDIA	20730,00	32349	210,58	180,14	4310,00	286	6,10	4,00	1 ; 3	1 ; 2,5	11
EI MOLINO	ROSITAS	18014,40	35937	71,20	138,71	2370,00	550	8,60	5,40	1 ; 3	1 ; 2,5	17
YESERA CENTRO	CHURQUIAL	16953,65	44207	76,53	144,29	3042,49	468	12,70	4,00	1 ; 3	1 ; 2,5	15
COLON NORTE	CALLOTICAL	15082,00	45000	126,52	141,93	1893,41	280	11,15	4,00	1 ; 3	1,3 / 1,5	15
VILLANUEVA	VISCACHAYU	31876,60	59017	218,18	86,87	1873,00	204	8,80	5,00	1 ; 3	1 ; 2,5	20
PAJCHANI	LAPALCA	23864,80	61405	60,53	60,92	2042,03	394	13,60	4,50	1 ; 3	1 ; 2,5	20
COLON NORTE	LAJARCA	17822,10	63003	164,94	71,96	1522,07	141	11,70	4,00	1 ; 3	1,15 / 1,3	21
PAJCHANI	LA ESCUELA	20377,10	68658	68,53	190,00	3350,00	445	12,68	12,40	1 ; 3	1,15 / 1,3	23
ROSILLAS	CALDERILLAS	18965,80	71245	93,60	165,37	2870,00	302	11,70	4,00	1 ; 3	1 ; 2,5	24
YESERA NORTE	LAS LOMITAS	16234,50	76180	72,48	132,06	1797,42	359	11,23	5,92	1 ; 3	1 ; 2,5	25
YESERA CENTRO	COLPANA	27833,50	84021	100,60	63,66	1473,19	118	14,00	4,00	1 ; 3	1,15 / 1,3	28
ROSILLAS	QDA. ELTUNAL	43100,70	112702	83,85	49,69	1868,44	198	16,50	5,00	1 ; 3	1 ; 2,5	32
YESERA NORTE	PEÑACOLORADA	34411,39	129372	93,61	176,22	2442,63	344	14,29	4,00	1 ; 3	1 ; 2,5	43
CABILDO	TRINCHERA	75280,20	376887	75,74	317,84	3410,00	601	27,00	5,80	1 ; 3	1 ; 3	124
YESERA CENTRO	LA TIPA	132096,20	410224	153,35	331,40	3274,03	704	19,20	4,00	1 ; 3	1 ; 3	132
CHIGUAYPOLLA	CASA VIEJA	225759,60	815286	233,07	882,98	4533,00	855	20,60	4,50	1 ; 3	1 ; 2,5	271
PAJCHANI	LA ONDURA	464544,00	1187262	356,06	719,00	5310,00	400	24,00	4,60	1 ; 3,5	1 ; 3	400

Fuente: Elaboración Propia –En Base a datos del Presas de tierra construido en el PERTT

Cuadro 2.4 Presas Ordenado En Función A Su Altura

Nombre de Comunidad	Nombre de Presa	Conformación y compactación terraplen m3	Volumen Vaso m3	Longitud de Coronamiento ml	Area de Aporte Has.	Longitud de Quebrada ml.	Diferencia de Altura m	Altura de la Presa m	Ancho de Coronamiento m	Talud Aguas Arriba gl	Talud Aguas Abajo gl	Areas bajo riego Has.
EI MOLINO	BUENDIA	20730,00	32349	210,58	180,14	4310	286	6,10	4,00	1 ; 3	1 ; 2,5	11
ALMENDROS (colon norte)	COLECTIVO	6012,00	12797	56,60	49,69	814	215	7,67	5,80	1 ; 3	1 ; 2,5	4
COLON NORTE	LAFIERA	2879,40	15624	47,08	18,17	794	42	8,00	4,25	1 ; 2,5	1 ; 2,5	5
TURUMAYO	PEÑA ALTA	5723,30	14600	51,65	20,94	1019	56	8,50	6,16	1 ; 3	1 ; 2,5	5
EI MOLINO	ROSITAS	18014,40	35937	71,20	138,71	2370	550	8,60	5,40	1 ; 3	1 ; 2,5	17
Alto Lajas	Higueras	8875,00	16000	60,50	122,00	2200	380	8,70	5,10	1 ; 3	1 ; 2,5	5
VILLANUEVA	VISCACHAYU	31876,60	59017	218,18	86,87	1873	204	8,80	5,00	1 ; 3	1 ; 2,5	20
YESERA NORTE	POZABRAVA	4442,10	12265	57,74	29,75	968	67	8,87	3,72	1 ; 3	1 ; 2,5	4
YESERA CENTRO	CEMENTERIO	6479,00	16053	55,16	12,23	830	48	9,00	4,00	1 ; 3	1 ; 2,5	5
YESERA CENTRO	CORRALITO	8139,00	23957	75,12	31,33	830	67	9,04	4,40	1 ; 3	1 ; 2,5	8
YESERA NORTE	LACRUZ	8240,00	8157	60,19	19,90	681	53	9,21	4,00	1 ; 3	1 ; 2,5	3
Alto Lajas	Jacinto	14020,83	15000	65,80	45,00	1600	275	9,50	4,80	1 ; 3	1 ; 2,5	5
TURUMAYO	LATIPA	4450,00	15142	41,99	15,07	834	61	10,04	4,59	1 ; 3	1 ; 2,5	5
YESERA CENTRO	ULUPICA	8574,20	21000	60,53	22,95	782	20,1	10,20	4,00	1 ; 3	1 ; 2,5	7
Alto Lajas	LosAltos	38877,28	12000	82,50	35,50	1856	283	10,30	4,25	1 ; 3	1 ; 2,5	4
PAJCHANI	LOSCHORRO	9702,80	28909	40,17	14,73	257	130	10,80	3,90	1 ; 3	1 ; 2,5	10
COLON NORTE	CALLOTICAL	15082,00	45000	126,52	141,93	1893	280	11,15	4,00	1 ; 3	1,3 / 1,5	15
YESERA NORTE	LAS LOMITAS	16234,50	76180	72,48	132,06	1797	359	11,23	5,92	1 ; 3	1 ; 2,5	25
YESERA NORTE	LAABRITA	7422,60	19500	49,89	11,27	1064	133	11,27	5,14	1 ; 3	1 ; 2,5	7
TURUMAYO	LAESCONDIDA	9747,00	9500	76,80	31,14	910	291	11,35	4,39	1 ; 3	1 ; 2,5	3
Alto Lajas	PeñaColorada	3900,00	12000	49,50	48,00	1890	362	11,60	4,30	1 ; 3	1 ; 2,5	4
ROSILLAS	CALDERILLAS	18965,80	71245	93,60	165,37	2870	302	11,70	4,00	1 ; 3	1 ; 2,5	24
COLON NORTE	LAJARCA	17822,10	63003	164,94	71,96	1522	141	11,70	4,00	1 ; 3	1,15 / 1,3	21
PAJCHANI	LA ESCUELA	20377,10	68658	68,53	190,00	3350	445	12,68	12,40	1 ; 3	1,15 / 1,3	23
YESERA CENTRO	CHURQUIAL	16953,65	44207	76,53	144,29	3042	468	12,70	4,00	1 ; 3	1 ; 2,5	15
PAJCHANI	LAPALCA	23864,80	61405	60,53	60,92	2042	394	13,60	4,50	1 ; 3	1 ; 2,5	20
YESERA CENTRO	COLPANA	27833,50	84021	100,60	63,66	1473	118	14,00	4,00	1 ; 3	1,15 / 1,3	28
YESERA NORTE	PEÑACOLORADA	34411,39	129372	93,61	176,22	2443	344	14,29	4,00	1 ; 3	1 ; 2,5	43
ROSILLAS	QDA. ELTUNAL	43100,70	112702	83,85	49,69	1868	198	16,50	5,00	1 ; 3	1 ; 2,5	32
YESERA CENTRO	LA TIPA	132096,20	410224	153,35	331,40	3274	704	19,20	4,00	1 ; 3	1 ; 3	132
CHIGUAYPOLLA	CASA VIEJA	225759,60	815286	233,07	882,98	4533	855	20,60	4,50	1 ; 3	1 ; 2,5	271
PAJCHANI	LA ONDURA	464544,00	1187262	356,06	719,00	5310	400	24,00	4,60	1 ; 3,5	1 ; 3	400
CABILDO	TRINCHERA	75280,20	376887	75,74	317,84	3410	601	27,00	5,80	1 ; 3	1 ; 3	124

Fuente: Elaboración Propia –En Base a datos del Presas de tierra construido en el PERTT

Cuadro 2.5 Altura De Precipitación En Las Diferentes Sub Cuencas

DESCRIPCIÓN	ESTACIÓN	ALTURA DE PRECIPITACIÓN (mm)
Sub Cuenca río santa Ana	Yesera Norte	652,6
	Junacas	524,1
	Alto Cajas	509,6
Sub cuenca río Guadalquivir	Canasmoro	603,18
	San Lorenzo	522,19
	Tarija Cancha	549,26
Sub cuenca río Camacho	San Nicolás	489,8
	Colon Sud	350,6
	Padcaya	611,7
Sub Cuenca Zona alta Iscayachi	Molino	453,1
	Yunchara	471,0

Fuente: Elaboración Propia -SENAMHI

2.3 TIPOS DE OBRAS



FIGURA2.5 PRESA HOMOGÉNEA Y HETEROGÉNEA

El PERTT una institución dedicada al manejo integral de cuencas que se ha fortalecido durante los últimos cinco años en las construcciones de presas de materiales sueltos térreos, dentro del manejo integral de cuencas está abocado la cosecha de agua mediante la construcción de presas de tierra ya que este material existe en las diferentes cuencas para poder construir de diferentes secciones como ser homogéneas, heterogéneas y zonificas, consiguiendo alturas de 27 metros como máximo de construcción y volúmenes de almacenamiento 1,4 hm³ como máximos, como obras complementarias de la construcción de presas el PERTT ha enfocado enfáticamente a la construcción de controles de cursos de torrenteras (diques de gaviones) en lugares de las quebradas principales y secundarias, además en la cuenca de aporte donde se verifica la degradación y/o erosión y en el contorno de la presa aguas arriba se construye zanjas de infiltración con la única finalidad de evitar que el suelo se erosione, la construcción de diques de gaviones y zanjas de infiltración evitaran la colmatación(volúmenes de sedimento) en la presa donde indirectamente precautelamos la vida útil de la presa, en dichas construcciones cada presa presenta distintas características, propiedades formas de ejecución todo este tipo de trabajo que ha realizado en las diferentes sub cuencas de valle central de Tarija.

3 ESTUDIOS BÁSICOS E INFORMACIÓN PARA PRESAS

Las obras de ingeniería, requieren de un mínimo de información básica para su dimensionamiento y elaboración de su diseño tanto de la obra en sí, como de su cimentación.

En lo que se refiere a obras hidráulicas y especialmente a presas de almacenamiento, independientemente de su magnitud, se requieren estudios perfectamente definidos y detallados para su localización, emplazamiento de estructuras, dimensionamiento, diseño y construcción.

3.1 TOPOGRAFÍA

Topografía de vaso y boquilla a escalas apropiadas

La topografía nos representa en un plano, la forma que tiene el terreno natural en la zona donde se pretende emplazar el proyecto.

Partiendo de una topografía detallada, a escala adecuada según el caso, se afina la localización de las obras, especialmente la cortina, cierre de la Presa, y también se obtiene el vaso de almacenamiento, Área superficial de un deposito y volumen de agua almacenada.

La forma topográfica de la boquilla, nos dará los primeros indicios del tipo de cortina adecuada a la misma. Se hacen esquemas de localización de las partes que integran la presa.

Talud semivertical en el eje del cierre

Talud de baja pendiente en el eje del cierre

Talud con gradas en el eje del cierre

Evitar los taludes laterales del estribo, de alta pendiente

3.2 HIDROLOGÍA

a) Régimen de la corriente (Precipitaciones)

Como requisito indispensable se debe contar con un estudio hidrológico para conocer el régimen de la corriente a través de las precipitaciones traducidos en escurrimientos para poder aprovechar, el volumen de agua con que se cuenta, qué demanda se puede satisfacer según el objetivo del aprovechamiento y con ello, determinar la capacidad útil necesaria en la presa, que sumada al azolve probable, dará el volumen al NAMO, a esto se le denomina “Funcionamiento de Vaso”.

b) Estudio de Avenidas

Como complemento de lo anterior, debe realizar un Estudio de Avenidas para determinar el máximo gasto de entrada al vaso de la avenida máxima probable asociada a un período de retorno y el gasto máximo de descarga al transitar por el vaso mediante una obra de excedencias (Vertedero) evacuación de aguas.

Esto da como consecuencia, la necesidad de contar con un volumen disponible para la regulación, que sumado al volumen útil y al de azolves, nos dará el volumen o capacidad total de la presa (NAME). Lo anterior se conoce como “Tránsito de Avenidas”.

3.3 RECONOCIMIENTO DEL TERRENO ESTUDIO GEOTÉCNICO

- a) la técnica de reconocimiento es extraer muestras representativas de aquellos estratos, que condicionen el comportamiento del suelo, para su posterior ensayo de suelos, las muestras según su forma de extracción se denominan alteradas o inalteradas.
- b) Realización de calicatas, en caso de tener maquinaria una excavadora que la pluma tiene un alcance de cuatro metros de profundidad cada tramo vertical como máximo, mientras más calicatas se tenga dentro del vaso, vendrá a reflejar el tipo de suelo.

- c) La realización de ensayos en situ que de una manera indirecta permitirá predecir propiedades mecánicas y resistencia de los suelos.
- d) Se requiere un análisis inicial de geología y características geotécnicas del sitio de presa y del área de embalse.
- e) Debe realizarse un estudio muy cuidadoso de disponibilidad de materiales con relación al volumen que se requiere para el cierre de la cortina, cualquier error puede invalidar el diseño El diseño depende de la disponibilidad y calidad de los materiales.

3.4 INGENIERÍA GEOLÓGICA

a) Geología aplicada a la Ingeniería

La geología aplicada a la ingeniería civil, en el caso de presas, permite estudiar el comportamiento estructural y las características de permeabilidad de las formaciones geológicas en el vaso, la boquilla y las laderas.

Una vez ubicado el eje de la cortina que es lo más importante, desde el punto de vista topográfico y de geología superficial, se procede a elaborar un Programa de Sondeos con la localización y profundidad que se pretenda de cada uno.

Los sondeos se especificarán si son verticales o con alguna inclinación, con recuperación de muestras y pruebas de permeabilidad.

b) Mecánica de Rocas

La estabilidad de laderas en vaso y La boquilla, generalmente formadas por macizos rocosos, es materia de Mecánica de Rocas, otra rama de la ingeniería geotécnica de utilidad en estudios de más detalle, esta disciplina también aporta herramientas para diseñar los tratamientos de inyección para impermeabilizar boquillas, localizar y explotar eficientemente bancos de roca para construcción de presas.

c) Mecánica de Suelos

Como parte también de los estudios como detallados, la Mecánica de Suelos permite investigar las propiedades, índices y mecánicas de materiales térreos (limosos, arcillosos o mezclados con granulares), aptos para el núcleo impermeable, transiciones y espaldones en el diseño de secciones de cortinas de las presas de "materiales graduados".

d) Geofísica

Finalmente la geofísica significa gran ayuda para conocer la potencialidad de bancos de préstamo de arcilla y grava arena, lo mismo para determinar espesores de acarreo en los cauces de los ríos o para determinar espesores de limpieza y elevaciones de desplante de estructuras. Con la diferencia entre la mínima elevación de desplante y la elevación de la corona, se tendrá la altura de la cortina en su sección máxima.

3.5 ESTUDIO DE BANCOS DE MATERIALES

a) De material impermeable (arcilla) b) De grava arena c) De roca

Esta misma disciplina de la ingeniería geotécnica se ocupa con la guía del geólogo de localizar e investigar bancos de materiales, tanto para el núcleo, espaldones como para los filtros y transiciones, interactuando simultáneamente con el proyectista para seleccionar los sitios y procedimientos de explotación más económicos.

De cada uno de los materiales se debe de conocer los porcentajes que pasan los tamices n°4, n° 200 y el LL (límite líquido), IP (índice de plasticidad), para el reconocimiento del tipo de material.

Los estudios de los bancos de préstamo se los realizan dentro del vaso de almacenamiento zonificando su posición, también se determina las cantidades de materiales disponibles para el cierre de la cortina.

3.6 ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

En general para todas las obras “Presas” que emprende el PERTT, se hacen estudios de Factibilidad Técnica, Económica, Social y Financiera, con objeto de conocer previamente, la bondad de un proyecto.

Para que se apruebe una inversión, deberán presentarse estos estudios a quien decidirá si se aprueba la inversión, se difiere o se cancela.

Como en todas las obras, cumplidas las condiciones técnicas, será el aspecto económico el que en última instancia definirá el tipo más adecuado de estructura y en este caso particular, tipo de cortina.

3.7 ANTEPROYECTO

Una vez contando con la topografía, el estudio hidrológico, el de Geotecnia y el de Bancos de Materiales, ya es posible dimensionar la sección de la presa y proponer un tipo de cortina, obra de desvío, obra de toma, ubicación del vertedero de excedencias, se empezará por realizar esquemas, para un Anteproyecto y así llegar a definir un Proyecto Ejecutivo.

Como parte del Anteproyecto, se elaborarán planos generales en donde se indique el aspecto conceptual del proyecto y el arreglo general de las obras, así como la información básica pero suficiente para realizar un estimado de las cantidades de obra con objeto de obtener un presupuesto aproximado con fines de factibilidad.

Ésto brinda la oportunidad de elaborar alternativas viables de soluciones para comparar y tomar decisiones respecto a la más conveniente en cuanto a factibilidad técnica, económica, social y financiera.

3.8 PROYECTO EJECUTIVO

A partir del Anteproyecto, se detallan cada una de las estructuras que integran la presa, así como cada una de las partes que a su vez integran las estructuras y se forman tantos planos como sea necesario para evitar cualquier duda durante la construcción.

Con la información anterior se elabora el proyecto de la cimentación de la cortina, se verá si se requiere un tratamiento y como será ya que éste servirá tanto para cimentar la estructura como para evitar el paso de agua que además de las pérdidas pudiera significar un riesgo en su estabilidad

Estos planos forman lo que se denomina "Proyecto Ejecutivo" el cual se complementa con:

- Catálogo de Conceptos de Trabajo.
- Especificaciones Generales.
- Programa General de Construcción.
- Programas Parciales detallados de Construcción.
- Anexos

4 PRESAS DE ALMACENAMIENTO

Las presas de almacenamiento de materiales sueltos “térreos” y locales son de vital importancia hoy en día, para la cosecha de agua, que este tipo de presas son más económicas en comparación a otro tipo de presas, además resisten mejor los asentamientos de la cimentación, en nuestro medio valle central de Tarija, existe las condiciones necesarias para realizar este tipo de obras hidráulicas.

4.1 CONDICIONES DE UNA PRESA

Cualquier presa de materiales sueltos debe de cumplir cinco condiciones principales o iniciales para sea factible.

- 1 Área de la cuenca
- 2 Vaso de almacenamiento
- 3 Cierre de lecho de la quebrada
- 4 Disponibilidad de bancos de materiales
- 5 Uso y aprovechamiento de agua

Las cuatro primeras son fundamentales para el diseño y construcción de la presa, como una estructura de contención, si las cuatro condiciones existen en una determinada cuenca el 100% será factible para su posterior diseño e ejecución y que sea funcional a través de su vida útil, en el caso de no existir todas la condiciones realizar alternativas en función a la necesidad, costo que se explica en el cap. 6 con más detalle, alternativas de viabilidad en función a las condiciones de la presa.

4.1.1 Área de la Cuenca



FIGURA4.1 DELIMITACIÓN DE UNA ÁREA DE APOORTE DE UNA CUENCA

Es un elemento vital para definir el emplazamiento de cualquier presa, para almacenar agua en una hoya, se debe de contar con una área de aporte (volumen de agua para almacenar mediante las precipitaciones traducidos en escorrentía superficial y sub superficial), que sea suficiente para abastecer la demanda.

Se define cuenca el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación se unen para formar un solo curso de agua, cada curso de agua tiene una cuenca bien definida para cada punto de recorrido.

4.1.2 Vaso de Almacenamiento

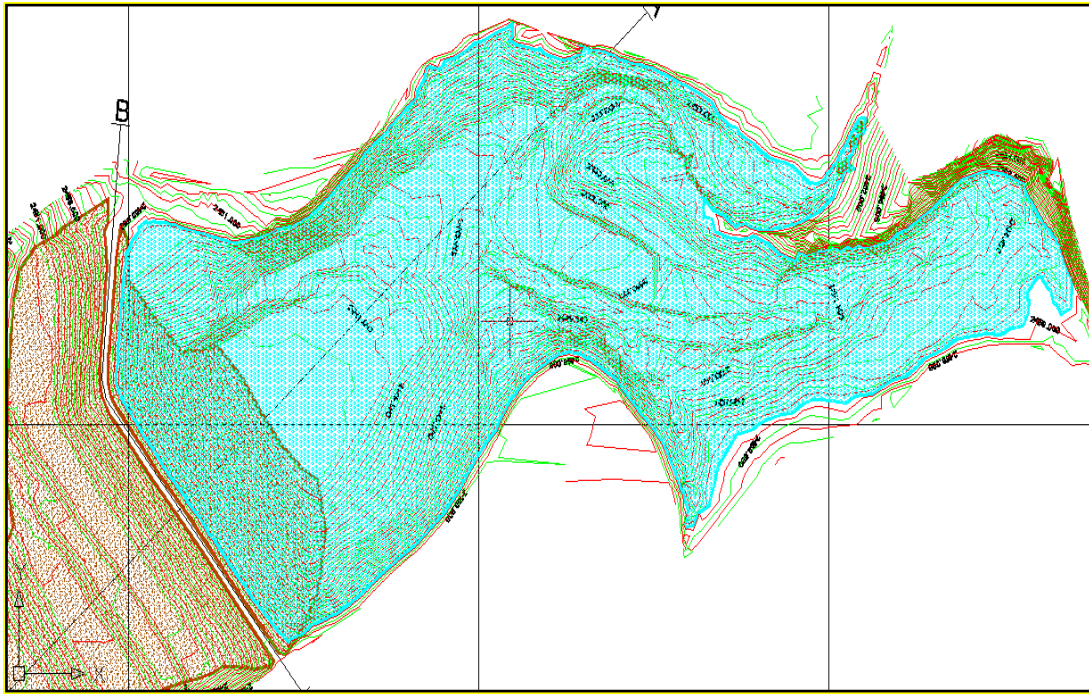


FIGURA4.2 VASO DE ALMACENAMIENTO

El vaso natural debe de tener una adecuada capacidad, la que es definida por la topografía. Se debe de buscar obtener la mayor relación entre agua almacenada y volumen de presa, mayores a diez para proyectos.

Es una acumulación artificial de agua en un ambiente natural, el vaso u hoya debe de contar en lo posible, con pendientes mínimas, material adecuado para el cierre de la cortina, ésto implica la reducción de costos e incremento de volumen de agua, por la extracción del material a ser utilizado dentro del vaso de almacenamiento (anegado) para el cierre del terraplén (cortina) se recomienda la siguiente relación

$$\frac{\text{volumen de agua almacenada (m}^3\text{)}}{\text{volumen de la cortina material compactado (m}^3\text{)}} \geq 10$$

4.1.3 Cierre del Lecho de Quebrada

Secciones favorables u ventajas que debe de tener el cierre, en lo posible las gargantas estrechas, taludes de emplazamiento de los estribos laterales es aconsejable 1 vertical y mayores a 0.5 horizontal, el suelo de soporte debe de ser estable y de baja permeabilidad.

Las pendientes muy pronunciadas 1 vertical y menores a 0.5 horizontal los taludes presentan deficiencias en cuanto a los agrietamientos transversales de las cortinas en los extremos, como también el asentamiento y/o separación en los estribos laterales entre el terreno natural y compactado, no es recomendable bajo ningún concepto emplazar en taludes de los estribos muy pronunciados

Al tener cierres transversales al cause en una longitud mínima, se reducirán significativamente los costos, volúmenes de construcción, tiempo de ejecución para el cierre de la cortina.

4.1.4 Disponibilidad de materiales

Es un elemento principal que disponga la hoya de cierre, para la utilización de todo el material dependiendo el tipo de presa a ser considerada, la utilización en diferentes zonas de la cortina, única manera de optimizar extrayendo material del vaso donde será anegado por el agua

La experiencia demuestra que dentro del vaso de almacenamiento existe una gran variedad de materiales las cuales presentan sectores de suelos arcillosos, limo arcilloso, grava arcillosa arenas y canto rodado, no hay ninguna presa que tenga un único material, la diversidad de materiales hace tomar decisiones de poder diseñar presas heterogéneas o zonificadas, en caso de disponer materiales uniformes cohesivos entre limo arcillosos y arenas arcillosas realizar una presa homogénea, verificando permeabilidad, índice plástico, etc.

Los terraplenes deben zonificarse para utilizar la mayor cantidad de materiales posibles de las excavaciones en la obra y de las zonas de bancos de materiales cercanas al sitio.

4.2 CLASIFICACIÓN DE PRESAS

La clasificación de las presas se puede hacer según su función y según su tamaño de la siguiente manera

4.2.1 Según su función

Embalse de acumulación.- Retienen excesos de agua en periodos altos de escurrimiento para ser usados en épocas de sequía.

Embalse de distribución.- No produce grandes almacenamientos pero facilitan regularizar el funcionamiento de sistema de suministro de agua, plantas de tratamiento o estaciones de bombeo.

Pequeños embalses.- Llamados también pequeños almacenamientos para suplir consumos locales y demandas picos.

4.2.2 Según su dimensión

Cuadro 4.1 Clasificación Grandes Presas

N ^a	H	LC(mt)	VA(hm ³)	Qd(m ³ /s)	SE CONSIDERA
1	>15				Presa grande
2	10 a 15	>500	>1	>2	Presa grande
3	Presa que presente dificultades en su cimentación o sean de características no habituales				Presa grande

Fuente: Reglamento técnico sobre seguridad de Presas y Embalses (International Commission on Large Dams, "ICOLD")

Donde:

H = altura en metros desde la coronación y punto más bajo del cimiento.

LC = longitud de coronación en metros.

VA =Volumen de almacenamiento en hectómetros cúbicos.

Qd =Caudal de desagüe metros cúbicos por segundo

Pequeñas Presas

- Aquellas que no cumplan con las condiciones anteriores.

4.3 ELEMENTOS FUNDAMENTALES A CONSIDERAR PARA UNA PRESA

- Disponibilidad y calidad de los materiales aptos.
- Topografía (gargantas estrechos de cierre vs amplitud del vaso de almacenamiento).
- Cuenca, área de aporte (precipitaciones traducidas en escorrentía).
- Pendiente de los taludes y espacio para la construcción o para el vertedero.
- Geología y condiciones de la cimentación.
- Costos.
- Afectación del medio ambiente.

4.3.1 Partes de una presa de tierra

El terraplén es una estructura para contención de agua construida con materiales y suelo y/o roca compone una sección idealizada, sección que viene a representar a presas de materiales sueltos.

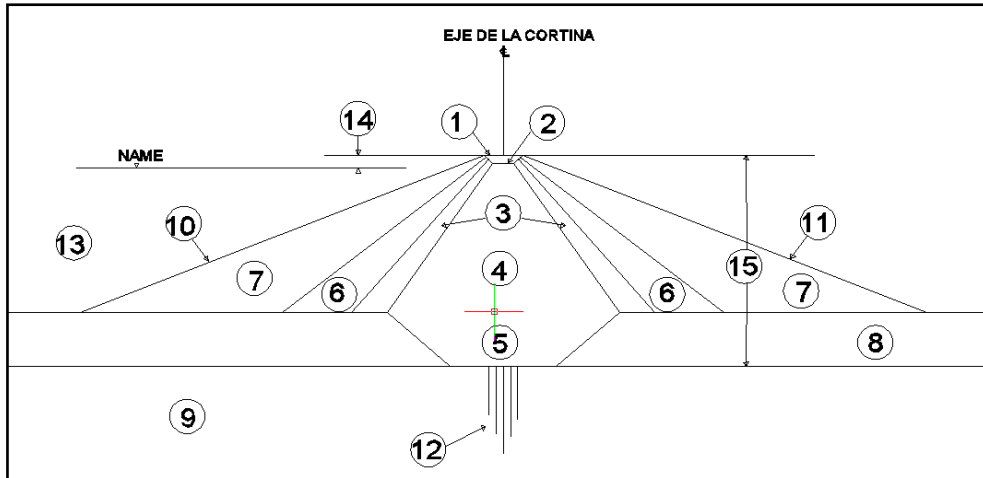


FIGURA4.3 SECCIÓN DE UNA PRESA DE TIERRA

- | | |
|-----------------------------------|--------------------------|
| 1.Cresta o corona | 8.Depósito natural |
| 2.Revestimiento de la corona | 9.Basamento rocoso |
| 3.Filtro | 10.Talud aguas arriba |
| 4.Corazón del núcleo impermeable | 11.Talud aguas abajo |
| 5.Dentellón fundación | 12.Pantalla de inyección |
| 6.Transiciones | 13.Embalse |
| 7.Enrocamiento, material granular | 14.Bordo libre |
| | 15 Altura de la cortina |



FIGURA4.4 PARTES DE UNA PRESA DE TIERRA

4.3.2 Requerimientos técnicos, decisiones iniciales

Sitio de la presa

Altura embalse

Sitio del aliviadero o vertedero

1. La presa, la cimentación y los estribos deben ser estables para todo tipo de condiciones de carga estáticas y dinámicas.
2. La infiltración a través de la fundación el terraplén debe ser controlada para evitar presiones de levantamiento en el pie de la presa, sifonamiento de los materiales o erosión en juntas, grietas o cavidades.
3. Las infiltraciones no deben ser superiores a las permisibles para que la presa cumpla eficientemente con su propósito. La presa debe contener las obras y elementos requeridos para garantizar unas infiltraciones aceptables.
4. El borde libre debe ser suficiente para evitar el paso de agua sobre la presa debido a cambios de caudal, ascenso de las olas, y asentamientos del terraplén.
5. El vertedero debe tener una capacidad suficiente para manejar los caudales de excesos durante la vida de la presa. Y debe estar ubicada en un terreno natural, y no así en el cuerpo de la presa.

4.3.3 Diseño del terraplén de la presa

Deben prepararse varias alternativas de sección de presa en función de los bancos de materiales disponibles.

Analizar la estabilidad, costos y conveniencia de cada alternativa.

La decisión final del tipo de presa se basa principalmente en la experiencia y buen juicio.

Terraplén impermeable de la presa

- Estos terraplenes impermeables pueden ser homogéneos incluyendo la totalidad del terraplén o pueden ser núcleos verticales o inclinados.
- Los materiales que se utilizan son generalmente.
 - arcillas (CL y CH),
 - arenas o gravas arcillosas (SC y GC)
 - arcillas limosas (CL-ML)
 - Ocasionalmente se pueden utilizar materiales SM o GM.

4.3.4 Elementos a diseñar

- Tratamiento requerido de la cimentación
- Estabilidad de los estribos (laterales)
- Filtraciones de agua
- Estabilidad de los taludes de la presa
- Estabilidad de los taludes del embalse
- Habilidad de la represa para retener el agua embalsada
- Bordo libre y vertederos suficientes para manejar situaciones extremas

4.3.5 Otras consideraciones importantes

- Clima y su efecto en la construcción
- Posibilidades de desvío del río durante la construcción
- Utilización planeada del proyecto (sistema de llenado y desembalse)
- Actividad sísmica
- Efectos ambientales

4.4 ALINEAMIENTO DEL EJE DE LA PRESA

- Para presas cuya longitud de cortina sean de dimensiones largas es recomendable que sea recto.
- Deben evitarse los cambios fuertes de alineamiento para evitar concentraciones de esfuerzos y agrietamientos.
- Las presas cortas y altas deben ser convexas hacia aguas arriba para que el agua comprima los núcleos contra los estribos.

4.5 CORTINAS

Para almacenamientos se emplean preferentemente cortinas de tierra compactada por:

- Adaptarse en la mayoría de los casos a las condiciones topográficas de la boquilla;
- Por su relativo bajo costo;
- Por la abundancia de materiales a distancias cortas de acarreo;
- Flexibilidad estructural;
- Empleo de mínimo equipo de construcción;
- Fácil conservación, etc.

La experiencia ha demostrado que pueden emplearse en condiciones normales.

- De acuerdo con su altura, las siguientes secciones se encuentran dentro de los límites seguros, establecidos desde el punto de vista de estabilidad:

Toda cortina deberá considerarse desplantada, en terreno resistente e impermeable, ligándose perfectamente tanto en la zona del cauce como en las laderas, basándose en los sondeos practicados sobre el eje de la cortina.

En caso de que la cimentación sea permeable:

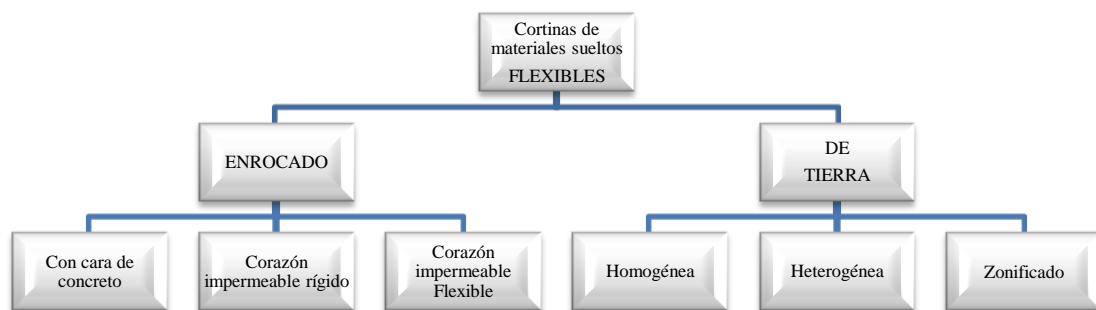
- Se proyectarán dentellones o trincheras de material impermeable.
- A la profundidad suficiente para llegar al nivel del estrato impermeable.

La cortina es la parte principal de una presa y se define como una estructura construida en un estrechamiento del cauce de una corriente llamada “boquilla” que al interceptar los escurrimientos provoca un almacenamiento, a ésto se le denomina presa.

Recomendación.

- La mayoría de los suelos pueden utilizarse para la construcción de presas de tierra.
- No deben utilizarse materiales orgánicos.
- No debe de utilizarse materiales con raíces (tienden a podrirse provocando tuberías de conexión puede ocasionar sifonamiento).
- No deben utilizarse limos, finos, o roca molida
- No deben utilizarse arcillas con límites líquidos de más del 80% producen inestabilidad, se las tiene que extraer.
- Algunos suelos arcillosos son inestables debido a su exceso de humedad.
- Es impráctico en la mayoría de los casos bajar la humedad de los suelos muy húmedos en temporada de lluvias.

4.5.1 Tipos de cortina



4.5.1.1 Presa homogénea



FIGURA4.5 PRESA HOMOGÉNEA ZONA MOLINO "ISLAYACHI"

Son las constituidas por un material único. Su uso puede estar indicado en sitios donde predomina un material fácil de emplear y económico; mucho más indicado en presas de baja o moderada altura (20m. ó menos), pues su simplicidad representa economía y los inconvenientes de la homogeneidad no son graves con tensiones moderadas.

El inconveniente principal de este tipo de presas son las presiones intersticiales. Al salir las líneas de corriente al paramento agua abajo, pueden dar lugar a salida del material más fino, originando asientos.

En presas de tierra lo ideal es bajar rápidamente la línea de saturación para que haya agua abajo una zona casi sin presiones intersticiales con un peso estabilizador que impida el arrastre de las partículas superficiales.

CONDICIONES:

- Homogénea de material impermeable arcilla arenosa u otro material impermeable.
- Que haya disponibilidad de un material impermeable y resistente.
- Que el límite líquido sea mayor a ocho.

4.5.1.2 Presa heterogénea

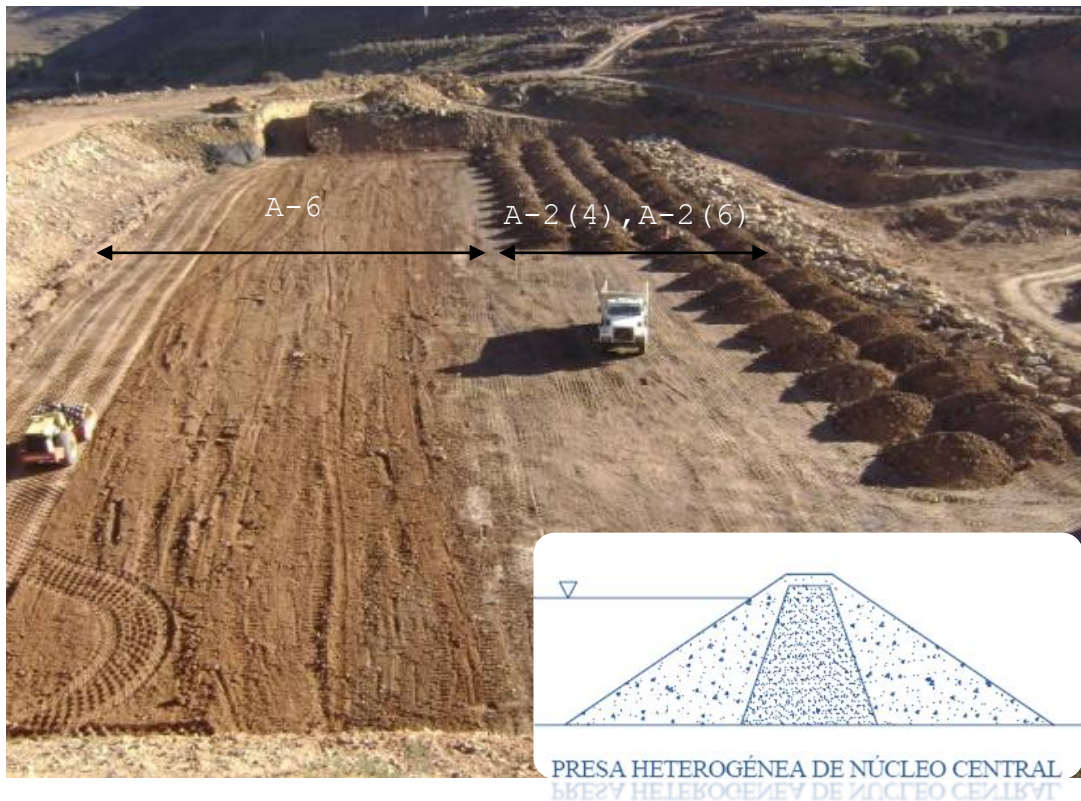


FIGURA 4.6 PRESA HETEROGÉNEA CASA VIEJA CHIGUAYPOLLA

Ésta es la función que cumple la presa heterogénea. En ella se aprovechan al máximo los materiales disponibles, procurando que no haya nada desechable o, al menos, que sea el mínimo. Los materiales más impermeables van al núcleo; los más gruesos se usan para proteger los paramentos o al pié de los espaldones, como drenes; otros van a los filtros, e incluso los materiales heterogéneos se usan en los espaldones para dar peso estabilizador.

Se usa mucho para espaldones el llamado todo uno, ésto es, las gravas del río o depósitos de terrazas aluviales, formadas por materiales de granulometría muy diversa.

El esquema general de una presa heterogénea podría describirse de la siguiente manera:

1.- La función impermeabilizadora se encarga a un núcleo de arcilla, limos o mezcla, incluso con elementos de cierto grueso, pero con la debida proporción de finos para conseguir la impermeabilidad deseada. El núcleo será vertical o inclinado, con las ventajas e inconvenientes ya analizados.

2.- Un núcleo vertical divide la presa en dos espaldones: agua arriba y agua abajo. Uno inclinado solo puede no tener más que el de aguas abajo.

3.- Lo ideal es que el espaldón agua abajo sea muy permeable, porque así hay una caída franca de la presión intersticial en el núcleo y agua debajo de este el espaldón queda casi libre de ese efecto, a favor de la estabilidad. Pero hay que atenerse a los materiales disponibles, aunque sean poco drenantes, en este caso, para liberarlo de presiones internas, conviene disponer un dren horizontal o profundo, o bien un dren vertical o inclinado.

4.- Hay que considerar la discontinuidad que puede producirse entre los materiales. En general hay que poner filtros para impedir que los finos pasen de una zona a otra. Suelen ser imprescindibles entre el núcleo y el dren inmediato; sin embargo, pueden no ser necesarios en otras zonas cuando su granulometría cumpla ya la condición de filtro.

5.- El espaldón agua arriba es indiferente, en principio, respecto a impermeabilidad, pues está situado en una zona forzosamente embebida de agua, ya que el elemento de contención es el núcleo. Sin embargo, una impermeabilidad alta puede exigir un talud más suave para asegurar la estabilidad al descender bruscamente el nivel del embalse.

6.- Ambos espaldones han de ser estables en todas las hipótesis; durante la construcción, a embalse vacío, con embalse lleno y para desembalse rápido.

a.- Presa heterogenia con núcleo central

VENTAJAS:

- Más presión de contacto del núcleo con la cimentación, ésto es ventajoso para la impermeabilidad
- Mayor estabilidad a sismos.
- El espaldón aguas abajo sirve de drenaje y da estabilidad a los taludes igualmente el espaldón aguas arriba da estabilidad a los taludes respectivos.
- Para igual volumen, el núcleo vertical da mayor espesor e impermeabilidad en comparación al núcleo inclinado.
- El contacto real con el cimiento no varía al modificar la altura de dicho contacto, mientras que, con núcleo inclinado, ese contacto se desplaza hacia aguas arriba si se hace más profundo. Con un núcleo inclinado no podemos saber qué posición tendrá su base hasta acabar de excavar, mientras que con un núcleo vertical conocemos de antemano su posición y planimetría; y sólo queda el profundizar más o menos.

b.- Presa heterogenia con núcleo inclinado

VENTAJAS

- El núcleo inclinado soporta más fácilmente las deformaciones internas espesor de núcleo mayor que el vertical.
- Se puede construir primero los espaldones y después el núcleo.
- Se puede adaptar la localización del núcleo a la topográfica y geología de los estribos.
- Permite construir el resto de la presa con sus taludes naturales sin preocuparse del núcleo, que puede ir muy retrasado en altura. Si la región es lluviosa, el núcleo inclinado se va haciendo cuando las condiciones meteorológicas lo permiten, pero el espaldón sigue su curso independiente.

- Con el núcleo vertical., en cambio, los espaldones han de preceder con una altura muy escasa al núcleo para que el vertido de material no lo tape.
- Otra ventaja del núcleo inclinado es que permite inyectar el cemento mientras se sigue construyendo el núcleo y el espaldón. También es más fácil la construcción de los filtros, al ser inclinados, lo que suele permitir hacerlos más estrechos.
- En cuanto al volumen total de la presa, suele haber poca diferencia entre ambos tipos. El núcleo inclinado, al liberar al resto de la presa de presiones intersticiales, da un talud más fuerte agua abajo si el núcleo es vertical. Pero a cambio, el inclinado exige un talud agua arriba más tendido, para dar estabilidad al deslizamiento cuando el embalse se baja con cierta rapidez y el núcleo está saturado. Ambos efectos se suelen compensar aproximadamente, resultando volúmenes totales similares para ambos tipos de núcleos. El volumen mínimo teórico se obtiene cuando el núcleo está en una posición tal que el coeficiente de deslizamiento sea el mismo en ambos paramentos.
- Un punto muy debatido es el de la colocación más conveniente del núcleo frente a las fisuras por asiento diferencial, Parece mejor ser el núcleo inclinado, no porque se agriete menos, sino porque tienen un mayor volumen de estabilidad de piedra agua abajo del núcleo.
- En caso de agrietamientos su reparación es mucho más fácil en comparación al núcleo central.

4.5.1.3 Presa Zonificada o seleccionada

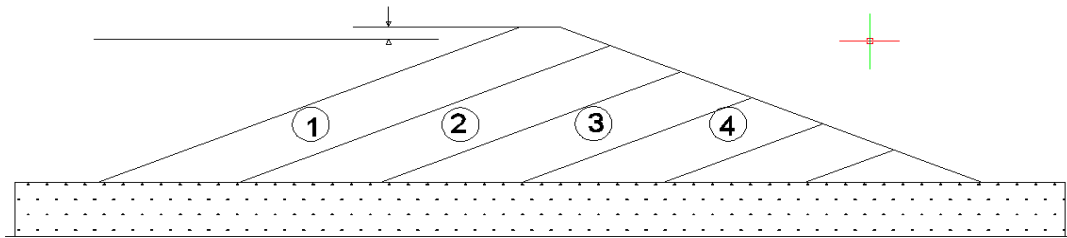


FIGURA4.7 PRESA ZONIFICADA

1. Gravas y gravillas mezcladas
2. Suelo arcilloso compactado
3. Suelo de texturas medias compactado
4. Gravas y gravillas mezcladas, más gruesas que 1

Capas de diversos materiales incluyendo un sector impermeable, la más común consta de un núcleo, lo más impermeable posible, rodeado de materiales más permeables que lo protegen y dan estabilidad a la estructura. El talud y el tramo de aguas arriba, al ser permeables proporcionan buen equilibrio entre el agua dentro y de fuera del muro, ante los rápidos desembalses. El de aguas abajo, actúa como dren evitando filtraciones en el talud seco.

4.5.1.4 Presa de enrocado con pantalla impermeable en el talud aguas arriba

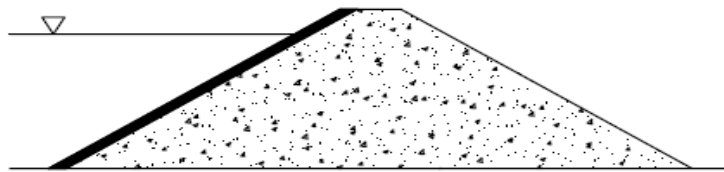


FIGURA4.8 PRESA ENROCADO CON PANTALLA IMPERMEABLE

- De arcilla
- De concreto
- De acero
- Plástico (geomembrana)
- Asfalto

4.5.1.5 Presas de enrocado núcleo central de hormigón o arcilla

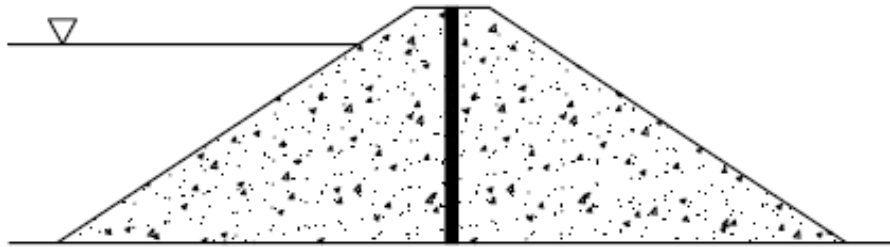


FIGURA4.9 PRESA ENROCADO CON PANTALLA CENTRAL (HORMIGÓN)

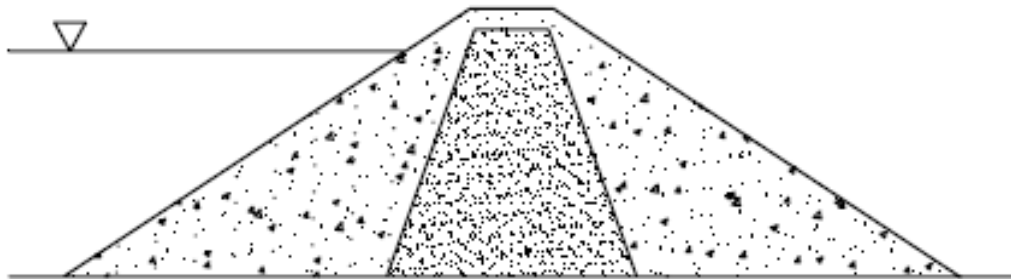


FIGURA4.10 PRESA ENROCADO CON NÚCLEO CENTRAL (ARCILLA)

Espaldones de enrocado, zonas de filtro y núcleo impermeable o pantalla impermeable el enrocado es un material muy resistente

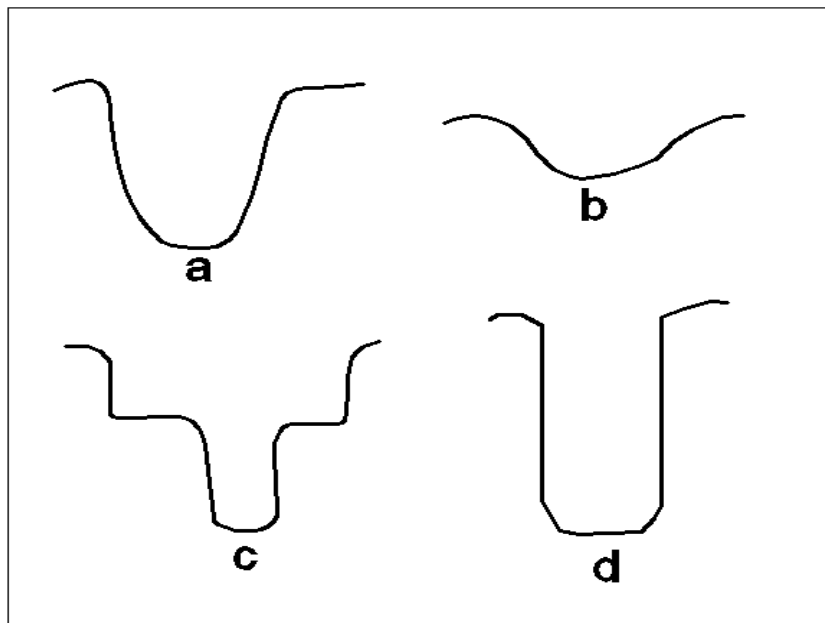
Las presas de enrocado requieren de mejores condiciones de cimentación que las presas de tierra.

- La roca sana dura es la ideal para los enrocados pero algunas rocas débiles o meteorizadas pueden utilizarse
- No se recomienda la utilización de lutitas arcillosas o arcillocitas
- Las rocas que se trituran al compactarse deben diseñarse como suelos y no como enrocados
- en algunos casos se requiere eliminar los sobre tamaños

4.5.2 Factores que determinan el tipo de cortina

4.5.2.1 Topografía de la boquilla

En general se considera que topográficamente o sea según la forma del corte transversal por el eje, hay tres tipos de boquillas que frecuentemente se utiliza, la cuarta se presenta no con mucha frecuencia, este tipo de boquilla no deberá de emplazarse de esta forma, si no asimilar a las tres anteriores



- a) En forma de "V", talud semivertical
- b) Abierta o alargada, talud de baja pendiente
- c) en forma irregular, talud con gradas
- d) En forma de "U" o en cañón, talud vertical

Según la forma de la boquilla y la geología superficial, se puede proponer un tipo de cortina con fines de Anteproyecto.

4.5.2.2 *Geología de la boquilla*

Cuando se disponga del estudio geológico, se afinará o se propondrá el tipo adecuado.

- Se requiere un análisis inicial geológicas y características geotécnicas del sitio más propiamente del eje

4.5.2.3 *Disponibilidad de materiales*

La disponibilidad de materiales podría no hacer factible un tipo propuesto ya que este factor incide directamente en los costos principalmente por los acarrees.

4.5.2.4 *Magnitud de la cortina*

Que incide directamente en cargas, esfuerzos de trabajo en el diseño y en volúmenes de materiales.

4.5.2.5 *Efecto Sísmico*

En el diseño de las cortinas, se toma en cuenta este aspecto, involucrando en el cálculo un coeficiente según las zonas

4.5.2.6 *Aspectos Viales*

Hay presas cuyos embalses inundan tramos considerables de caminos que habrá que relocalizar fuera del NAME y donde la misma cortina puede servir como camino o estructura de cruce, prestándose para ello sólo determinados tipos, como las cortinas homogéneas de tierra o enrocamiento y de materiales graduados

4.6 FILTROS Y DRENES

La misión del filtro es permitir el paso de agua impidiendo, al mismo tiempo, el de las partículas finas que pudieran ser arrastradas por aquella. Los huecos deben ser suficientemente pequeños para no dejar pasar los finos.



FIGURA4.11 PRESA CON UN DREN VERTICAL



FIGURA4.12 PRESA CON UN DREN VERTICAL

4.6.1 Granulometría de los filtros

- los materiales de filtro deben cumplir los criterios de filtración indicados:

Cuadro 4.2 Granulometría De Los Filtros

SUELO DE TERRAPLEN		CRITERIO PARA FILTROS
Grupo 1	Arcillas y limos Mas del 85 % de finos P200	$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 9$
Grupo2	Arcillas o limos arenosos y arenas arcillosas o limosas CS, MS De 40 a 85 % de finos P200	$D_{15} \leq 0.7mm$
Grupo3	Arenas y gravas arenosas impermeables con bajo contenido de finos De 15 a 40 % de finos P200	$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 4$
Grupo4	Suelos intermedios entre grupos 2 y 3 De 15 a 40 % de finos P200	$D_{15} \leq \frac{40 - A}{40 - 15} \{ (4d_{85}) - 0,7mm \}$

Fuente: tratado básico de presas tomo I” Norma para proyectos de filtros “

A = % de pasantes del tamiz 200

D = diámetro del filtro

d = diámetro del suelo base

- Es común el diseño de un núcleo el cual está rodeado de filtros y de materiales más gruesos y resistentes que son los drenes.

4.6.2 Espesor de los filtros

Un filtro dependerá de ciertas condiciones:

- debe de cumplir su función, ocupando una proporción reducida del espesor

- Añadir una longitud considerable para la mezcla de los materiales adyacentes, al ejecutar y cuando se realiza la compactación
- En los verticales y sub verticales el ancho horizontal mínimo que pueda trabajar la maquinaria de compactación

El espesor de los filtros debe de tener cierta tipo de función según el tipo de presa, generalmente deberá adecuarse al tipo de características, tipo de presa, cierre garganta, con un ancho que fluctúa entre 1 a 3 mt. tanto para la correcta colocación, manipulación, conformación del espesor, anchura, para su posterior compactación que no tenga ningún inconveniente en cuanto a su construcción

4.6.3 Filtros Geosintéticos

Hoy en día se están utilizando filtros sintéticos formados por materiales de textiles, estos últimos en forma de geotextiles, son los más usados aunque ahora en presas de materiales sueltos solo para obras complementarias y detalles constructivos y minoritariamente

La estructura de un filtro geotextil es la opuesta de un filtro natural aunque el efecto sea similar, el filtro natural está compuesto de granos sueltos y los huecos resultan de espacio entre ellos, los geotextiles son entramados que se fabrican con los huecos necesarios en las tramas

4.6.3.1 *El geotextil como filtro*

El u.s. army corps of engineers recomienda no se utilicen filtros de geotextil en presas de tierra,

En diferentes presas construidas en Tarija se colocó geosintéticos “geotextil” como material complementario a los filtros, además en las transiciones del suelo natural y suelo compactado suelos arcillosos, también como en las protecciones de los taludes aguas arriba

4.6.3.2 *Aplicación de geosintético*

- Talud aguas arriba utilización de geotextil para la transición entre el material

fino y material de protección Rip Rap

En la sección de transición entre el núcleo y el material de contención, existirá un dren con su filtro, se coloca geotextil como material complementario

- El uso de geosintéticos debe limitarse a presas de máximo 20 metros de altura

4.6.4 Dren. Condiciones que debe reunir

CONTROL Y MANEJO DE LAS FILTRACIONES POR LA FUNDACIÓN

Drenes de zanja en el pie de la presa

Drenes.

A partir de 6 u 8 metros de altura, conviene que las presas de tierra tengan drenaje para controlar la línea de saturación y los efectos de las filtraciones.

El drenaje cumple las siguientes funciones:

1.- Reducir la presión intersticial en una zona agua abajo, para aumentar su estabilidad al deslizamiento.

2.- Controlar la filtración y observar si arrastra material del dique (sifonamiento).

En presas bajas (< 30 m.) puede bastar un simple dren al pie del paramento agua abajo.

Para alturas mayores de 30 m. es preferible adentrarlo más. El dren horizontal se usa mucho hasta unos 45 m. de altura. Puede lograrse también el efecto drenante con un dren longitudinal.

En presas más altas (> 45 m.) se usan también drenes verticales o inclinados que se unen a los horizontales.

Si el dique y el cimiento son relativamente impermeables, el dren debe tener una permeabilidad por lo menos 10 a 100 veces mayor que la media del dique.

La idea del dren va unida a la de filtro en presas de tierra, pues el efecto drenante supone una afluencia de agua filtrada hacia el dren y un incremento del gradiente de filtración, lo que lleva a una posibilidad de arrastre de finos. Para impedirlo, hay que poner entre el dren y el material de la presa una capa de filtro de la debida granulometría para impedir el paso de los finos, dejando paso al agua

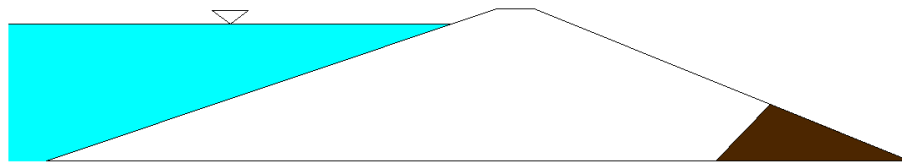


FIGURA4.13 DREN TRIANGULAR

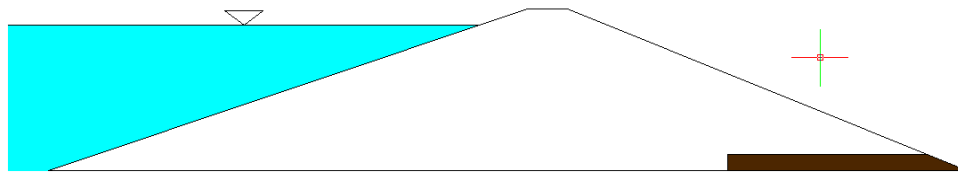


FIGURA4.14 COLCHÓN DE DRENAJE

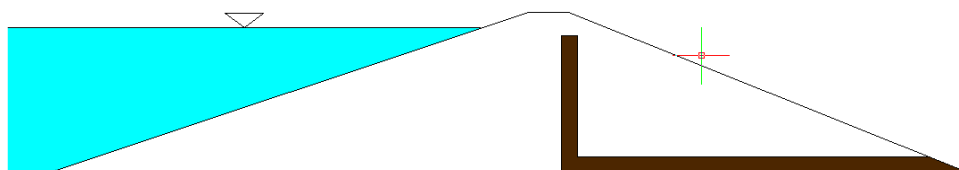
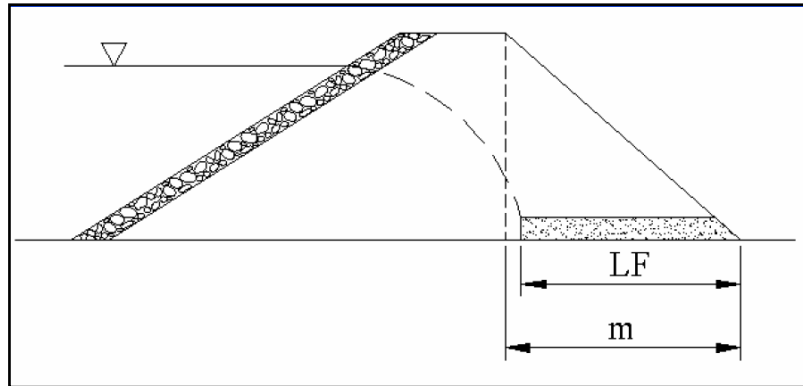


FIGURA4.15 DREN DE CHIMENEA



DREN HORIZONTAL

$$LF \geq \frac{2}{3}m$$

$$e \geq 0.90 mt$$

DREN CHIMENEA

$$LF \geq \frac{2}{3}m$$

Donde:

h (altura del dren vertical) = 1 a 2 metros menor que NAMO

a (ancho dren vertical) = 1 a 3 metros

4.6.5 Compactación de los filtros y drenes

La compactación de los filtros y del material de drenaje debe de ser la adecuada para producir la densidad suficiente para prevenir la licuefacción, limitar la consolidación y dar una resistencia aceptable, la compactación excesiva puede producir la rotura de las partículas y reducir la permeabilidad.

Por tal motivo el grado de compactación tendrá que estar entre el rango de 80 al 90% cuyo espesor de la tongada debe de ser entre el rango de 30 a 40 cm.

- La presencia de pequeñas cantidades de arcilla puede afectar la trabajabilidad.
- En las primeras etapas de la compactación debe determinarse el espesor de capa suelta que produce un determinado espesor de capa compactada.

4.7 FUNDACIONES DE EMPLAZAMIENTO

4.7.1 Consideraciones generales

4.7.1.1 *Problemas principales*

- Filtración de agua por debajo de la cimentación y por la presa
- Estabilidad de la presa y la fundación
- Control de las deformaciones

4.7.1.2 *Para evitar el paso del agua*

- Mediante la construcción de trincheras o dentellones tanto como en la fundación(piso) y los estribos laterales , para evitar el paso de agua por una fundación permeable
- Estos dentellones deben tener la suficiente profundidad para disminuir en forma significativa el paso del agua.
- La localización de estos dentellones debe ser tal que el agua no pueda pasar por debajo del dentellón.
- Cuando el dentellón no puede bajar a la roca se colocan debajo de este, cortinas de inyecciones

4.7.1.3 *Cuidados en la construcción de la fundación cimentación*

- Definir el material que se va a remover para garantizar capacidad de soporte suficiente, estabilidad general y asentamientos aceptables
- Mejorar la calidad del suelo de cimentación si se requiere

4.7.1.4 *Diseño de la cimentación detalles a diseñar*

- Capacidad de soporte
- Estabilidad general
- Asentamientos
- Filtraciones

4.7.2 Basamento Rocoso



FIGURA4.16 FUNDACIÓN SOBRE BASAMENTO ROCOSO

En general no presentas problemas de resistencia a la capacidad portante. El principal problema lo constituyen las filtraciones excesivas por fisuras y grietas

Consideración importante en la construcción

- Todas las bolsas de materiales y depresiones deben estar totalmente limpias de fracturas o bloques de roca, suelo suelto, etc., antes de colocar los rellenos.
- Limpieza del basamento rocoso realizar con una compresora de aire de tal manera conseguir que la superficie rocosa este total mente limpia
- La primera capa no debe exceder 30 cms. Y se requiere que sea muy bien compactada.
- Debe evitarse la compactación con equipos operados manualmente.
- Se perforan y se inyecta un impermeabilizante para rellenar juntas en la roca llamados también fisuras.
- La proporción del impermeabilizante 100 kg de cemento, 100 lt. de agua , adicionarle 2 kg de bentonita

4.7.3 Materiales Impermeables

El problema no es tanto en las filtraciones como en la estabilidad del suelo de la cimentación

Consideración importante en la construcción

- La superficie de cimentación debe ser nivelada, humedecida y compactada.
- En ocasiones se requiere escarificar con discos la superficie para lograr un buen contacto entre el relleno y la cimentación.
- La primera capa no debe exceder 30 cm. Y se requiere que sea muy bien compactada, densidad máxima y humedad optima
- Debe evitarse la compactación con equipos operados manualmente.

4.7.4 Materiales Permeables



FIGURA4.17 FUNDACIÓN SOBRE MATERIALES PERMEABLES



FIGURA4.18 FUNDACIÓN SOBRE MATERIALES PERMEABLES

Frecuentemente la cimentación de presas flexibles consiste en depósitos aluviales de arena y grava relativamente permeable, se presentan los siguientes problemas básicos, magnitud de las filtraciones subterráneas, presiones producidas por las filtraciones, tubificaciones y licuefacción. Arenas sin cohesión de baja densidad son peligrosas como fundación

Al presentarse pérdidas del agua del embalse hay que hacer la consideración sobre que sale más caro, si el agua que se pierde o el tratamiento anti filtrante

Consideración importante en la construcción

- La primera capa no debe exceder 30 cm. Y se requiere que sea muy bien compactada.
- Debe evitarse la compactación con equipos operados manualmente.
- El dentellón profundizar hasta el manto impermeable

4.8 ESTRIBOS DE EMPLAZAMIENTO

ESTRIBOS LATERALES

- Debe evitarse la entrega del alineamiento sobre salientes angostos de la ladera
- Deben excavarse los materiales meteorizados o sueltos, en lo posible también realizar dentellones en los estribos funcionan perfectamente muy bien evitando las filtraciones laterales
- Puede requerirse bajar la pendiente de los taludes del terraplén cerca de los estribos, es aconsejable siempre contar con pendientes suaves
- Puede requerirse inyectar los estribos, tara en función de cómo se presente en el momento de la construcción
- Debe proveerse un sistema de control de erosión en la unión del talud de la presa y de los estribos
- Cuando se está construyendo el terraplén en cada capa siempre en los extremos donde existe la unión entre el material compactado y material natural, colocar el material a Compactar mayor a la humedad optima de tal manera conseguimos que exista una adherencia en estos dos materiales, además el talud del estribo humedecer constantemente
- En caso de no colocar el material a compactar la humedad mayor a la optima se estará creando una línea de falla, línea de separación en lo posterior presenta infiltraciones
- Por cada tongada en los estribos en forma manual realizar la limpieza de todo aquel material suelto que deja la maquinaria cuando realiza la limpieza de los estribos
- Es muy importante realizar el constante humedecimiento lateral para que sea el material compactado y material natural un único material

4.8.1 Control de filtraciones por los estribos

Los criterios son similares a los de la fundación. Que contenga mayor cantidad de humedad para que exista una homogeneidad entre el terreno natural y el material del terraplén, y además contemplar dentellones con pendientes suaves para evitar las

filtraciones.

4.8.2 Pendientes Nominales taludes de los estribos

- las pendientes fuertes de los estribos producen grietas por asentamiento del terraplén de la presa, especialmente en la parte más alta de la presa

Vertical = 1

Horizontal mayor a 0.5

4.9 DIMENSIONAMIENTO

4.9.1 Altura Presa

$$H_{max} = H_{NAMO} + H_V + H_{BL}$$

Donde:

H_{max} (m): altura máxima de la cortina (desnivel entre la corona y la menor cota del cauce, en la zona de la cimentación)

H_{NAMO} (m): desnivel entre la cota de vertedero –descarga libre-y la menor cota del cauce en la zona de la cimentación

H_V (m): carga del vertedor

H_{BL} (m): bordo libre, que esta en función (oleaje debido al viento, asentamiento, factor de seguridad)

4.9.2 Volumen Muerto

El tema del transporte de sedimentos que pueden ser transportados a cada una de las presas, es uno de los aspectos que más preocupa en el diseño.

Para este tipo de embalses, se puede generalizar el análisis cuantificando los

sedimentos que se depositan en el vaso en un periodo de 20 años, sin afectar el volumen útil

Para cuantificar este volumen de sedimento, se tomara como base la experiencia de los diques de tierra realizados por el Programa Estratégico de Acción PEA de la cuenca de la quebrada tablada, que es uno de los afluentes del embalse de San Jacinto, y presenta características muy similares a las presas del valle central de Tarija.

En el año de 1999, se han diseñado y construido en la cuenca de esta quebrada varios pequeños diques de tierra con el objeto de reducir el aporte de sedimentos al embalse, transcurridos dos años de funcionamiento de estos diques, se ha realizado una medición del material retenido en cada uno de ellos.

Cuadro 4.3 Caudal Específico De Sedimentos (Pea)

DIQUE	Caudal específico de sedimento m ³ /Km ² /año
-------	--

Los diques de la clase A ubicados en la zona fluvio lacustre, ocupada por sedimento lacustre, que presenta un aspecto totalmente disectado, producto de una erosión en cárcavas. La presencia de un alto porcentaje de material fino en estos depósitos y la falta de cobertura, hace que el proceso erosión regresiva sea intenso, con presencia de cárcavas y barrancos profundos.	2224,9
Los diques de la. Clase B, ubicados también en la zona fluvio lacustre, pero menos críticas que las anteriores, debido a que en estas áreas se cuentan con algunos cultivos y la presencia de más cobertura vegetal con arbustos de diferente especie, y cauces con pendientes menos pronunciadas.	1157,2
Los dique de la clase C, ubicados más próximos al área montañosa, más precisamente en el área de pie de monte constituidos por suelos de origen coluvial.	600,0

Fuente: Programa Estratégico de Acción PEA

La precipitación media anual en el área de estudio de los diques es de 752 mm.

Para cuantificar la eficiencia de retención se tomó lo indicado por Brune, el cual determinó una curva que relaciona el porcentaje de sedimentos atrapados en función de la relación entre la capacidad del embalse y el volumen de agua escurrido hacia el embalse.

El mismo autor, propone unas curvas en las que relaciona el coeficiente de retención con el cociente entre la capacidad del embalse y la superficie de la cuenca, estas curvas tienen la siguiente expresión:

$$CR = (1 - 1 / (1 + k * C / S)) * 100$$

Donde:

CR = Coeficiente de retención (%)

C = Capacidad del embalse (miles de m³)

S = Superficie de la cuenca (Km²)

k = Parámetro comprendido entre 0.096 - 2.1

El valor de k comprende:

0.096 - 0.20 Embalses pequeños

0.20 - 0.80 Embalses medianos

0.80 - 2.10 Embalses grandes

$$V_M = CR * S * Cp * Ces$$

V_M (m³): volumen de sedimento

CR: coeficiente de retención

S(km²): superficie de la cuenca

C_p (mm): Coeficiente de precipitación

C_{es} (m³/km²/año): coeficiente de escurrimiento de sedimento

La cuantificación de la producción de sedimento específico es muy compleja debida a la falta de información, de manera referencial datos aproximados de mediciones realizados en Tarija

Estudio de San Jacinto 618 m³/km²/año

Medición San Jacinto 1690 m³/km²/año

4.9.3 Volumen Útil

Entre los meses de junio a noviembre se riega con agua de los embalses con una demanda total entre los meses de septiembre a octubre. El volumen útil debe cubrir el requerimiento de agua para estos meses, esta demanda se obtiene de un balance hídrico, cálculo que está en función a datos de precipitación y un plan de cultivos.

Se debe encontrar una relación entre el volumen requerido (DEMANDA) y el

volumen disponible (OFERTA), teniendo necesariamente que ser mayor el volumen disponible. Esta relación está dada por el consumo del ganado y de riego Vs. El volumen captado por las cuencas de aporte en cada uno de los atajados.

Se considera el riego en los meses de junio a noviembre, con déficit total en los meses de septiembre y octubre, con la necesidad de disponer de un volumen todo el requerido de esos meses, el mismo que ha sido determinado mediante el balance hídrico.

La disponibilidad de agua se calcula en función de los datos de precipitación.

Luego se encuentra una relación entre el volumen requerido y el volumen disponible, teniendo necesariamente que ser mayor el volumen disponible.

4.9.4 Nivel de Aguas Máximas Ordinarias NAMO

Delimita superiormente al volumen útil del embalse, que es el que se aprovecha y gasta en función de diferentes propósitos: energía, irrigación, suministro de agua, etc. Para su ubicación se tienen en cuenta los siguientes aspectos: aportes de la cuenca, demanda de agua, pérdidas por infiltración y evaporación.

4.9.5 Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias

Distancia vertical cuando trabaja su límite de descarga también es representada temporalmente durante la creciente de los ríos dando lugar al volumen máximo del embalse, el cual puede ser usado en algunos casos, pero por lo general es evacuado rápidamente por medio del vertedor de demasías o rebosadero o aliviadero.

4.9.6 Bordo libre

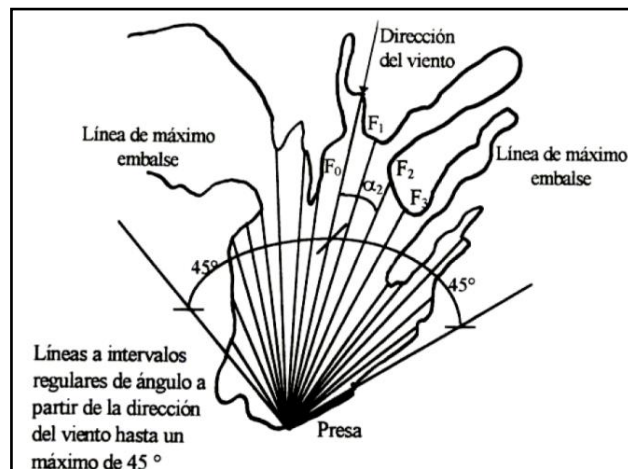
Es la distancia vertical entre la cresta “coronamiento “de la presa y la altura máxima

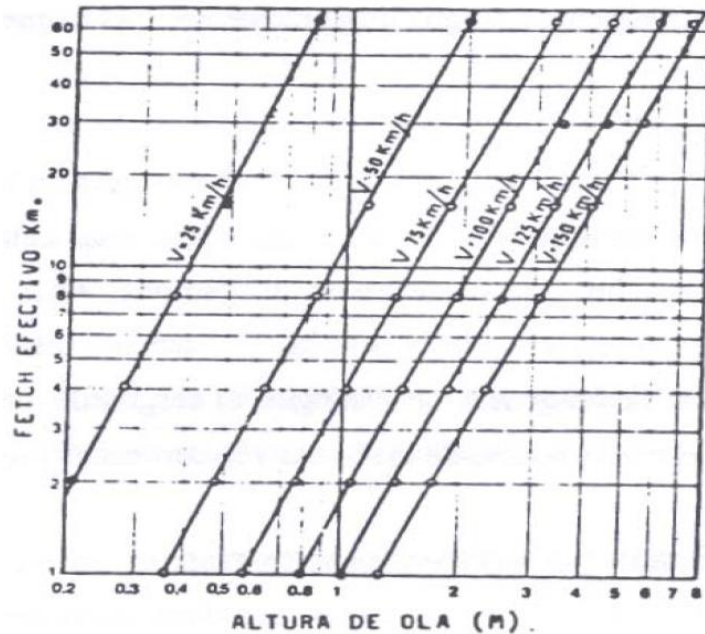
del agua (NAME) en el vertedero para la inundación. Toda presa tiene que tener bordo libre ya que es una altura de resguardo

FACTORES QUE OBLIGAN PARA EL DISEÑO DEL BORDE LIBRE

- Acción de las olas
- Asentamientos de la presa
- Posibilidad de una avenida superior a la del proyecto
- Mal funcionamiento del aliviadero(diseño malo o obstrucción)

ALTURA DE LA OLA





$$F = \frac{\sum F_i \cos \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i}$$

La formula de Stevenson da una altura de ola

$$a = 0.76 + 0.34 \sqrt{F} - 0.26 \sqrt[4]{F}$$

La de Iribarren:

$$a = 1.2 \sqrt[4]{F}$$

Siendo

a(m): altura de olas

F(km) :fetch longitud máxima línea recta desde la presa a la horilla más lejana

4.9.7 Coronamiento

El ancho de coronación de la presa se determina teniendo en consideración el uso de la coronación y mantenimiento y conservación de la presa, sin embargo desde un punto de vista de la ejecución , el mantenimiento y conservación de la presa sería deseable que tenga más de 4 metros

- Pertt ejecuta un acho mínimo de 4 metros

El ancho de la coronación de la presa se determinara de la siguiente ecuación

$$C = 3 + 1.5\sqrt[3]{H - 15}$$

$$C = 0.2 H + 2$$

Dónde.

C(es el ancho de coronación en metros)

H (altura de la presa en metros desde el punto más bajo del lecho del cauce)

4.9.8 Diseño empírico de los taludes

Tablas: consultar manual de presas pequeñas u.s. bureau of reclamation

4.9.8.1 Taludes para presas homogéneas típicas

Cuadro 4.4 Taludes Empíricos Presas Homogéneas

ALTURA (M)	TALUD AGUAS ARRIBA	TALUD AGUAS ABAJO
5	2.0H : 1V	1.5H : 1V
5 a 10	2.5H : 1V	2.0H : 1V
12 a 15	2.75H : 1V	2.5H : 1V
20 a 30	3.00H : 1V	2.5H : 1V

Fuente: Manual de presas pequeñas u.s. bureau of reclamation

Pertt para presas menores a 25 metros de altura utiliza los taludes

Aguas arriba 1V:3H

Aguas abajo 1V:2.5H

4.9.8.2 Taludes en enrocado

Cuadro 4.5 Taludes Empíricos Presas De Enrocado

ALTURA(M)	TALUD
15	0.5 H:1V
15 a 30	0.75 H:1V
30 a 45	1 H:1V
45	1.3 H:1V

Fuente: Manual de presas pequeñas u.s. bureau of reclamation

4.9.9 Diseño del ancho del núcleo

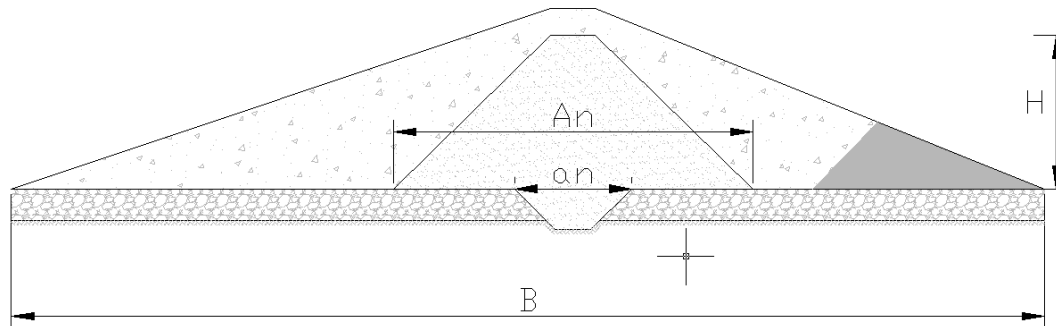


FIGURA4.19 DIMENSIONES ANCHO DEL NÚCLEO

$$An \geq \frac{B}{3}$$

$$An \geq 2H$$

$$an \geq \frac{B}{9}$$

- Los espesores estarán sujetos a previo análisis, mostradas en la fig. son mínimas que deberá tener un núcleo
- El espesor del núcleo debe establecerse teniendo en cuenta consideraciones de filtración de agua y erosión interna

- El espesor mínimo en la corona del núcleo debe ser de 3.0 metros para permitir su compactación

4.9.10 Pantalla impermeabilizante (dentellón)

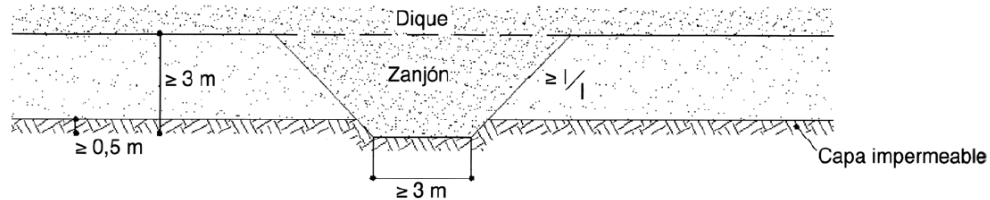


FIGURA 4.20 DIMENSIONES DEL DENTELLÓN DEL NÚCLEO

- Estará basada en función a un buen juicio que permite ver el suelo de fundación o la estratificación en el momento de la excavación de dicho dentellón
- Permite el tratamiento del fondo de la pantalla en función al estrato que se presenta
- Para mayor eficiencia penetrar dentro del manto impermeable
- Debe incluir filtros para evitar erosión interna, como también para suplir el filtro se debe de colocar un manto de geotextil como filtro complementario

4.9.11 Riesgo de sifonamiento y/o tubificación

El gradiente a partir del que se produce sifonamiento es el gradiente hidráulico crítico

$$i_c = \frac{\gamma_{sum}}{\gamma_w} = \frac{\gamma_{sat} - \gamma_w}{\gamma_w} = \frac{\gamma_{sat}}{\gamma_w} - 1$$

i_c = Gradiente crítico

γ_{sum} = Peso unitario sumergido

γ_{sat} = Peso unitario saturado

γ_w = Peso unitario del agua

Existe riesgo de que se produzca sifonamiento en determinadas estructuras hidráulicas, en el pie de talud aguas debajo de una presa de materiales sueltos. Para evitar este fenómeno se debe establecer un factor de seguridad F mayor que 1.4



FIGURA4.21 RIESGO DE SIFONAMIENTO

$$F = \frac{i_c}{i_{real}} \geq 1.4$$

Siendo el gradiente real

$$i_{real} = \frac{H}{L}$$

F =Factor de seguridad

i_{real} =Gradiente real

H =Altura del lecho del rio a rasante nivel vertedero

L =Longitud de la base de la presa

Gradientes reales del orden de 0,6 a 0,7 no dan problemas pero si se puede darlo entorno a 1

4.10 CONTROLES DE CALIDAD DEL MATERIAL EN LA PREPARACIÓN

Gráfico 4.1 Especificaciones De Curvas Granulométricas Presas Materiales Suelos

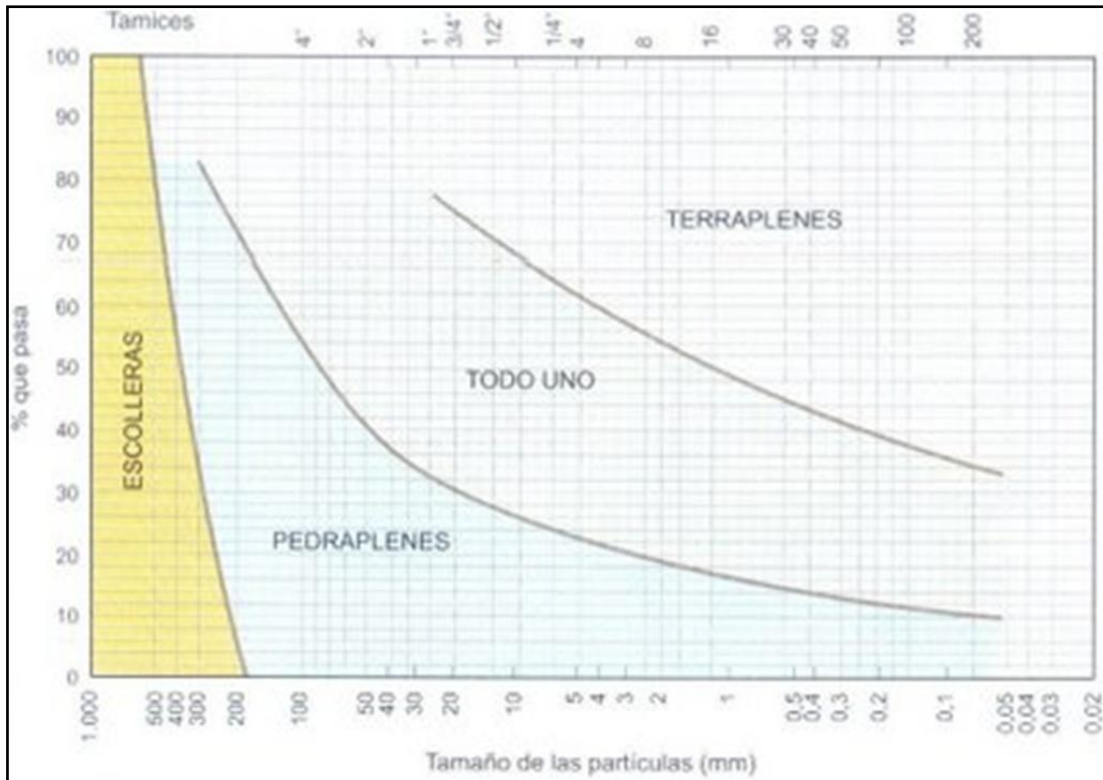
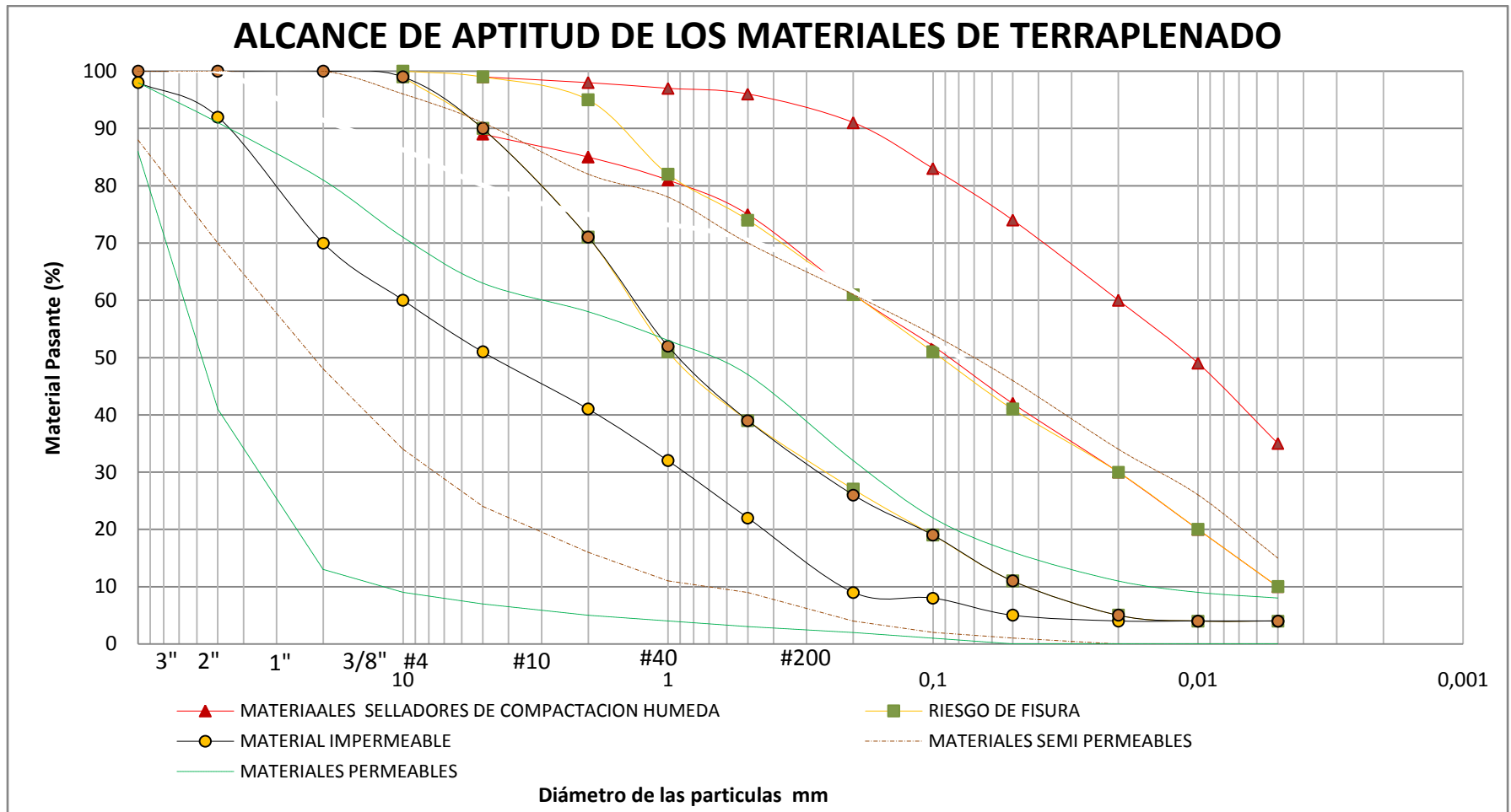


FIGURA 4.22 ESPECIFICACIONES DE CURVAS GRANULOMÉTRICAS PRESAS
MATERIALES SUELTOS

Fuente: Dirección de desarrollo, Manual de suelo primera edición

Granulometría es la composición por su tamaño de sus partículas, su análisis se efectúa haciendo pasar una cantidad especificada de material (muestreo), por una serie normalizada de tamices, la curva resultante nos da una buena información sobre la calidad de los suelos, en presas de materiales sueltos los materiales a colocar en los terraplenes están bien definidos por la curva granulométrica mostrada en Fig. 4.22, donde, la escollera, pedraplenes, todo en uno están bien definidas por las curvas, y los terraplenes se sub divide en materiales impermeables, materiales semipermeables, materiales permeables, riesgo de fisura y materiales selladores con compactación húmeda como se muestra en la Fig. 4.23

Gráfico 4.2 Especificaciones De Curvas Granulométricas Presas Materiales Térreos



Fuente: Dirección de desarrollo, Manual de suelo primera edición

Cuadro 4.6 Propiedades Y Aptitudes De La Tierra, Arena Grava Como Material

Símbolo de clasificación	CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES				Presas			Cimientos	
	Permeabilidad después de la compactación	Resistencia al esfuerzo cortante en estado saturado después de la compactación	Compresibilidad en estado saturado después de la compactación	Labrabilidad como material de terraplén	Presas homogéneas	Zona impermeable	Zona permeable	Infiltración factor importante	Infiltración sin importancia
GW	Permeable	Excelente	Casi nada	Excelente	-	-	1	-	1
GP	Muy permeable	Buena	Casi nada	Buena	-	-	2	-	3
GM	Semipermeable-impermeable	Buena	Casi nada	Buena	2	4	-	1	4
GC	Impermeable	Bueno-apto	Minima	Buena	1	1	-	2	6
SW	Permeable	Excelente	Casi nada	Excelente	-	-	3*	-	2
SP	Permeable	Buena	Minima	Apta	-	-	4*	-	5
SM	Semipermeable-impermeable	Buena	Poca	Apta	4	5	-	3	7
SC	Impermeable	Bueno-apto	Poca	Buena	3	2	-	4	8
ML	Semipermeable-impermeable	Apta	Media	Apta	6	6	-	6	9
CL	Impermeable	Apta	Media	Buena -apta	5	3	-	5	10
OL	Semipermeable-impermeable	No apta	Media	Apta	8	8	-	7	11
MH	Semipermeable-impermeable	Apta-no apta	Grande	No apta	9	9	-	8	12
CH	Impermeable	No apta	Grande	No apta	7	7	-	9	13
OH	Impermeable	No apta	Grande	No apta	10	10	-	10	14
PT	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nota) * Material con alto contenido de Grava

El valor "1" del espacio de "aptitudes del material" indica la aptitud más alta y cuanto mayor es el valor indica que la aptitud es menor

Fuente: Dirección de desarrollo, Manual de suelo primera edición

4.11 CONTROL DE CALIDAD DEL MATERIAL EN LA COMPACTACIÓN

4.11.1 Criterios para controlar los rellenos arcillosos en presas

- El material debe formar una masa homogénea libre de discontinuidades o contactos a través de los cuales puedan pasar corrientes de agua.
- No debe permitirse el paso de agua a través del contacto entre el núcleo y la cimentación
- La masa compactada debe ser suficientemente impermeable
- El material no se debe consolidar en forma excesiva, se produce la rotura del suelo
- No deben ocurrir asentamientos diferenciales que puedan producir planos de corte.
- El suelo debe obtener y mantener una resistencia al cortante suficiente
- El material no debe consolidarse o ablandarse al saturarse.

4.11.2 Compactación

- Los núcleos generalmente se compactan con rodillo pata de cabra.
- Se debe especificar el tamaño del rodillo, su peso, tamaño y espaciamiento de las patas, número de pasadas y espesor de las capas.
- Deben establecerse previsiones para los casos en los cuales el material esté muy húmedo o muy seco.
- Si el material presenta excesiva humedad mayor a la óptima, escarificar varias veces hasta conseguir la humedad óptima, el proceso se lo realiza de tal manera al material se lo airea.

4.11.3 Variables más importantes en el terraplén impermeable de una presa

- Selección de materiales en la zona de préstamo
- Distribución de materiales en el terraplén (Uniformidad)
- Contenido de agua y su uniformidad
- Métodos para corregir la humedad del material
- Características del compactador
- Número de pasadas
- Espesor de las capas
- Tamaño máximo y cantidad permisible de roca
- Condiciones de las superficies de las capas
- Compactación de los sitios inaccesibles para el rodillo

4.11.4 Factores que afectan la densidad

- Espesor de la capa
- Tiempo de compactado
- Contenido de agua
- Masa o peso del compactador
- Condiciones en que se encuentra el compactador
- Presión de aire si se utilizan pisones neumáticos

4.11.5 Controles de calidad de los materiales en el proceso de compactación

Suelos de grano fino son aquellos en los que más de un % determinado pasa por el tamiz ASTM n° 200 de 0,074 mm (50 % para la clasificación ASTM y 35 % para la AASHTO). Comprenden limos y arcillas.

4.11.6 Identificación de finos en campo

Es importante, porque según sean los materiales se compactan con procedimientos distintos. Hay pruebas visuales para clasificar los suelos en granulares y plásticos.

- Se forma una pelota con su humedad natural, si no se puede, o es difícil de moldear, es menos plástico, o la humedad está debajo de la Óptima.
- Si se deshace en fragmentos uniformes, la humedad está debajo de la óptima.
- Si se forma aproximadamente de 3 mm el suelo tiene plasticidad.
- Muestra en un tubo de ensayo y se agita. Se deja reposar 1,5 min., si el agua queda turbia y se advierten dos niveles de depósito, hay un % de arcilla.
- Arcilla o limo: Se coge un puñado de suelo con su humedad natural, si la mano queda manchada después de frotarla, los finos son arcillas. Si al frotar las manos los finos quedan sueltos y no pegados, son limos.

4.11.7 Colocación y compactación materiales de los terraplenes por cada tongada



FIGURA4.23 COMPACTACIÓN PATA DE CABRA ESTÁTICO

- los suelos arcillosos deben compactarse a densidades superiores al 95% de la densidad máxima proctor modificado. Los suelos Arcillosos a emplear en la construcción del terraplén, se depositan en tongadas delgadas, entre 20 a 30 cm. de suelos que contengan mayor cantidad de arcilla (A6 (CL), A6 (MH)) y haciendo circular las maquinarias ordenadamente por distintos lugares para obtener su correcta compactación.
- Los suelos Arena arcillosa, limo arcilloso a emplear en la construcción del terraplén, se depositan en tongadas delgadas, entre 25 a 35 cm. de suelos que contengan (A4 (SC), A4 (MS)) y haciendo circular las maquinarias ordenadamente por distintos lugares para obtener su correcta compactación.
- Los suelos Granulares a emplear en la construcción del terraplén, se depositan en tongadas delgadas, entre 35 a 45 cm. de suelos que contengan A2, A3 y haciendo circular las maquinarias ordenadamente por distintos lugares para obtener su correcta compactación.
- los suelos granulares deben compactarse a densidades relativas superiores al 90%.
- Si las condiciones de humedad son excesivas conviene esperar que el terreno se oree, haciendo algunos trabajos que lo favorezcan, como el escarificado según se requiera.
- Los suelos pedraplenes a emplear en la construcción del terraplén, se depositan en tongadas menores a 1.5 mt, dependerá del diámetro máximo canto rodado y se incrementara en un 20 % para tener la altura de la tongada para obtener su correcta compactación.

4.11.8 Compactación de enrocados

Compactación de enrocados

- Calidad de la roca
- El tamaño máximo permisible de capa no debe ser superior a 60 centímetros
- se deben utilizar rodillos lisos vibratorios con peso estático entre 10 y 15 toneladas
- las zonas de roca fina deben compactarse en capas de 30 a 40 centímetros de espesor
- El número de pasadas de realiza en función a su peso de compactador, para conseguir el grado de compactación

4.12 OBRAS DE PROTECCIÓN

En la parte externa de la presa de materiales sueltos necesariamente deberá de protegerse para prevenir los deslizamientos, tubificaciones, asentamiento, erosiones, etc.

4.12.1 Protección talud aguas arriba

Como esta en contacto agua almacenada, crecida, oleaje, según las condiciones de la presa se protegerá dese el pie de talud hasta el coronamiento

- Escolleria Rip Rap
- Enrocado
- Mampostería de piedra
- Revestimiento bloques de hormigón

- también se han utilizado geomembranas para impermeabilización del talud aguas arriba

4.12.2 Protección talud agua abajo

Para evitar la erosión y deslaves del talud espaldón aguas abajo, como también en la línea de intersección del terraplén y ladera natural necesariamente debe de protegerse mediante:

- Protección con vegetación, la misma será cubierta de 20 cm de espesor, para el sembrado de pasto
- Protección de capa de piedra triturada de 30 cm de espesor
- Protección mediante terrazas de piedra colocada a mano
- Protección mediante tepes que son trozos de tierra cubiertos de césped, muy trabado por las raíces cortadas en forma prismática cuadrada o rectangular que se extraen de campos naturales

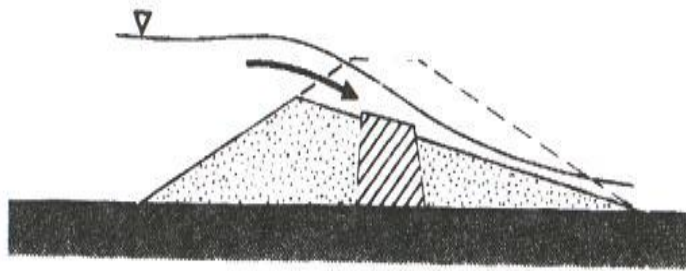
4.12.3 Protección del pie del talud aguas abajo

Este tipo de protecciones se realiza para alturas de presas mayores a 5 mt de altura porque existe riesgo de que se produzca sifonamiento en determinadas estructuras hidráulicas, en el pie de talud aguas debajo de una presa de materiales sueltos. Para evitar este fenómeno se y se dispone en toda la superficie a proteger, talud aguas abajo

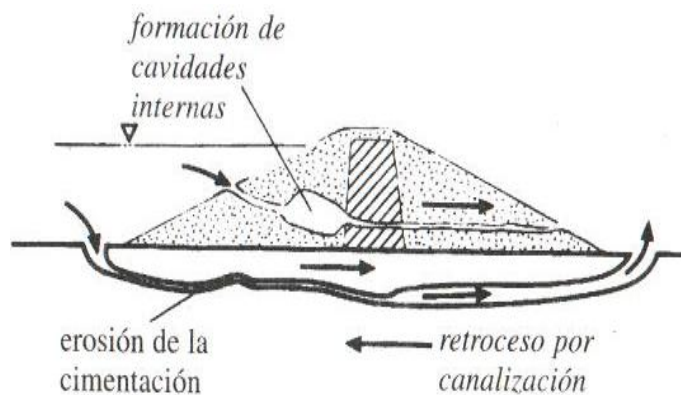
- Pueden requerirse colchones de drenaje o drenes en el pie
- Drenajes horizontales
- Todo drenaje está protegido por un filtro

5 FALLAS POS CONSTRUCCIÓN

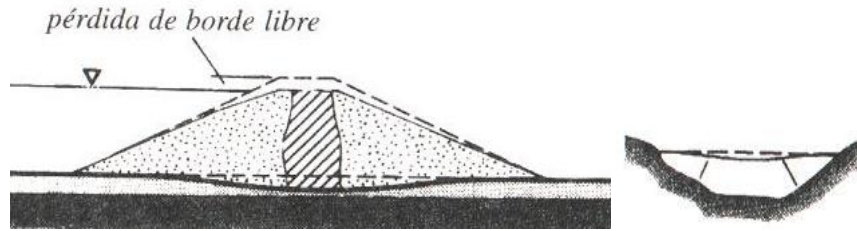
En base a experiencias verdaderamente existe fallas después de haberlas construido, en fase de la operación, presas llenas de agua, se pudo evidenciar ciertas falencias en los primeros 3 meses de funcionamiento que son los más críticos, a través del tiempo se van subsanado todas las deficiencias, es dificultoso la mitigación pos constructiva de fallas, por eso se debe de construir con una responsabilidad única en la etapa de la construcción, verificando todo los aspectos técnicos



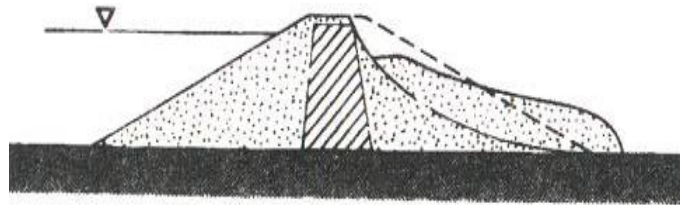
Rebosamiento conducente ha lavado, limos menos cohesivos, arenas, etc., tienen los mayores riesgos a corto plazo



Erosión interna y canalización con migración de finos del núcleo etc. “nótese la regresión del canal “y la formación de cavidades internas, puede iniciarse por la formación de grietas internas o por filtración a lo largo del perímetro de la alcantarilla, etc.



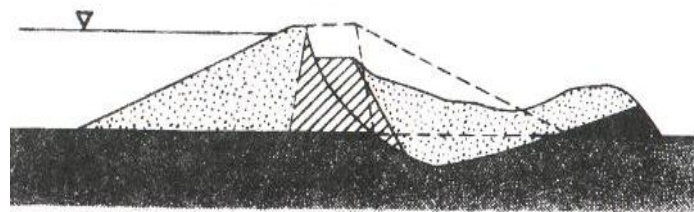
Sedimentación de la cimentación y el relleno (deformación y agrietamiento interno, nótese también los modos de deformación del valle transversal



Inestabilidad (1): la pendiente aguas abajo demasiado alta o demasiado fuerte en relación con la resistencia al corte del material del espaldón



Inestabilidad (2): falla de talud aguas arriba debido al rápido descenso del nivel de agua



Inestabilidad (3): falla de cimentación agua abajo debido a sobrefuerzos efectivos de capas blandas y débiles

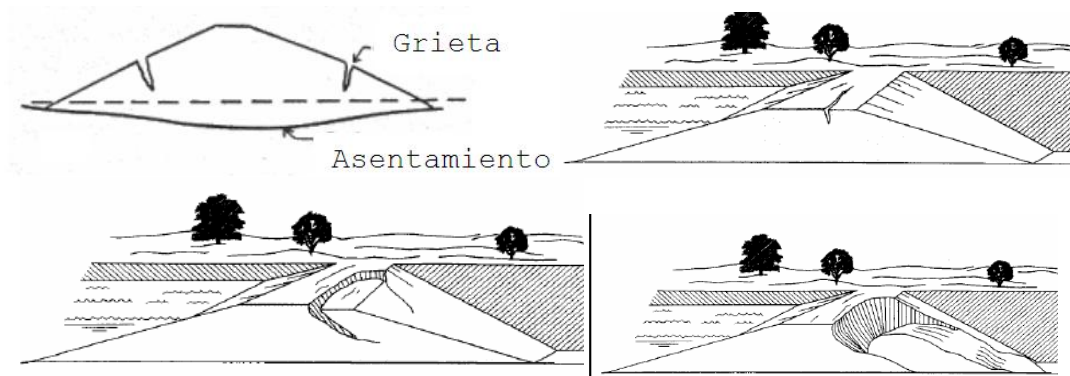
5.1 ASENTAMIENTO DE LA PRESA

Toda presa de material suelto tiende a tener cierta deformación en el nivel de coronamiento debido a muchos factores que a continuación se detalla

- Fundación , no se percata a cabalidad del tipo de material a ser emplazado (suelos no estables)
- Estribos laterales de emplazamiento tengan pendientes muy pronunciadas 1 vert.: < 0.5 hz, no son aconsejables
- Material utilizado en el terraplén sea de alta plasticidad, que presenten cambios volumétricos, expansivos

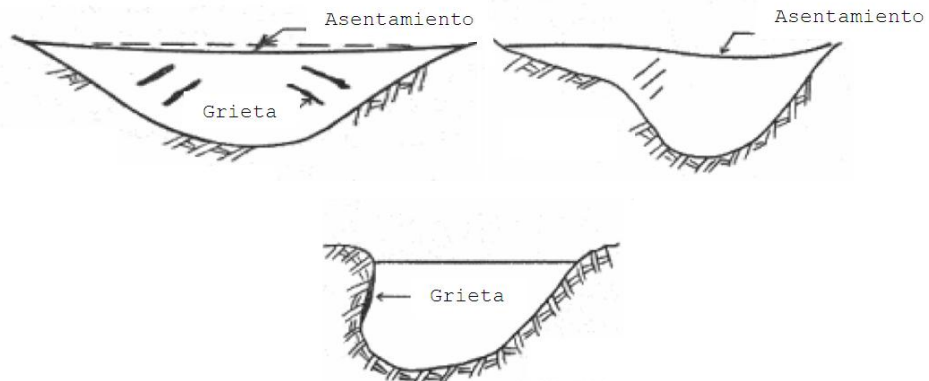
5.2 AGRIETAMIENTO POR ASENTAMIENTO

5.2.1 Longitudinales



- Rotura grieta longitudinal
- Grieta longitudinal asentamiento total de presa
- Deslizamiento talud agua arriba
- Deslizamiento falla circular

5.2.2 Transversales



- Asentamientos en los estribos
- Fundación no consolidado

5.3 AVENIDA EXTRAORDINARIA

5.3.1 Desbordamiento

Cuadro 4.7 Causas Importantes De Falla De Presas

CAUSA	PORCENTALE
Desbordamiento	30%
Flujo de agua	25%
Deslizamiento	15%
Fugas en ductos	13%
Erosión	5%

6 DEMOSTRACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN ‘BASE DE EXPERIENCIA’

Una vez que se tenga un los diseños planos, que el proyecto esté aprobado por un órgano se Inicia la construcción del cierre de cortina para ello detallaremos una metodología secuencial de cómo se ejecuta, todas las presas tienen una similitud de construcción pero en ningún momento son iguales, cada presa presenta sus particularidades según cómo se va construyendo, y en función a ello se tiene que dar soluciones técnicas para su buena ejecución y posterior funcionamiento

Toda fase constructiva es a base de experiencia de cinco años de trabajo, con valores promedios y valores técnicos que se adecuan a estas presas de tierra que se construyeron en zonas donde no existen aportes superficiales, solamente captaciones a partir de las precipitaciones en épocas de lluvia

6.1 VIABILIDAD EN FUNCIÓN A LAS CONDICIONES DE LA PRESA

Cualquier presa de materiales sueltos debe de contar con las siguientes condiciones.

- 1 Área de la cuenca
- 2 Vaso de almacenamiento
- 3 Cierre de lecho de la quebrada
- 4 Disponibilidad de bancos de materiales
- 5 Uso y aprovechamiento de agua

En caso de no existir todas las condiciones realizar alternativas en función a su costo alternativas que contribuyan a que el proyecto sea viable, generalmente las presas de materiales sueltos “térreos” no todas cumplen las cinco condiciones, lo ideal será que cumplan toda las condiciones

Alternativa a falta de la condición de área de aporte de cuenca, se tiene toda las demás condiciones, pero no se cuenta el área de aporte de la cuenca, en este caso ver

la alternativa de realizar trasvase de una cuenca vecina donde exista condiciones de aporte, ya sean superficiales o precipitaciones traducidos en escorrentía además se debe de contemplar el costo para que no se encarezca el proyecto

Alternativa a falta del vaso de almacenamiento, no se cuenta con un vaso de almacenamiento en la cuenca, en este caso es inviable realizar un proyecto.

Alternativa a falta cierre del lecho de la quebrada, cuando no presenta gargantas estrechas, ver alternativas de la relación.

$$\frac{\text{volumen de agua almacenada (m}^3\text{)}}{\text{volumen de la cortina material compactado (m}^3\text{)}} \geq 10$$

Alternativa a falta disponibilidad de bancos de materiales, En este caso a la falta de bancos de materiales aptos, realizar alternativas de presas, puede ser de hormigón, si el vaso y el sector de emplazamiento son completamente de roca, cabe recalcar en general en un vaso de almacenamiento donde existan bancos de material fricciónantes, y no así materiales arcillosos, una alternativa realizar una presa heterogénea con núcleo impermeable, se puede realizar si los bancos de préstamo no se encuentran muy alejados de la presa de emplazamiento, donde no encarezca el costo de transporte preferiblemente distancia de acarreo entre uno a dos kilómetros, para núcleos los materiales están en el orden del 30% del volumen total de la presas

6.2 MAQUINARIA UTILIZADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PRESAS DE TIERRA

El terraplén de la presa se construye utilizando un equipo liviano, pesado y un equipo complementario, el número de cada uno de ellos dependerá de la envergadura de la presa que se va a construir

Cuadro 6.1 Producción Y Consumo Maquinaria Pesada

MAQUINA	PRODUCCION m3/hr	CONSUMO DIESEL Lt/hr	ACTIVIDAD
TRACTOR ORUGAS D6	100	21,99	Excavación/banco
TRACTOR ORUGAS D6	240	21,99	Conformación/compactado
EXCAVADORA 325L	110,22	21,32	Carguío/suelto
EXCAVADORA 315B	91,85	10,38	Carguío/suelto
CARGADOR FRONTAL950B	72	12,45	Carguío/suelto
CARGADOR FRONTAL924F	60	6,65	Carguío/suelto
VIBRO COMPACTADOR CA 25(10tn)	240	15,36	Compactación/compactado

Fuente: elaboración Propia a base datos de informes mensuales en promedio

Cuadro 6.2 Producción Y Consumo Maquinaria Liviano

MAQUINA	PRODUCCION m3/hr	CONSUMO DIESEL Lt/hr	ACTIVIDAD
VOLQUETA 4M3	11,9	2,3	Transporte/suelto
VOLQUETA 6M3	25,35	2,59	Transporte/suelto
VOLQUETA 8M3	35,88	4,47	Transporte/suelto
VOLQUETA 12M3	45,78	5,32	Transporte/suelto
CISTERNA 10M3	10	2,42	Transporte/suelto

Fuente: elaboración Propia a base datos de informes mensuales en promedio

Equipo complementario

Bombas de agua (mayores a 3")

Compactador manual (saltarín)

Equipo Topográfico (Nivel de Ingeniero)

Equipo de densidad (método de la arena)

Tanto la capacidad y potencia de los equipos dependerá de la cantidad de volúmenes de material a ser removido para el cierre de la cortina, y el tiempo de ejecución que se proyecta

6.3 RELACIÓN DE COSTOS PRESAS DE HORMIGÓN VS. PRESAS DE TIERRA

A base de datos de costos de presas de hormigón ciclópeo en comparación de presa térreos se realizó costo unitario (bs/m³), solamente en la construcción del cuerpo de la presa, lo único que varía es el volumen de cuerpo de la presa ya sea de tierra o hormigón, las demás obras complementarias al cuerpo de la presa se tiene una similitud de costos en la construcción en ambas presas tanto como los vertederos de excedencia, obras de toma, descargadores de fondo, sistema de riego, etc.

Cuadro6.3 Costo Unitario Presa De Hormigón Ciclópeo (Cuerpo)

PRESA	VOLUMEN CUERPO DE PRESA	COSTO CUERPO PRESA	COSTO UNITARIO
	M3	BS	Bs/m ³
Vuelta de Tiros	13232	10150647	767,1287031
chorcoya	28000	22352513	798,3040357
Costo unitario por m ³ =			782,7163694

Fuente: Elaboración propia a base de datos reales PERTT

- La presa vuelta de tiros es realizado el estudio mediante una consultora y es ejecutado por el PERTT.
- La presa Chorcoya es realizado el estudio mediante una consultora dicho pertenece al municipio del Puente.

Cuadro 6.4 Costo Unitario Presa De Tierra (Cuerpo)

PRESA	VOLUMEN CUERPO DE PRESA	COSTO CUERPO PRESA	COSTO UNITARIO
	M3	BS	Bs/m ³
Hondura	302161	12345442	40,86
Costo unitario presas del pertt			55,22
Costo unitario por m ³ =			48,04

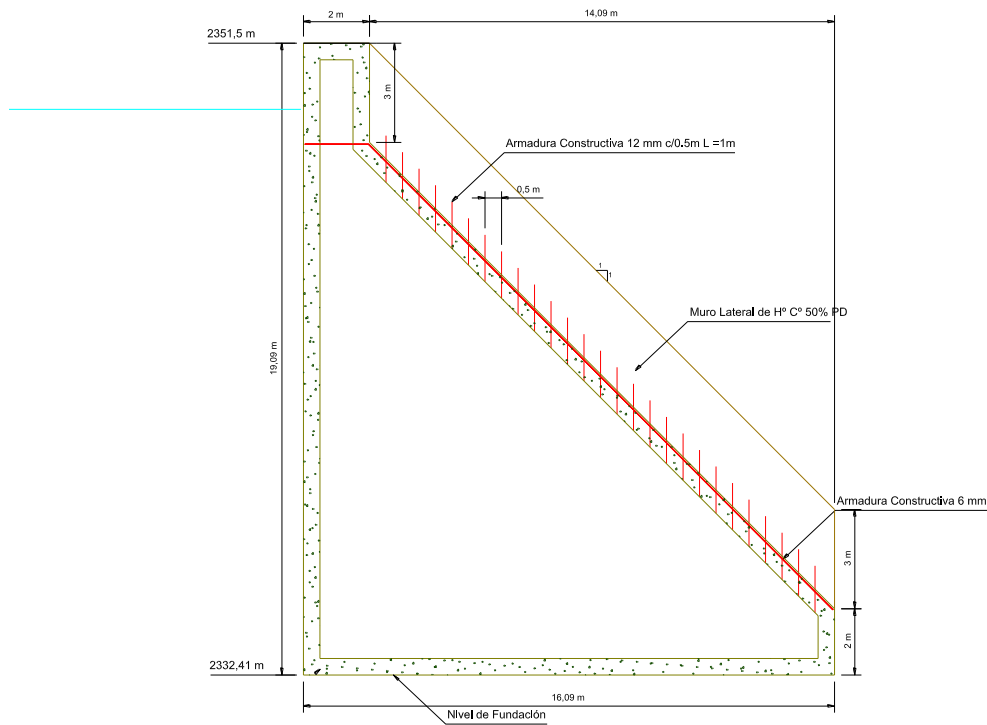
Fuente: Elaboración propia a base de datos reales PERTT

La presa hondura es realizada el estudio mediante una consultora y es ejecutado por el PERTT

ANÁLISIS DE LA RELACIÓN DE COSTOS

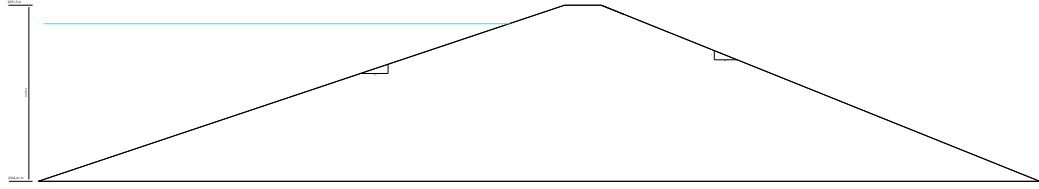
Se toma como referencia el cuerpo de una presa de hormigón “presa Vuelta de Tiros” que actualmente está en funcionamiento con relación de presa de tierra de la misma altura (ambas), lo único que varía es el volumen de la una a la otra

Cuerpo de presa de hormigón ciclópeo presa vuelta de tiros Chiguaypolla



Altura	19,9 m
Base	16,09 m
Corona	2,0 m
Área	165,04m ²
Talud aguas abajo	1:1

Cuerpo de presa de Tierra con fines de comparación



Altura	19,9	m
Base	109	m
Corona	4,0	m
Área	1078,77	m ²
Talud aguas abajo	1:2,5	
Talud aguas arriba	1:3,0	

El costo de presa de hormigón ciclópeo por cada metro lineal

$$\text{costo} = 782 \frac{\text{Bs}}{\text{m}^3} * 165,04 \text{ m}^2 * 1 \text{ ml}$$

$$\text{costo} = 129061,28 \text{ Bs/ml}$$

El costo de presa de tierra por cada metro lineal

$$\text{costo} = 48,04 \frac{\text{Bs}}{\text{m}^3} * 1078,77 \text{ m}^2 * 1 \text{ ml}$$

$$\text{costo} = 51824,11 \text{ Bs/ml}$$

Relación de costo

$$R = \frac{\text{costo de presa de hormigon}}{\text{costo de presa de tierra}} = \frac{129061,28}{51824,11} = 2,5$$

La siguiente relación nos indica que los precios de hormigón ciclópeo es el doble de costo con relación a presas de tierra, este dato es solamente como parámetro comparativo en base a costos reales de presas que se han construido

6.4 COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA PARA SUB Y MICRO CUENCAS

El coeficiente de escorrentía presenta la proporción del caudal precipitado que compone el caudal de aporte y se lo considera constante en toda la cuenca, para determinar el valor “C coeficiente de escorrentía “, en las sub cuencas y micro cuencas, donde no existe aporte superficiales, solamente aporte en épocas de precipitación lo determina en función a su desnivel, precipitación, área de la cuenca de la siguiente manera

Por el Volumen Escurrido Medio Anual (Vm): Resulta el volumen de agua que produce una cierta cuenca durante un año, en términos medios. Se calcula mediante la multiplicación del área de la cuenca en m² (A) por el coeficiente de escurrimiento (C) y por la precipitación media anual en m (Pm). El volumen se obtiene en m³.

$$Vm = A \times C \times Pm$$

El problema es establecer el coeficiente de escurrimiento. Una determinación, la más precisa, se logra dividiendo el escurrimiento anual en un determinado lugar (conocido mediante estaciones de aforo), por las lluvias de esa temporada (multiplicadas por el área desde donde escurre). Si de esa cuenca no se conocen específicamente, se emplean a estas sub cuencas y micro cuencas lo más cercano de características similares.

Cuando no se cuenta con información se selecciona el coeficiente de escurrimiento de entre los siguientes:

a. Según la cobertura del terreno:	C en %
Cultivado con pastos	1-30
Áreas boscosas	5-20
Sin cultivos	25-50

b. Según la extensión de la cuenca:

Pequeñas, hasta 1000 ha.	20
Medianas, de 1000 a 10000 ha.	15
Grandes, 10000 a 50000 ha.	10
Mayores, más de 50000 ha.	5

c. Según las lluvias anuales:

Más de 1500 mm	+ de 35
De 1200 a 1500 mm	15-35
De 800 a 1200 mm	5-15
Menos de 800 mm	- de 5

Mediante un ejemplo esquemático de una tabla de cuando de volumen de agua pueda almacenar dicha cuenca en un año, la misma es medida el volumen de embalse y aforado el volumen de agua excedentaria'vertedero' Presa Chiguaypolla

$$V_s = 10 * A * C_e * P * P_o$$

Donde:

V_s = volumen superficial (m³/año)

A =Área de la cuenca (ha)

C_e = coeficiente de escorrentía

P = precipitación anual

P_o = Probabilidad de ocurrencia

ESTIMACIÓN DE CAUDALES MEDIOS ANUALES

Ha Km2

Área de la cuenca en km² :

1067 10,67

Precipitación media anual en mm : 643,71

Periodo hidrológico en años : 23

Coefficiente de Escurrimiento = 0,24

Probabilidad de ocurrencia 0,75

Año hidrológico	P [mm]		P. adoptada [mm]	Q superficial [mm]	V superficial [Hm3/año]	Nº de orden	V superficial [Hm3/año]	Probabilidad excedencia (%)	V superficial [m3/año]	
1977	1978	626,6		469,95	112,00	1,20	1	1,6769	4,35	1676865
1978	1979	791,8		593,85	141,53	1,51	2	1,5687	8,70	1568723
1979	1980	635,8		476,85	113,65	1,21	3	1,5102	13,04	1510170
1980	1981	822,5		616,88	147,02	1,57	4	1,4571	17,39	1457149
1981	1982	650,7		488,03	116,31	1,24	5	1,4554	21,74	1455432
1982	1983	568		426,00	101,53	1,08	6	1,3236	26,09	1323640
1983	1984	879,2		659,40	157,16	1,68	7	1,3179	30,43	1317918
1984	1985	683,5		512,63	122,18	1,30	8	1,3105	34,78	1310480
1985	1986	763,1		572,33	136,40	1,46	9	1,3036	39,13	1303614
1986	1987	687,1		515,33	122,82	1,31	10	1,2864	43,48	1286449
1990	1991	764		573,00	136,57	1,46	11	1,2411	47,83	1241056
1991	1992	489		366,75	87,41	0,93	12	1,2264	52,17	1226370
1992	1993	643		482,25	114,94	1,23	13	1,2149	56,52	1214926
1993	1994	535,5		401,63	95,72	1,02	14	1,2126	60,87	1212637
1994	1995	622		466,50	111,18	1,19	15	1,1951	65,22	1195091
1995	1996	466,1		349,58	83,32	0,89	16	1,1863	69,57	1186317
1996	1997	694		520,50	124,05	1,32	17	1,0833	73,91	1083325
1997	1998	444,5		333,38	79,45	0,85	18	1,0213	78,26	1021339
1998	1999	674,5		505,88	120,57	1,29	19	0,9931	82,61	993112
1999	2000	691		518,25	123,52	1,32	20	0,9838	86,96	983766
2000	2001	520,7		390,53	93,08	0,99	21	0,9327	91,30	932651
2001	2002	515,8		386,85	92,20	0,98	22	0,8890	95,65	888975
2002	2003	637		477,75	113,86	1,21	23	0,8478	100,00	847778
	Media	643,71		482,78	115,06	1,23				
	Desviación	115,262		86,446	20,603	0,220				

PROBABILIDAD EXCEDENCIA %	VOLUMEN ANUAL M3
75	1067828,592
85	987971,5113
95	895526,4979

Con una probabilidad del 75 % la cuenca puede cosechar 1067828,592 metros cúbicos de agua durante un año, es un dato real de campo que se ha podido medir y aforar el volumen excedentario.

Recomendación, el coeficiente de escorrentía para el valle central de Tarija en sub cuencas y micro cuencas a base de experiencia esta en el orden de **0,20 a 0,30** estos son representativos de toda las presas construidas, garantizando el llenado de volumen de agua durante un año

6.5 CONSTRUCCIÓN DE CORTINA METODOLOGÍA PROBLEMAS Y SOLUCIONES

6.5.1 Limpieza y desbroce

Para ello primero de debe de replantear cuidadosamente la presa, marcar el eje de emplazamiento del cierre de la cortina y el nivel de NAMO (contorno del nivel de espejo de agua a nivel de vertedero).

Dentro de la remarcación de realiza la limpieza total del material orgánico que habitualmente es un espesor promedio de 40 cm, todo el material orgánico extraído no nos sirve como material de construcción para el cierre de la cortina, más bien utilizarla aguas abajo para crear superficie de terreno productivo

En sectores del vaso de almacenamiento existe la presencia de material orgánico clasificado en forma natural, este material se acopia fuera de la presa no muy lejano de tal manera se la pueda reutilizar para la protección del talud aguas abajo para la siembra de pasto el volumen del material orgánico estará en función al área del talud aguas abajo multiplicado por un espesor de 30 cm

Esta actividad de trabajo se las puede realizar paralelas con otras actividades estará en función del Ingeniero responsable de la obra

Conviene recalcar que los suelos con material orgánica son totalmente inadecuados para construir pantallas o muros, especialmente si su contenido es alto o muestran

raíces. Tanto en los préstamos a utilizar en su construcción, como en la fundación de la represa, debe realizarse la limpieza de toda la materia orgánica

6.5.2 Fundación sector de emplazamiento de la cortina



FIGURA6.1 FUNDACIÓN BASAMENTO ROCOSO PRESA LA JARKA “COLÓN NORTE”

Dependiendo del tipo de sección de proyecto ya sea homogénea, heterogénea o zonificada, en el sector de emplazamiento del núcleo, se realiza la extracción del material que no es adecuado para el núcleo, este material que es extraído se la puede utilizar en los espaldones ya sea como material drenante y/o material de apoyo, es conveniente que sea parte de la presa, se optimizan volúmenes y paralelamente se va construyendo el terraplén aguas abajo la excavación se lo hará de tal manera que se llegue hasta el estrato impermeable o basamento rocoso , verificando capacidad portante, grietas, micro grietas en la fundación de emplazamiento

6.5.3 Fundación sector de estribos laterales de la cortina



FIGURA6.2 ESTRIBO LATERAL MARGEN IZQUIERDO PRESA "CHIGUAYPOLLA"



FIGURA6.3 ESTRIBO LATERAL MARGEN DERECHO PRESA ALGARROBAL
"BARRANCAS"



FIGURA 6.4 ESTRIBO LATERAL MARGEN IZQUIERDO PRESA CASA VIEJA “CHIGUAY”

Es aconsejable adentrarse en los laterales mediante excavación aproximadamente de 2 a 3 metros del terreno natural que aflora en la superficie, llamados también dentellones laterales, en los dentellones es imprescindible la colocación de filtro complementario, en nuestro caso se coloca “geotextil” en toda la superficie del estribo lateral, a partir de la fundación hasta el coronamiento, con este mecanismo se evita las filtraciones laterales, es muy importante que los taludes de los estribos tengan una pendiente suave en lo posible y en ningún momento se debe de fundar taludes verticales en los estribos, este tipo de fundación nos acarrea en lo posterior problemas como filtraciones laterales por la separación “costura lateral” con el terreno natural y material compactado, se produce línea de falla, además presenta agrietamientos del material compactado “terraplén” muy cerca de los estribos

Excavación máx → 2 a 3 mt. de profundidad

Altura de exc. → desde cota coronamiento a cota fundación

Ancho mín → 3 mt. (acncho de Vibro compactador)

Pte talud estribo → 1v: > 0,5 hz

6.5.4 Problemas frecuentes de fundación

a) Presencia de agua

En los estratos profundos, éstos aparecen cuando se las excavan mayor a 3 mt. de profundidad, se presenta un estrato impermeable a continuación permeable y así sucesivamente de espesores variables de 40 a 70 cm. o más, se lo realiza la excavación hasta conseguir el basamento consolidado impermeable y de buena resistencia preferiblemente mayores a 1 kg/cm². , la presencia excesiva de agua hace que sea dificultoso la excavación de dentellones, estas venas de agua siempre se encuentran sectorizados y no así en todo la base de la fundación, en función al caudal que sale se debe de implementar numero de bombas para su agotamiento permanente, todo el material que es saturado no se debe de colocar como parte de la presa

La diferencia de construir la fundación en un atajado y una presa mediana o grande el factor de complejidad es mucho mayor en aquellas presas pequeñas que realizar una presa mediana o grande

La fundación de la presas pequeñas el equipo pesado y liviano no se puede movilizar con facilidad, ésto significa tiempo en cuanto a la ejecución en comparación a fundaciones de presas medianas a grandes se las puede realizar con mucha facilidad porque hay libertad de movilizar el equipo para su extracción.

Presencia de agua subterránea en el dentellón	→ Localizar aguas arriba evitando el paso de agua
Material de fundación	→ Resistencia mayor a 1 kg/cm ²
Material saturado	→ Extraer en su totalidad

b) Suelos impermeables inestables

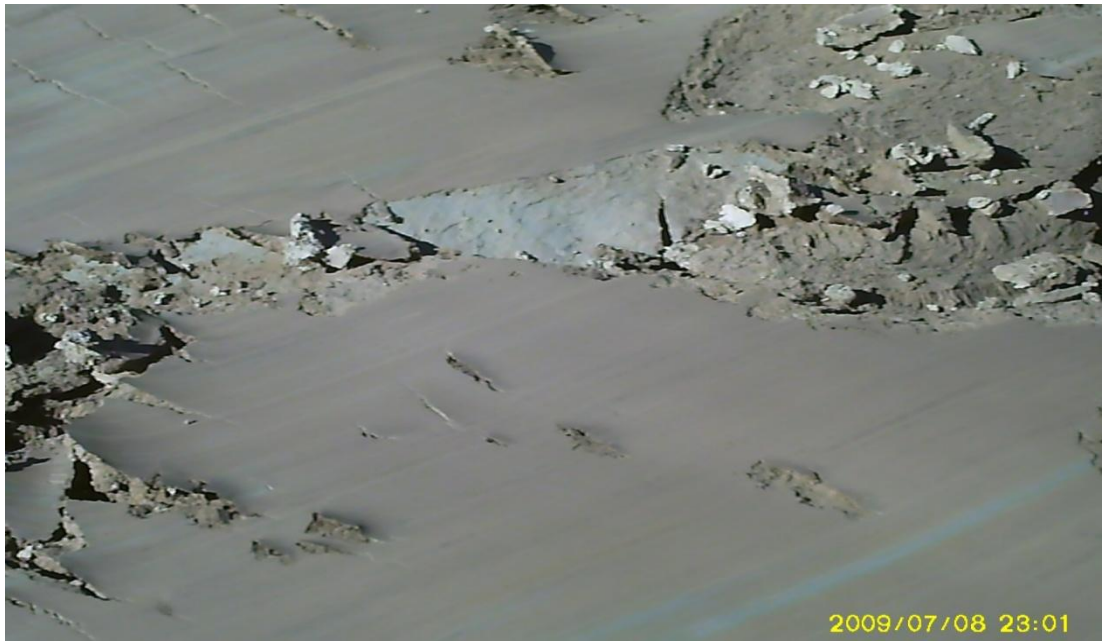


FIGURA6.5 FUNDACIÓN MATERIAL SATURADO ALTAMENTE PLÁSTICO PRESA EL
MOLLAR “BARRANCAS “



FIGURA6.6 MATERIAL TOTALMENTE SECO ALTAMENTE PLÁSTICO PRESA LA TIPA
”YESERA”

En algunas se presentan ya sea en forma parcial o forma total en la fundación este tipo de suelos se las tienen que extraer acopiando preferiblemente en el vaso de

almacenamiento para luego ser mezclado con un material adecuado para que sea apto para el cierre de la cortina, se optimiza de aprovechar lo máximo todo el material dentro del vaso de almacenamiento, previamente se ensayos de capacidad portante que esta fluctuando menores a $0,6 \text{ kg/cm}^2$ y su límite líquido mayor a 80

Rechazar materiales fundacion \rightarrow Resistencias $< 0,6 \text{ kg/cm}^2$

Rechazar materiales fundacion \rightarrow Limite liquidos mayores a 80

c) Excavaciones profundas no se encuentran mantos impermeables

Ninguna fundación es uniforme horizontalmente en ciertos sectores existes depresiones demasiadas profundos muchas veces depósitos de materiales coluviales y aluviales canto rodado se puede visualizar las permeabilidades son demasiadas excesivas, cuando se presenta este tipo casos inmediatamente tomar acciones si se procede o se abandona, en este caso encarece el costo de ejecución

Un estudio a diseño final en presas (gabinete), este estudio materializado en campo en el caso especifico de presas de tierra en el sector de emplazamiento no se la cumple a cabalidad como ha sido diseñado existe mucha variación especialmente en las fundaciones, ocasionalmente se presento un estrato impermeable cuando se excavo 3 metros, se encontró un buen material estable impermeable, en este nivel con una excavadora se realiza una calicata que tenga una pluma de 4 mt. para visualizar adentrándose y verificar como se encuentran los estratos , se puede evidenciar que el estrato impermeable estable solamente era de 60cm. por debajo de ella existe material muy permeable lecho aluvial en este caso no es factible realizar dicha construcción por lo menos so se han encontrado de permeabilidades del orden $1e-4 \text{ cm/s}$

Manto impermeable profundo \rightarrow Conviene adentranse ancho del dentellón

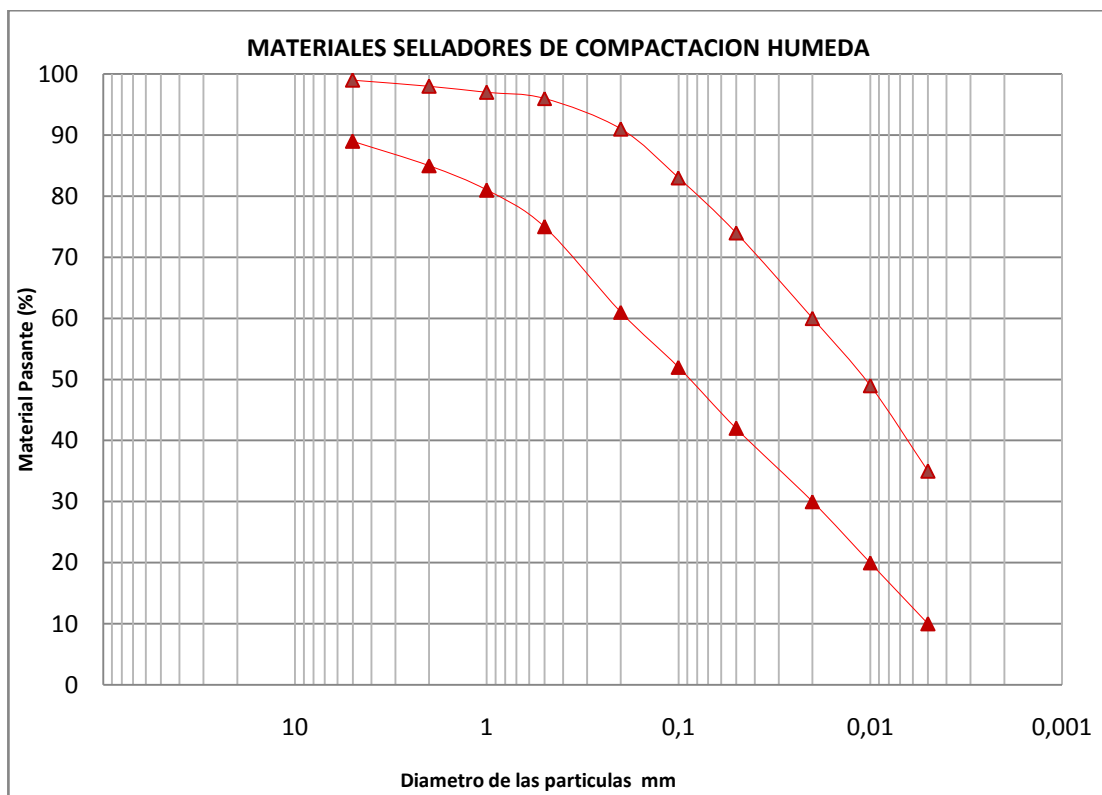
6.5.5 Control y preparación de materiales para terraplenado

6.5.5.1 Controles de calidad de materiales mediante curvas granulométricas

Dentro de presas térreas los materiales deberán establecerse dentro de los límites la cual de indica de la figura granulométrica

Materiales para núcleos

Gráfico 6.1 Propiedades De Materiales Para Núcleos Mediante Especificaciones



Fuente: Dirección de desarrollo, Manual de suelo primera edición

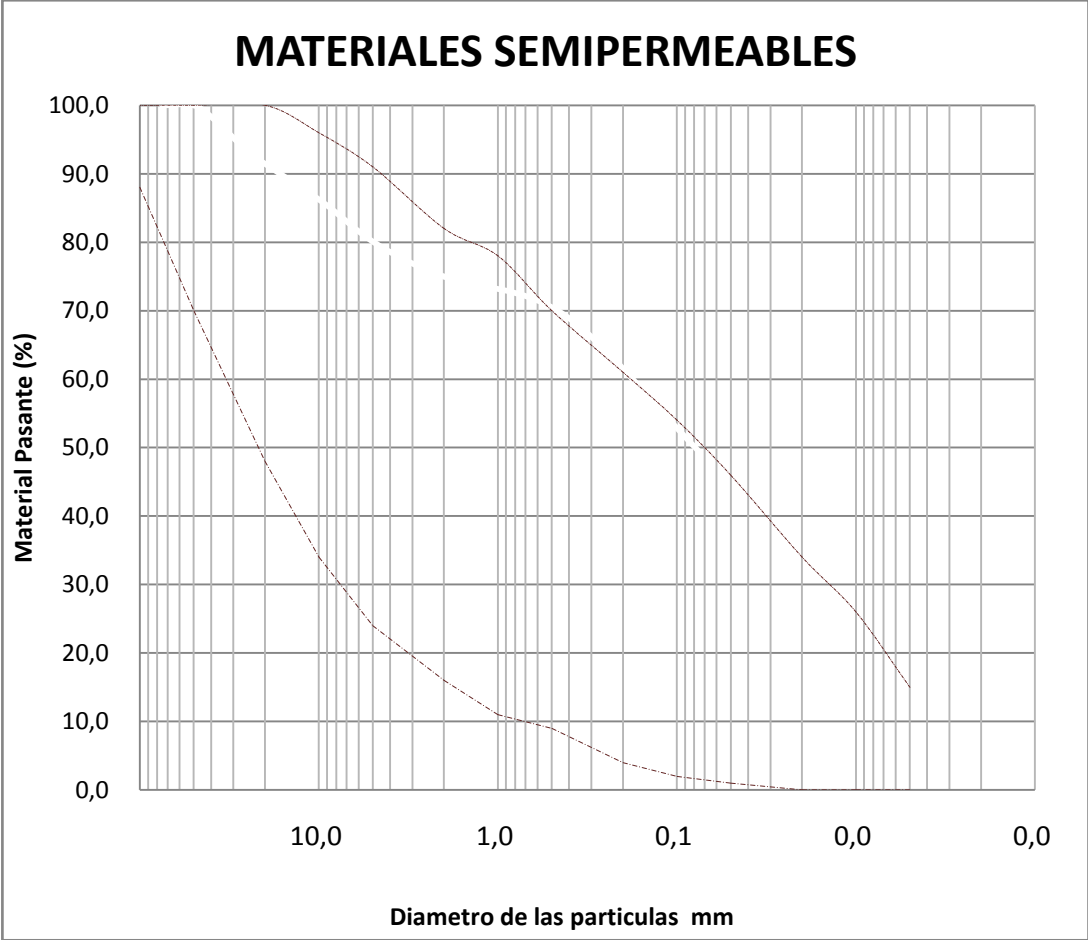
Cuadro 6.5 Propiedades De Materiales Típicas De Compactación Húmeda

PORCENTAJE QUE PASA										LL	LP	IP	CLASIFICACION DE SUELO	DENSIDAD MAXIMA (Kg/m3):	HUMEDAD OPTIMA (%):	ESPECIFICACION CURVA
3" 75mm	2" 50mm	1,5" 37,5mm	1" 25mm	3/4" 19mm	3/8" 9,5mm	N° 4 4,75 mm	N°10 2mm	N°40 0,425mm	N° 200 0,075mm							
100,0	100,0	100,0	98,9	98,2	97,3	96,3	92,8	83,3	56,3	28,2	14,5	13,7	A - 6 (6)	1881,0	13,3	MAT SELLADORES DE COMPACTACION HUMEDA
100,0	100,0	100,0	98,6	97,2	93,0	90,7	86,3	79,2	55,1	35,2	19,5	15,8	A - 6 (6)	1709,6	18,6	MAT SELLADORES DE COMPACTACION HUMEDA
100,0	100,0	100,0	100,0	99,8	99,3	98,3	97,2	88,5	66,3	29,8	15,6	14,2	A - 6 (8)	1817,8	13,6	MAT SELLADORES DE COMPACTACION HUMEDA
100,0	100,0	98,5	100,0	96,5	93,4	89,5	80,8	68,4	61,6	31,4	14,8	16,5	A - 6 (8)	2006,4	14,0	MAT SELLADORES DE COMPACTACION HUMEDA
100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	99,4	90,8	70,9	31,2	16,1	15,1	A - 6 (9)	1740,7	16,6	MAT SELLADORES DE COMPACTACION HUMEDA
100,0	100,0	100,0	98,4	97,4	95,4	92,1	87,9	80,7	60,4	35,7	20,3	15,3	A - 6 (7)	1683,9	18,7	MAT SELLADORES DE COMPACTACION HUMEDA
100,0	100,0	100,0	99,3	97,9	94,3	90,6	86,3	78,0	60,3	37,0	21,4	15,6	A - 6 (7)	1649,4	21,0	MAT SELLADORES DE COMPACTACION HUMEDA
100,0	100,0	100,0	97,1	95,8	93,1	91,1	87,8	77,5	50,7	31,5	17,0	14,4	A - 6 (5)	1751,3	15,3	MAT SELLADORES DE COMPACTACION HUMEDA
100,0	100,0	100,0	98,7	97,9	96,5	94,8	92,6	87,8	57,0	29,4	12,6	16,8	A - 6 (7)	1821,9	15,9	MAT SELLADORES DE COMPACTACION HUMEDA
100,0	100,0	100,0	98,7	96,6	95,2	93,7	91,5	87,8	63,1	30,5	18,0	12,6	A - 6 (7)	1753,6	16,7	MAT SELLADORES DE COMPACTACION HUMEDA
100,0	100,0	100,0	98,5	97,6	96,3	93,2	87,2	79,2	64,0	35,8	18,7	17,1	A - 6 (9)	1835,3	14,0	MAT SELLADORES DE COMPACTACION HUMEDA
100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,4	98,1	94,9	86,6	58,7	30,1	19,3	10,8	A - 6 (5)	1836,0	14,5	MAT SELLADORES DE COMPACTACION HUMEDA
100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	96,9	92,6	88,7	81,1	75,8	43,6	25,1	18,5	A - 7 - 6 (12)	1838,3	11,2	MAT SELLADORES DE COMPACTACION HUMEDA
100,0	100,0	100,0	100,0	99,1	98,8	98,5	96,9	94,4	79,4	41,9	24,6	17,3	A - 7 - 6 (11)	1584,6	22,1	MAT SELLADORES DE COMPACTACION HUMEDA
100,0	100,0	100,0	98,5	98,3	96,1	93,6	91,5	87,2	74,7	47,2	28,1	19,1	A - 7 - 6 (13)	1566,4	23,4	MAT SELLADORES DE COMPACTACION HUMEDA

La curva granulométrica representativa para suelos finos, se debe de establecer dentro de los límites según como se muestra en la gráfico 6.1 y el cuadro 6.5 , los suelos que se encuentren dentro de los límites en nuestro valle central de Tarija representa a los suelo arcillosos de baja plasticidad (CL)- (A-6) que son muy buenos para la construcción de núcleos (materiales impermeables)

Materiales para espaldones aguas arriba y aguas abajo

Gráfico 6.2 Propiedades De Materiales Para Espaldones Mediante Especificaciones



Fuente: Dirección de desarrollo, Manual de suelo primera edición

Cuadro 6.6 Propiedades De Materiales Típicas Semipermeables

PORCENTAJE QUE PASA										LL	LP	IP	CLASIFICACION DE SUELO	DENSIDAD MAXIMA (Kg/m3):	HUMEDAD OPTIMA (%):	ESPECIFICACION CURVA
3" 75mm	2" 50mm	1,5" 37,5mm	1" 25mm	3/4" 19mm	3/8" 9,5mm	N° 4 4,75 mm	N°10 2mm	N°40 0,425mm	N° 200 0,075mm							
100,0	93,5	89,6	86,2	80,6	64,4	50,1	36,7	19,0	14,7	27,1	20,5	6,5	A - 2 - 4 (0)	1943,0	11,3	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	100,0	95,8	91,5	83,9	74,7	65,6	54,1	36,2	30,2	26,9	17,3	9,6	A - 2 - 4 (0)	1893,0	13,1	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	100,0	100,0	93,1	85,9	73,4	61,3	48,3	31,1	25,1	31,5	22,5	9,0	A - 2 - 4 (0)	1954,1	10,9	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	94,3	89,2	81,2	77,3	68,5	60,3	50,5	38,2	32,2	28,0	18,0	10,1	A - 2 - 4 (0)	1881,1	12,8	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	94,5	90,3	87,8	83,5	72,4	60,8	48,8	31,9	25,7	31,6	23,9	7,7	A - 2 - 4 (0)	1920,6	14,3	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	100,0	94,8	91,3	88,0	81,6	74,2	71,5	60,9	31,0	20,2	15,1	5,1	A - 2 - 4 (0)	1970,6	10,7	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	95,7	85,5	77,8	72,0	62,3	55,9	50,8	37,3	19,1	23,4	16,2	7,2	A - 2 - 4 (0)	1818,1	15,7	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	100,0	94,2	88,1	84,4	77,8	71,8	66,8	51,7	28,8	28,4	15,2	13,2	A - 2 - 6 (0)	1907,4	13,0	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	87,4	85,5	81,8	76,4	69,2	62,6	58,3	43,9	21,1	27,6	15,9	11,7	A - 2 - 6 (0)	1939,9	12,8	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	100,0	100,0	98,4	96,1	91,4	85,8	80,5	65,1	37,3	23,6	15,9	7,6	A - 4 (0)	1934,3	12,4	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	90,7	81,3	79,9	77,6	75,5	73,3	72,0	62,7	39,7	26,5	16,8	9,7	A - 4 (1)	1881,7	14,6	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	100,0	91,7	89,6	86,9	83,4	78,6	71,2	57,7	38,7	31,9	21,8	10,1	A - 4 (1)	1746,8	18,8	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	100,0	100,0	97,8	92,2	84,9	74,3	63,2	48,3	40,7	29,3	20,2	9,0	A - 4 (1)	1891,4	13,9	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	100,0	97,7	95,8	93,7	88,6	80,1	66,1	48,1	39,5	27,0	17,2	9,8	A - 4 (1)	2006,9	11,2	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	100,0	100,0	98,9	96,1	89,6	81,4	68,5	53,0	45,8	29,8	21,5	8,3	A - 4 (2)	1808,8	16,1	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	100,0	100,0	99,3	97,8	91,3	82,5	70,9	54,4	46,9	31,8	21,9	9,9	A - 4 (2)	2273,1	12,2	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	100,0	97,6	89,4	88,0	85,5	80,4	70,0	54,8	45,8	28,9	18,5	10,3	A - 4 (2)	1813,8	15,7	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	100,0	100,0	96,3	94,1	86,6	80,1	73,2	61,9	42,8	31,3	20,8	10,4	A - 4 (2)	1835,0	15,0	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	100,0	100,0	98,7	96,2	91,3	85,1	76,7	64,3	42,7	30,5	20,6	9,9	A - 4 (2)	1777,8	16,2	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	100,0	94,0	89,4	88,0	85,0	81,7	78,5	66,6	42,9	27,4	17,0	10,5	A - 4 (2)	1773,2	15,6	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	100,0	100,0	97,1	94,2	87,9	80,2	70,6	54,7	45,3	30,1	21,5	8,6	A - 4 (2)	1856,7	13,6	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	100,0	94,9	89,8	87,7	83,4	77,6	68,4	55,7	47,9	29,7	21,4	8,3	A - 4 (3)	1817,2	14,9	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	91,3	88,8	88,8	86,9	83,4	77,9	69,2	57,6	50,8	29,6	20,2	9,4	A - 4 (3)	1785,1	16,2	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	100,0	100,0	99,1	98,6	93,4	86,7	76,5	61,4	52,8	29,2	22,4	6,8	A - 4 (4)	1869,9	14,4	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	100,0	96,9	92,3	90,3	86,7	81,5	74,3	62,6	55,4	29,2	21,7	7,6	A - 4 (4)	1749,8	17,1	MATERIALES SEMI PERMEABLES
100,0	100,0	100,0	97,9	96,0	89,3	82,1	74,3	64,2	57,8	32,2	22,0	10,2	A - 4 (5)	1785,0	16,7	MATERIALES SEMI PERMEABLES

La curva granulométrica representativa para suelos semipermeables de suelos finos, se debe de establecer dentro de los límites según como se muestra en el gráfico 6.2 y en el cuadro 6.6, los suelos que se encuentren dentro de los límites en nuestro valle central de Tarija representa a los suelo de grava y arena con limo y arcilla (A-2,) que son muy buenos para la construcción de espaldones

Recomendaciones, en las distintas sub Cuencas dentro del Valle Central de Tarija los materiales térreos que predominan para núcleos espaldones

Materiales granulares A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7

Materiales limo arcillosos A-4, A-5, A-6, A-7

Para la construcción de presas es recomendable utilizar materiales de estén dentro de los límites mostrados en los grafico 6.1, grafico 6.2.

Presas heterogéneas

Materiales que se utilizan para núcleos son las arcillas de baja plasticidad.

Suelos A-6

Materiales que se utilizan para los espaldones, materiales semipermeables o impermeables

Suelos A-2

En caso de no estar dentro de los límites de las curvas granulométrías realizar lo más conveniente mezclas de suelos, para conseguir lo buscado

Presas homogéneas

Resulta un excelente material la mezcla de todo en uno de los materiales granulares con los materiales limo arcillosos, en resultado dicha mezcla no debe ser un A-4, A-5 porque este tipo de suelos son limo Arcillosos, algunos con poca plasticidad y otras sin ninguna plasticidad

6.5.5.2 Controles de calidad, plasticidad, peso unitario, humedad optima

Cuadro 6.7 Propiedades De Materiales Densidad, humedad, plasticidad

CLASIFICACIÓN DE SUELO	DENSIDAD MÁXIMA	HUMEDAD OPTIMA	LÍMITE LÍQUIDO		ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
			MIN	MAX	MIN	MAX
	(Kg/m ³):	(%)	MIN	MAX	MIN	MAX
A - 1	1942,5	11,4	-	-	-	-
A - 2	1897,2	13,0	15,3	37,0	8,0	17,0
A - 4	1847,2	14,6	18,8	37,7	8,0	10,0
A - 6	1791,3	16,5	27,3	39,8	10,0	17,2
A - 7	1638,4	22,3	41,9	47,0	17,0	30,0

Fuente: elaboración propia a base de datos reales de campo

Los datos propuestos son a base de una gama de ensayo en las cuatro sub cuencas del Valle Central de Tarija, de presas construidas y clasificadas según se muestra el cuadro 6.7, suelos con índices de plasticidad menores a 8 se ha utilizado como material drenante o apoyo en el pie del talud aguas abajo, caso contrario realizar mezcla de materiales para conseguir índices de plasticidad mayores a 8

Recomendación, para la utilizar una material para presas núcleos y espaldones necesariamente conseguir mediante ensayos o mezclas un Índice de plasticidad mayores a 8, de acuerdo a experiencia de presas construidas materiales con IP >8 no presentas problemas de permeabilidad

6.5.5.3 Mezcla de materiales

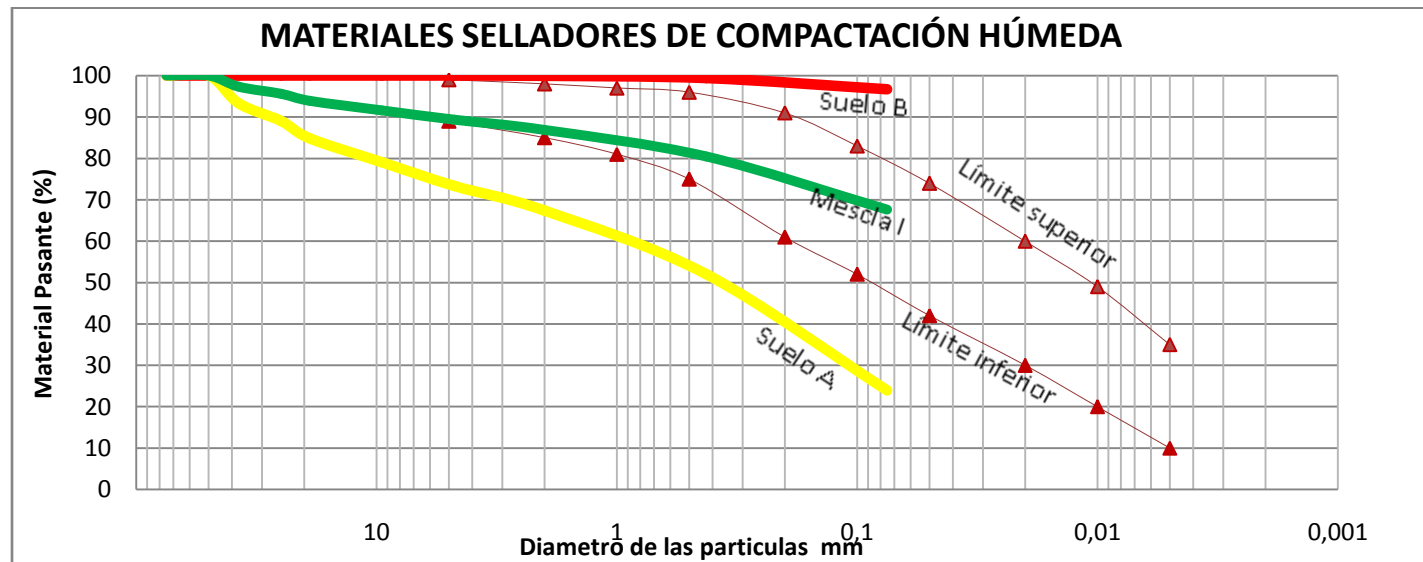
Para determinar los porcentajes de materiales, en función a la necesidad, se lo realiza mediante especificaciones de curvas granulométricas.

Procederemos como puede mezclarse dos materiales, para obtener un tercer material que se aproxime a curvas limites especificadas

Cuadro 6.8 Porcentajes De Mezcla De Materiales

TAMIZ	3"	2"	1,5"	1"	3/4"	3/8"	Nº 4	Nº10	Nº40	Nº 200	LL	LP	IP	CLASIFICACION DE SUELO	DENSIDAD MAXIMA (Kg/m3):	HUMEDAD OPTIMA (%):
	75mm	50mm	37,5mm	25mm	19mm	9,5mm	4,75mm	2mm	0,425mm	0,075mm						
SUELO A	100,0	100,0	93,3	89,1	84,8	79,1	73,4	67,4	52,0	23,9	37,0	0,0	0,0	A - 2 - 4 (0)	1937,6	11,4
SUELO B	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,9	99,4	96,7	43,3	24,8	18,4	A - 7 - 6 (12)	1533,1	22,6
MESCLA I	0,4 X A	40,0	40,0	37,3	35,6	33,9	31,6	29,4	26,9	20,8	9,6	14,8	0,0		775,0	4,6
	0,6 X B	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	59,9	59,6	58,0	26,0	14,9		919,9	13,6
	SUMA	100,0	100,0	97,3	95,6	93,9	91,6	89,4	86,9	80,4	67,6	40,8	14,9		1694,9	18,1

Gráfico 6.3 Porcentaje De Mezcla De Dos Materiales



Fuente: elaboración propia, la mezcla a quedado encuadrado dentro de los limites especificados que corresponde a la norma ASTM

6.5.6 Metodología preparación de material



FIGURA6.7 PREPARACIÓN DE MATERIAL PRESA: LA TIPA “YESERA CENTRO “



FIGURA6.8 PREPARACIÓN DE MATERIAL PRESA COLPANA “YESERA CENTRO”



FIGURA6.9 PREPARACIÓN DE MATERIAL PRESA ALGARROBAL “BARRANCAS “

Es muy importante conseguir la uniformidad del material apto, esto se consigue realizando el mesclado (batido) varias veces con un tractor a orugas hasta conseguir su humedad optima la experiencia hace que más o menos se la calcule su humedad optima, luego verificando su humedad con instrumentación ya sea en situ (Speedy) o en laboratorio (procedimientos tradicionales) dependiendo del tiempo se prepara el material

Tiempo de verano un calor excesivo se aumenta un 3% por encima de la humedad optima, nos favorece en cuanto al carguío, traslado, conformado, existe evidentemente una pérdida de humedad cuando se la compacta se llega a la humedad optima

Tiempo de invierno no presenta pérdida de humedad, si presenta materiales naturales de excesiva humedad, en este caso el material tiene necesariamente airearse, mediante el escarificado hasta conseguir su humedad óptima, paralelamente realizar otras actividades que favorezcan

Recomendaciones

El mejor material apto será aquel material que tenga una uniformidad u una única textura y mucho mejor será cuando el material se la macere por más tiempo,

6.5.7 Conformación y Compactación del terraplén



FIGURA6.10 CONFORMACIÓN DE TERRAPLÉN PRESA LA MINA “YESERA CENTRO”



FIGURA6.11 PARALELO CONFORMADO Y COMPACTADO PRESA CASA VIEJA
“CHIGUAYPOLLA ”



FIGURA6.12 CONFORMADO DE TERRAPLÉN PRESA TRINCHERA “CABILDO”



FIGURA6.13 CONFORMACIÓN PRESA CASA VIEJA “CHIGUAYPOLLA “



FIGURA6.14 COMPACTACIÓN TERRAPLÉN PRESA ULUPICAS “YESERA CENTRO “



Compactación sectores inaccesibles con Saltarín



FIGURA6.15 HUMEDECIMIENTO DE AGUA EN EL TERRAPLÉN

Antes de realizar la compactación se la debe realizar el conformado con tractor a oruga o moto niveladora si en caso se cuenta en obra, la tongada no más de 30 cm de espesor

Realizándose a la vez la compactación mediante Vibro compactador o Pata de cabra se utilizara el equipo dependiendo del material a ser compactado, el tránsito ordenado de la maquinaria es fundamental para cubrir el 100 % del área de la plataforma haciendo circular la maquinaria ordenadamente por distintos lugares para obtener su correcta compactación, el espesor de la tongada estará en función al peso de tambor del compactador, con un vibro compactador de 10 tn. peso, 6 pasadas dobles sobre un mismo carril se consigue una densidad máxima al 95% de espesores de 25 a 30 cm materiales arcillosos

Para lograr una buena compactación, el material debe mostrar una adecuada humedad, pues si está muy seco o mojado no se logra compactarlo. Si el suelo no tiene la humedad necesaria, debe regárselo después de depositar cada capa o humedecerlo en el mismo préstamo, ya que es un parámetro importante para asegurar una buena compactación. Una forma de comprobarlo es tomar suelo en la mano y apretarlo: estará a punto si se moldea sin resultar pegajoso ni desmoronarse.

La densidad de campo debe de controlarse en cada capa o tongada de tal manera verificar su grado de compactación que este superior al 95 %, tomar varios puntos de verificación, será mejor su verificación mientras más puntos se tome como prueba

6.5.8 Remoción de sobre tamaños

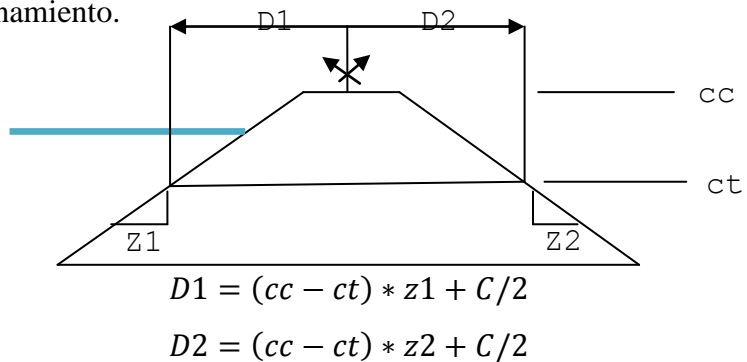


FIGURA6.16 REMOCIÓN SOBRE TAMAÑOS DEL TERRAPLÉN

En preparación de material en los bancos de préstamo no siempre existe material fino apto el 100% si no mas con la presencia de materiales angulares “canto rodado”, que es dificultoso poder separarlas en proceso de preparación y carguío del material, más bien nos facilita en el proceso de conformación del terraplén que estos presentan de diferentes diámetros muchas veces sobrepasan el espesor de la tongada que son de 25 cm, por lo mínimo por motivos de conformación y compactación se las separa mayores a 20 cm, con tractor de orugas que tiene unos 10 uñetas en la parte delantera de la hoja de empuje, o con el mismo tractor realizar la escarificación, removiendo el sobre tamaño, tamaño máximo de piedras para terraplén de diámetro de 0.2 mt. Mayores a 0,20 serán removidos que no serán parte de la sección definida de la presa, o no serán introducidos en la sección donde corresponda.

6.5.9 Control topográfico del terraplén

Con nivel topográfico y mira, debe controlarse la altura del terraplén en cada capa o tongada, esto nos ayuda a proyectar los taludes aguas arriba y aguas abajo para llegar al final al coronamiento y a los taludes del diseño, especialmente cuando se esté finalizando el trabajo, para asegurar que la altura alcanzada sea la del proyecto e igual en todo su coronamiento.



Donde:

cc = Cota de coronamiento

ct = Cota de terraplén

C = Ancho de coronamiento

6.5.10 Trabajos dentro del vaso de almacenamiento



FIGURA6.17 TRABAJOS DENTRO DEL VASO DE ALMACENAMIENTO



FIGURA6.18 TRABAJOS DENTRO DEL VASO DE ALMACENAMIENTO

Es muy importante recalcar la ampliación del vaso de almacenamiento, se conseguirá la extracción de todo aquel material que se encuentre dentro de la remarcación a nivel de vertedero (espejo de agua), hasta el piso de fundación, es conveniente aprovechar lo máximo el material disponible dentro del vaso para el cierre de la cortina, una ventaja muy interesante es cuando los bancos de materiales dentro del vaso se las extrae paulatinamente se incrementa el volumen de agua y no sucede así cuando se extrae material fuera del vaso de almacenamiento, a no ser por motivos necesarios que lo ameriten volúmenes muy pequeños

Recomendación, Ampliar el vaso de almacenamiento mediante la extracción del material del nivel de cota de vertedero hacia la fundación

No es recomendable extraer material arriba del nivel de cota de vertedero, a menos que no se tenga material dentro del vaso de almacenamiento

Dentro el contorno del vaso de almacenamiento realizar el peinado de talud en zonas de taludes verticales, semi verticales, de tal manera que no exista ningún deslizamiento cuando la presa este lleno.

6.5.11 Soluciones de fisuras agrietamientos transversales

Presas que presentas agrietamientos debido a muchos factores, pueden ser que las fundaciones sean inestables, los estribos laterales de mucha pendiente, también ocasiona el llenado rápido, cuando se presenta fisuras se las tienes que monitorear la profundidad de la grieta, como también el ancho de la grieta dependiendo de la abertura y la profundidad tomar acciones de agotamiento mediante sifones u otros medios que se dispongan o subsanar dicha grieta

Presas La Palca Pajchani,

Profundidad de grieta transversal = 7 mt

Ancho de grieta = 5 cm

N^a de grietas transversales a lo largo del coronamiento = variable

En el primer llenado se produjo aproximada hasta la mitad de la altura de la presa produciendo dichos agrietamientos y subsanándolos dichas grietas mediante la inyección de suelo cemento de proporciones 1 a 1 en volumen, se lo prepara el suelo cernido totalmente fino , luego se la mezcla en una hormigonera el suelo y el cemento en un estado semilíquido, y luego es inyectado en la grieta, se la introduce de tal manera el liquido suelo cemento aparece en los extremos de los taludes , y así sucesivamente hasta cubrir el 100% de la grieta, estado actual de la presa funcionando

Recomendaciones, Para evitar agrietamiento posteriores tener en cuenta los siguientes aspectos constructivos

En la fundación realizar la limpieza hasta un estrato consolidado para evitar asentamientos

En los estribos laterales fundar sobre taludes suaves ojala 1 vertical, mayores a 0,5 horizontal

Nunca emplazar en estivos laterales de pendientes pronunciadas o verticales, este tipo de taludes trae consecuencias de agrietamientos transversales y además de crear una línea de falla entre el talud vertical natural del estribo y el terraplenado, no existe una buena adherencia entre el natural y del terraplén a compactar, produciendo filtraciones en los estribos

6.5.12 Soluciones de filtraciones talud aguas abajo

Las filtraciones a través del cuerpo de la presa en el caso de presas de materiales sueltos, estas filtraciones se derivan de la mala calidad de los materiales utilizados para la construcción de elementos impermeables de las presas, o una deficiente compactación de los mismos

En el primer llenado presenta humedecimientos de una película fina de agua en toda la superficie del talud aguas abajo, este tipo de filtraciones se presenta generalmente en presas homogéneas, para mitigar se las conduce mediante drenes que confluyen en un solo lugar en el pie del talud , los drenes pueden ser constituidos mediante tuberías perforadas de PVC protegidas por geotextil, y es enterrada en toda la superficie del talud aguas abajo a una separación de acuerdo al caudal, como el caudal no es tan considerable otro método de mitigar es el sembrado de tepes en toda la superficie

Es muy importante realizar el monitoreo especialmente en los primeros 3 meses hasta un año que es un proceso de consolidación de la presa

6.5.13 Construcción de obras de protección

6.5.13.1 Construcción de protección de talud aguas arriba



FIGURA6.19 PROTECCIÓN DE TALUD RIP RAP PRESA CASA VIEJA "CHIGUAYPOLLA"



FIGURA6.20 PROTECCIÓN TALUD PEDRAPLEN PRESA CASA VIEJA "CHIGUAYPOL"



FIGURA6.21 PROTECCIÓN TALUD RIP RAP ROCA TRITURADA “GEOTEXTIL”

- Es el material más comúnmente especificado para la protección del talud aguas arriba de la presa.
- Debe colocarse una mezcla de diferentes tamaños
- Debe evitarse la segregación del material.
- Debe evitarse la colocación al volteo desde la cabeza del talud.
- El RIP-RAP debe mantenerse en los 5 metros superiores del talud.
- La relación de vacíos debe ser baja (Menor del 35%)
- Debe colocarse una capa de filtro debajo del RIP-RAP



FIGURA6.22 PROTECCIÓN DE TALUD ENROCADO PRESA HONDURA “PAJCHANI”



FIGURA6.23 PROTECCIÓN DE TALUD ENROCADO PRESA HONDURA “PAJCHANI”



FIGURA6.24 PROTECCIÓN DE TALUD ENROCADO PRESA LA TIPA “YESERA CENTRO”

- El enrocado debe de colocarse sobre un filtro.
- El espesor mínimo de 30 cm.
- Las rocas deben de ser angulares duras de peso individual entre 10 kg. a 120 kg .
- El enrocado es acomodado a mano dejando espacios entre las rocas para facilitar el drenaje al bajar el nivel de agua al bajar el nivel de agua en el embalse.

6.5.13.2 Construcción de de protección de talud guas abajo



FIGURA6.25 PROTECCIÓN DE TALUD CORDONES DE PIEDRA PRESA LA HONDURA



FIGURA6.26 PROTECCIÓN DE TALUD SEMBRADO DE PASTO PRESA LA HONDURA



FIGURA6.27 PROTECCIÓN DE TALUD PRESA PEÑA COLORADA “YESERA NORTE“



FIGURA6.28 PROTECCIÓN DE TALUD AGUAS ABAJO

6.5.14 Obras complementarias

6.5.14.1 Zanjas de infiltración y diques de gaviones



FIGURA6.29 DIQUES DE GAVIONES Y ZANJAS DE INFILTRACIÓN

Este tipo de obras viene a precautelar la vida útil de los embalses, y a evitar directamente a la colmatación del vaso de almacenamiento, aportando la mantención de la vida útil de la presa, este tipo de obras se las denomina manejo de cuenca, que es recomendable construir en todas las presas ya sea de materiales sueltos o presas de hormigón.

Zanjas de Infiltración, se las debe de construir en sectores de la cuenca de aporte donde exista cierta degradación de suelos o erosión y en el contorno de vaso de almacenamiento aguas arriba , este tipo de obras vienen directamente a evitar el arrate

de sedimentos hacia los cursos secundarios y primarios y posteriormente al vaso de almacenamiento

Diques transversales (gaviones), se las construye en el cauce principal y secundario aguas arriba desde la naciente de la cuenca hasta el nivel de espejo de agua embalsada donde será emplazada la presa, de acuerdo al régimen de corriente, pendiente del cauce de la quebrada, estará distribuida en toda la longitud de la quebrada principal, estas obras hidráulicas tienen el objetivo de controlar el régimen de la corriente y atrapar los sedimentos arrastrados de la cuenca

6.5.15 Mantenimiento control y monitoreo

Primer llenado

Durante el llenado inicial y el primer año de operación, es necesario hacer visitas periódicas para observar posibles filtraciones, a través del cuerpo de la presa y la cimentación, así como realizar mediciones de asentamiento y desplazamiento. Si las fugas de agua son importantes, deben encausarse y aforarlas, llevando un registro de caudales, color del agua y arrastre de finos. Si la obra no muestra un funcionamiento imprevisto después del llenado inicial y durante el primer año de vida deben realizarse por lo menos dos visitas al año: una, al terminar el período de sequía o cuando el vaso está vacío y la otra a embalse lleno y, si es posible cuando se derrame el vertedor. En la visitas se efectuarán inspecciones la corona y los taludes para localizar grietas, movimientos de la protección de aguas arriba y erosiones a pie de vertedor.

Es muy importante realizar visitas en época de riadas, donde mayores problemas y deficiencias se pueden percatar durante el primer año, y a través del los años es el proceso de consolidación y la presa de tierra se vuelve un terreno natural.

Durante el monitoreo lo más frecuente que se evidencia en presas de tierra en el primer llenado y/o primer año son.

Monitoreo

Asentamientos en los coronamientos (longitudinales) del orden de 20 a 50 cm

Control y mantenimiento

El proceso de consolidación y acomodamiento del material en caso de presentar en el coronamiento, se la vuelve a reponer a nivel de cota de coronamiento con un material adecuado y proteger el coronamiento

Monitoreo

El final de los vertederos que no llegan al lecho natural de la quebrada siempre presenta problemas, socavación y destrucción del vertedero, cambios de dirección de salida provocando erosiones, socavaciones en el cuerpo de la presa.

Control y mantenimiento

Lo más adecuado la terminación de salida del vertedero realizar la fundación hasta el lecho de quebrada, la salida proteger con colchonetas y los muros con gaviones especialmente al lado del cuerpo de la presa

Monitoreo

Vertederos fundados en el cuerpo de la presa, este tipo de obras que están fundadas en terrenos artificiales Compactados presentan problemas de fisuras, asentamientos, en casos el colapso de sectores del vertedero

Control y mantenimiento

Generalmente ocurre en épocas de riadas, en caso de presentar algún tipo de erosión provocado por la deficiencia del vertedero, una solución preventiva, llenar de tierra en bolsas de yute y proteger tipo muros para evitar erosión y en casos el colapso, ya que presas de tierra no resisten a la erosión, recomendar siempre es conveniente fundar los vertederos fuera del cuerpo de la presa en un terreno natural, en el mayor de los casos no presentan problemas de importancia.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

En la presente tesis manual técnico de presas de materiales sueltos es dado en función a la necesidad de contar una gama de información sobre su estudio, específicamente elementos técnicos sobre de cómo se la construye las cortinas (construcción, problema y solución) y su respectivo mantenimiento, es muy probable realizar en todo el valle central de Tarija, en las diferentes cuencas, sub cuencas y micro cuencas, donde exista condiciones como ser aporte de la cuenca, que exista vaso del almacenamiento, que el cierre de la cortina sea lo más estrecho posible, y que exista bancos de material en el vaso de almacenamiento y por último el uso del agua, ya que existe materia prima “arcilla” en abundancia, en las cuencas de Santa Ana, Cuenca Guadalquivir, cuenca Camacho, así como en la zona alta de Tarija.

Si bien existe las condiciones para la construcción de la presa, la sección a construir de la cortina dependerá de los banco de préstamo disponible, volúmenes de materiales disponibles, se puede decir en forma general, que en cada cuenca existe la diversidad de materiales como canto rodado, suelo con grava, suelo arenoso y suelo limo arcillosos, dependiendo la disponibilidad de los materiales realizar alternativas de sección ya sean para secciones homogéneas, heterogéneas u zonificadas y seleccionar la mejor alternativa en lo económico y seguro.

En algunas presas en particular presentan las condiciones ideales de vaso, cierre, material disponible y no así de la cuenca de aporte, si se presenta este tipo de condición ver alternativas de cómo captar aguas superficiales de precipitaciones realizando trasvases de cuencas vecinas, donde no encarezca el costo de dicho proyecto.

En los capítulos se habla sobre estudios preliminares tanto el parte de la hidrología,

geotecnia y la parte estructural, así como los conceptos y la aplicación práctica de acuerdo a sus características particulares, es decir, estudios de precipitación, regulación y avenidas máximas, además de contar con elementos en la parte constructiva y decisiones que se deben de tomar cuando se presenta algún problema en obra, todo los conceptos y a gama de criterios nos ayuda a evitar pos construcción, asentamientos, agrietamientos, infiltraciones excesivas, etc.

Se deduce todo lo expuesto anteriormente que una presa es diferente a otra aunque los problemas sean similares, por tanto no existe una receta general que pueda aplicarse en todo los casos, sino mas bien cada caso requiere un planificación específica los estudios a realizar o dar soluciones técnicas como amerite el caso de acuerdo a las características

7.2 RECOMENDACIONES

En la etapa de la construcción percatarse de todo los aspectos técnicos, fundaciones estables, permeabilidad baja, estribos laterales en lo posible pendientes suaves, en el momento de conformación en los estribos para que haya una adherencia adecuada entre dos materiales uno natural y otro compactado, el material compactado debe de ser más húmedo de la òptima, vaso de almacenamiento debe de ser una planicie poca pendiente además debe de contar materiales para la cortina, cuenca será adecuada para suplir la demanda, se es considerado todo los aspectos mencionados se tendrá un éxito ex ante, durante, pos ante de la presa

Dentro de las recomendaciones es muy importante tener los conocimientos básicos acerca de los emplazamientos (fundación), construcción y mantenimiento, el control riguroso dará un éxito.

En la construcción el Ingeniero responsable tiene que percatarse de toda las pruebas

de resistencia en fundaciones, densidades de compactación, permeabilidad, en cada tongada del terraplén, un control de este tipo nos evitará tener problemas de filtración, asentamientos, agrietamientos y deslizamientos a lo largo de su vida útil, cualquier falla no es tan sencillo poder mitigar en presas de materiales sueltos.

Toda presa de materiales sueltos es recomendable la construcción de dentellones en la fundación y en los estribos laterales, así también como la protección de los taludes aguas arriba, aguas abajo y el coronamiento

Una vez construido es necesario realizar monitoreo minucioso sobre el comportamiento pos constructivo en la fase de operación, si en caso de presentar agrietamientos, asentamientos, las presas de materiales sueltos no soportan contra la erosión, que posteriormente pueda presentar su colapso.

En el valle central de Tarija específicamente en las sub cuencas de Santa Ana, Camacho, río Guadalquivir y la zona de Iscayachi, se debería incrementar considerablemente la construcción de presas de materiales sueltos, ya que en estas zonas existe bastante materia prima (Arcilla), que combinado con cualquier otro material será óptimo para la utilización de cualquier cierre de cortina, en la mayor parte del de las cuatro cuencas no existe agua superficial que pueda abastecer a los beneficiarios que son los agricultores, de tiento atrás hasta ahora el productor realiza la siembra de una sola cosecha por año, solamente en época de lluvias.

7.3 BIBLIOGRAFÍA

- Atajados su Diseño y Construcción** Bastiaan Tammes, Eduardo Villegas y Luis Guzmán
Plural Editores
La Paz – Bolivia 2000
(Primera Edición)
- Diseño de Presas de Tierra para Pequeños Almacенamientos** Alvaro Villamizar
Programa Lagos
Bogota 1989
- Proyecto de Pequeñas Presas** Bureau of Reclamación
Editorial Dossat
Madrid 1970
- Tratado de Presas** Eugenio Vallarino Canovas del Castillo
Colecciones Seinor
España 1998
(Cuarta Edición)
- Diques para la Corrección de Cursos Torrenciales y Métodos de Cálculos** Filiberto López cadenas de Llano
Ministerio de Agricultura
Madrid 1965

Proyecto de Obras Hidráulicas

Jesús Villaseñor Contreras

Departamento de Recursos Hidráulicos

Chapingo – México 1978

(Segunda Edición)

**Deformabilidad In Situ de los
Materiales Constitutivos de
Varias Presas de Tierra y
Enrocamiento**

Jesús Alberro Aramburu, Gabriel Macedo

Gomes

Instituto de Ingeniería, UNAM