

XVII SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS

Urugua- i - Uma Barragem em Concreto Rolado

ANAIS Volume I

Brasília, agosto 1987

XVII SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS BRASÍLIA 1987

URUGUA-Í: UMA BARRAGEM EM CONCRETO ROLADO

Eng? GIANCARLO GOTTARDO - Consórcio Construtor

Engº DOMINGO F. PEÑA - Consorcio Construtor

Eng? FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLO - Engenheiro Consultor

XVII SEMINÁRIO NACIONAL DE GRANDES BARRAGENS BRASÍLIA 1987

URUGUA-Í: UMA BARRAGEM EM CONCRETO ROLADO

Eng? GIANCARLO GOTTARDO - Consórcio Construtor

Engº DOMINGO F. PEÑA - Consórcio Construtor

Eng? FRANCISCO RODRIGUES ANDRIOLO
- Engenheiro Consultor

1. OS PROJETOS DE BARRAGENS EM CONCRETO ROLADO COMO ALTERNATIVA VÁLIDA AOS PROJETOS DE APLICAÇÃO CONHECIDA - APRESENTAÇÃO E RESUMO.

1.1. RAZÕES TECNICAS

Em determinadas condições de fundação, quando não devem apresentar possibilidade de recalques totais e/ou diferenciais decerta importância, o projeto de uma barragem em concreto rolado, configura uma alternativa valida de outros projetos, tais como:

- Barragem de materiais soltos com paramento de concreto na face de montante;
- Barragem de material solto, com núcleo impermeavel;
- Barragem de materiais soltos, filtrante;
- Barragem de gravidade, em concreto massa;
- Barragem de concreto armado de distintos tipos; gravidade, aliviado, arco etc.

Como tecnicamente a barragem de concreto rolado engloba certos con ceitos próprios de uma barragem de gravidade em concreto massa(boas condições de fundação, estabilidade por gravidade, uso de materiais de reduzido tamanho), considera-se que basicamente configura uma evolução da barragem de materiais soltos com paramento de concreto à montante.

Com efeito:

- 1.1.1. A estabilidade é dada por uma massa composta por uma mistura de materiais soltos bem graduada com alta proporção de finos, baixo teor de aglomerantes, compactada à máxima densidade possível, reduzida permeabilidade e mínimo de juntas, com capacidade de suportar:
 - Às soliticações resultantes dos distintos estados de carga possíveis inclusive ações sísmicas, se assim estabelecido;
 - As deformações derivadas de possíveis recalques da fundação e da propria massa, assim como das variações do campo térmico no corpo da barragem, como consequência das elevações de temperatura por hidratação, combinadas com os agentes exteriores (clima, água represada).
- 1.1.2. A impermeabilidade é dada por distintas soluções localizadas no paramento de montante;

- 1.1.3. Os métodos construtivos têm as características massivas, das construções de estruturas com base nos materiais soltos, que utilizam técnicas e equipamentos de terraplenos ou de enrocamentos.
- 1.1.4. As juntas transversais se reduzem ao mínimo compatível com os resultados que se obtenham das análises.

1.2. RAZÕES ECONÔMICAS

A barragem em concreto rolado não somente é uma alternativa válida tecnicamente, como também econômica e financeiramente, pois:

- 1.2.1. Segundo as limitações que imponham as condições da localização do projeto, tais como: disponibilidade de materiais adequados (grossos e finos), clima úmido/seco e outros, a alternativa concreto rolado resulta mais econômica em percentuais variados, podendo chegar a ser importante (por exemplo, 25%).
- 1.2.2. O prazo de disponibilidade e uso do aproveitamento da qual parte da barragem pode reduzir-se sensivelmente, o que significa menores cus tos pelos juros do financiamento (por exemplo, 1 ano a menos) ou mais rapida disponibilidade rentavel (por exemplo, 1 ano a mais).
- 1.2.3. Os esforços técnicos, humanos e de equipamento não superam os necessários para qualquer outra alternativa que se projete.

1.3. CONCLUSÕES

É claro e evidente que a alternativa de barragem em concreto rolado deve ser analisada praticamente em todos os casos em que se estude a viabilidade de um aproveitamento de águas superficiais (hidroeletricidade, abastecimento, irrigação etc.).

2. UM EXEMPLO: A BARRAGEM URUGUA-Í NA REPÚBLICA ARGENTINA

(2.1). | DADOS TÉCNICOS

A barragem principal do aproveitamento hidroelétrico do Rio Urugua-í localizado na Provincia de Misiones, no extremo Nordeste da Repúbli ca Argentina, a ser construída em concreto rolado, é um exemplo de alternativa válida, confrontada com uma barragem de materiais soltos com paramento de montante em concreto.

O Rio Urugua-i é o curso interior mais importante da Prov. de Misiones e se encontra no extremo Nordeste nas cercanias das frontei-

ras com Brasil e Paraguay. Sua bacia engloba 2.533 km2 e seu curso meandroso, que tem 246 km de extensão com uma queda total de aproximadamente 600m, se desenvolve entre serras baixas até desembocar no Rio Paranã.

A formação de rocha basáltica constituída por sucessivos e diversos derrames de reduzida potência (basaltos vesiculares, amigdalóides e microcristalinos) que se encontram sãos no estado original de sua formação e sem intercalação de brechas, argilas de espessura importante.

O curso está escavado em zonas de contato labial entre derrames e as ombreiras apresentam acumulações de materiais soltos, ou de compostos ou meteorizados em distintos graus de evolução. Os solos lateríticos e saprolitos predominam na parte superficial com espessuras de até 10m. aproximadamente.

O reservatório a ser fornado ocupará aproximadamente 9.000 ha com um volume de 1.200 hm3. A capacidade de regular é de aproximadamente 0,75 referida ao derrame médio anual.

A zona subtropical possui mata densa, úmida e quente, sem estação seca com precipitações irregularmente distribuídas da ordem média de 2.000 mm/ano.

O salto bruto aproveitavel é de aproximadamente de 90 m.

A central contará com 2 turbinas FRANCIS com uma potência de 60 MW cada uma, podendo gerar em pico uma potência de 116 MW e uma ener -, gia anual de 355 GWH.

A barragem principal em concreto rolado que fecha o canal principal, terá as seguintes características:

- . Longitude no coroamento : 680 m.
 - . Altura sobre o leito do rio: 77 m. (maxima)
 - . Volume de concreto rolado: 600.000 m3.
 - . Paramento montante:

Vertical.

. Paramento jusante:

lv.:0,8 h.

- . Vertedouro incorporado, cota 197, sem controle: 170 m. de comprimento, com perfil CREAGER e salto "ski" a cota 159.
- . Pavimento superior para Rota 12: 11m. de 1argura.

Se completa com fechamentos laterais em ambas as margens de aproximadamente 4,5 km de comprimento total, formados para barragens de altura variada de materiais soltos com núcleo impermeavel (altura máxima de 20m).

A central tera um desenvolvimento vertical para cobrir o efeito de remanso da futura barragem CORPUS que produzira o salto aproveitavel.

2.2. LOCALIZAÇÃO

A localização do aproveitamento pode ser vista na FIGURA nº 1.

2.3. FINS SOCIO-ECONÔMICOS

As principais finalidades do aproveitamento hidroelétrico de URU-GUA-Í são:

- . O máximo aproveitamento hidroelétrico em cursos de águas do interior da Provincia;
- . Energia suficiente a preços razoaveis;
- . Independência energetica;
- . Contribuição ao Plano Nacional e Provincial de desenvolvimento de combustíveis líquidos,
- . Incorporar à Engenharia Argentina uma nova tecnologia;
- . Favorecer o desenvolvimento de indústrias em areas marginais;
- . Aumento do nivel de emprego;
- . Melhorar a estrutura socio-econômica da Provincia;
- . Criação de novos atrativos turísticos.

2.4. A OBRA

O plano geral da obra, pode ser visto na FIGURA nº 2.

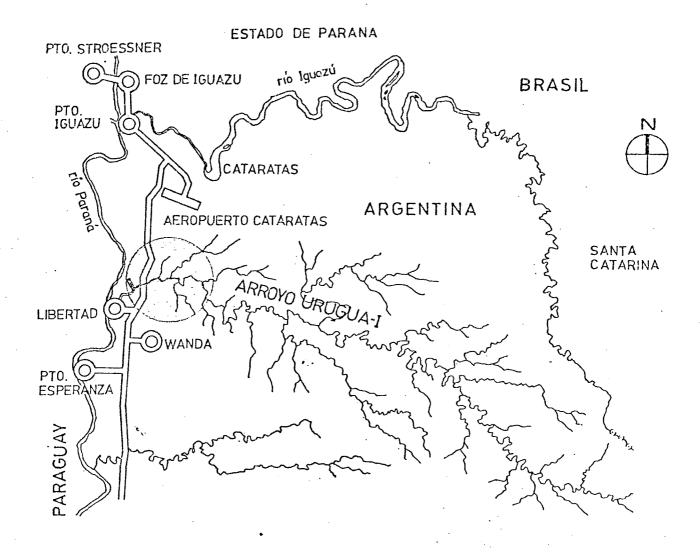


FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DO APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO

DE URUGUA-Í - ARGENTINA

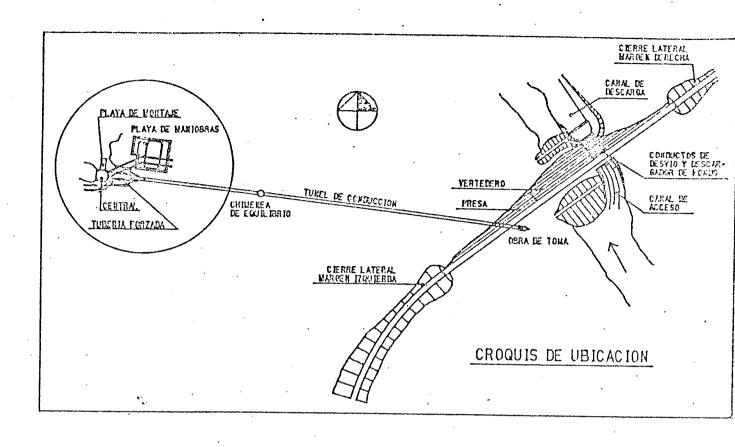


FIGURA 2 - PLANO GERAL DE ESTRUTURAS

3.1. ANTEPROJETO

O anteprojeto da barragem foi feito em 1983, tomando como base as experiências obtidas na construção da obra da Barragem Willow Creek nos Estados Unidos.

A posterior análise das dificuldades observadas na construção e o comportamento (com infiltração) da barragem Willow Creek, assim como o estudo de obras com concreto rolado nos Estados Unidos (Army Corps of Engineers, Bureau of Reclamation e entidades privadas), a metodologia aplicada em distintas obras no Japão e os desenvolvimen tos obtidos no Brasil, permitiu analisar diversas alternativas técnicas e construtivas possíveis de aplicar para o desenho de uma bar ragem em concreto rolado.

Além disso, analisaram-se outros estudos especializados, realizados sobre o tema.

Como resultado importante, concluiu-se que, no estado atual de desenvolvimento e consolidação da técnica em concreto rolado, o dese nho otimizado para a barragem URUGUA-Í devia ser o resultado de con siderar devidamente avaliados todos os condicionamentos que para o caso em particular se apresentavam, tais como: análises estruturais e técnicas, metodologia construtiva (muito importante), localização da obra, materiais disponíveis e clima (importantes), recursos obtidos de equipes de construção e humanos, investigações a nível de laboratórios especializados, custos/prazos etc.

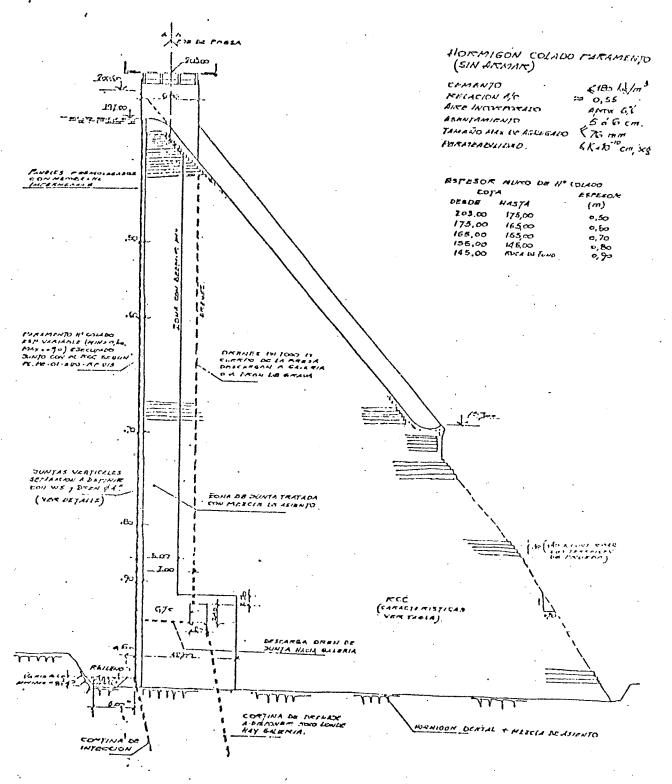
3.2. PROJETO DEFINITIVO

Ao final de 1986, se alcançou e definiu o desenho que pode ser visto nos seguintes desenhos:

- FIGURA 2 Implantação Geral
- FIGURA 3 Secção no Vertedouro
- FIGURA 4 Secções fora do Vertedouro
- FIGURA 5 Vista e Planta, Paramentos e Juntas, Galeria e Drenagens.

Devem ser destacadas as seguintes características:

3.2.1. A impermeabilidade estará dada por uma dupla barreira localizada à montante e que estará conformada por:

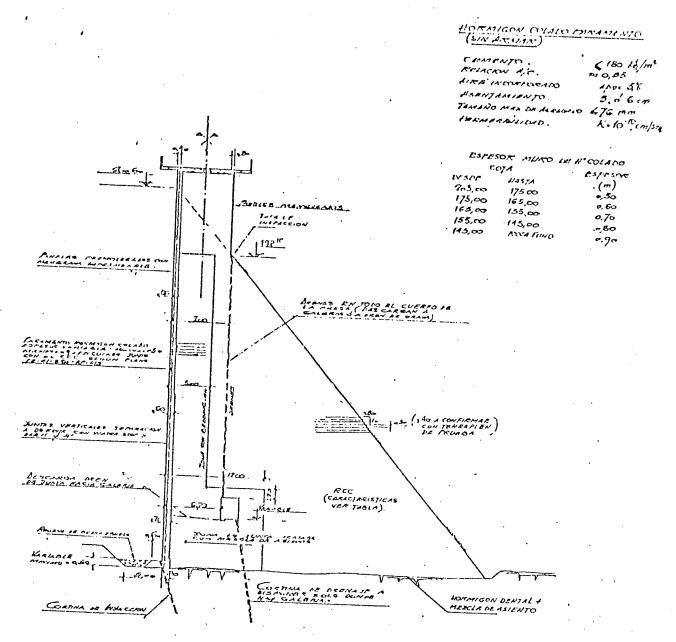


SECCION EN VERTEDERO

CR-520-05

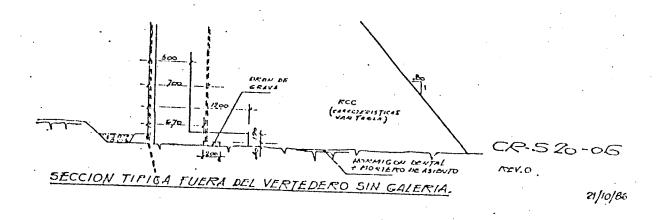
75 V. O

21/10/85



Ö

SECCION TIPICA FUERA DEL VERTEDERO, CON GALERIA:



•	To control on to themise to control of the control	Marine Transport Sacro Me	Source: - and so	The manual and the state of the	Character to Assessed
15.20	を見れ				לינור מי הביש
The state of the s					
	()			できてはいればいるが	
		TAN TO SEE	が100mmのでは、		
	.	大学は一個である。	1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1	-	
		न प्रमुख्यान क्षा के विकास के विकास के किया है जिस के किया किया के किया किया किया किया किया किया किया किया	からなかなないとうなる ないことのころ		
Teapr		A CONTRACT AND A CONT	10 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		.42
_ 1	461123 402154.	•		-05	rage to the
		[-	
		2, 47			
-		-		- -	- -
				- -	
			: 1 1	8	
TERMINANTAL STATES		este.			دے اند
# 14N74.	Ĭ,	<u>^</u>	. •	Service of the servic	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
	,	•			

FIGURA 5 - PARAMENTOS, JUNTAS E_DRENAGEM

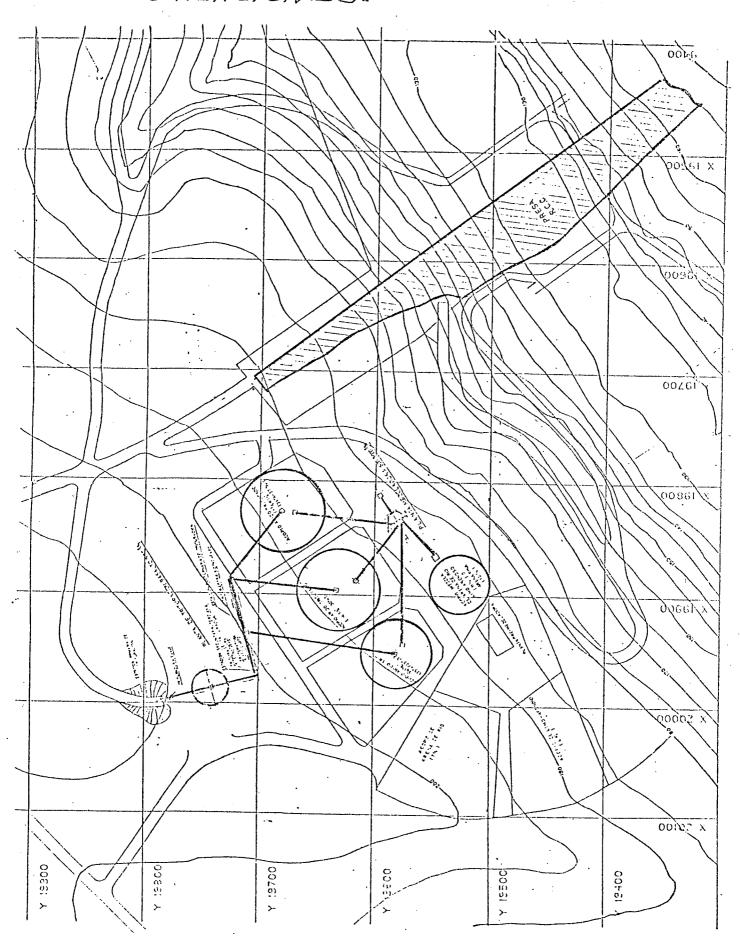
- 3.2.1.1. Painéis de concreto armado pré-fabricados (aprox. 2,20 x 5,20 x 0,10m) sobre cuja face interna se aderirá uma lâmina de PVC ou similar equivalente de 1,4 mm, com uniões soldadas. Estes painéis atuarão como forma perdida para o resto dos trabalhos.
- 3.2.1.2. Paramento de concreto simples convencional, de espessuravariavel (0,50 a 0,90m) construído em camadas de 0,40m, conjuntamente com o concreto rolado, com juntas de contração verticais cada 20 m. As juntas horizontais deverão ser devidamente tratadas (jateamento) para os efeitos de eliminar soluções de continuidade entre capas.

 Esta dupla barreira estarã, ainda, complementada por:
- 3.2.1.3 Tratamento de todas as juntas entre camadas de concreto rolado com aprox. 3 a 5 cm de"mistura de berço" rica em cimento e em largura minima de 7m. Se assegurara assim que a permeabilidade nesta parte das juntas não seja maior que a da massa de concreto rolado. Ademais, absorverão as possíveis tensões de tração que possam apresentar-se na parte superior da barragem e melhorarão as resistências do cisalhamento das secções pelas juntas de concreto rolado.
- 3.2.1.4.Uma rede de drenagens por cima da galeria de inspeção localizada a 7m. do paramento de montante e separados 3m., e uma cortina de drena gem abaixo da galeria, penetrando na rocha de fundação, evitarã que toda possível infiltração penetre no corpo da barragem.
- 3.2.2. A <u>estabilidade</u> será obtida por uma massa de concreto rolado de dosa gem única (uniforme para toda a barragem, exceto as zonas com concentração de tensões, por exemplo, nas obras de desvio) e cuja conformação geométrica pode-se ver nas FIGURAS (paramento de jusante inclinado 1. v. x 0,8 h. e paramento de montante vertical). A massa de concreto rolado que será construída em forma massiva e continua em camadas de 0,40 m. de espessura, deverá cumprir com determinadas condições, entre as quais são de mencionar entre as mais importantes:
- 3.2.2.1 As suficientes resistências à compressão, tração e corte compatíveis com as resistências de desenho resultantes do estudo de estabilidade devidamente majoradas.
- 3.2.2.2 Uma fluência, ou rigidez, reduzida, para absorver deformações por assentamentos baixos e/ou ações resultantes das variações do campo termico por calor de hidratação do cimento e/ou efeitos externos (clima, água).
- 3.2.2.3 Uma permeabilidade na massa do concreto rolado e nas juntas entre

camadas não maior que a ordem de 1x10⁻⁶ cm/seg.

- 3.2.2.4 Em especial, as juntas entre camadas do concreto rolado, devem asse gurar as necessárias características para cobrir os esforços de cisalhamento que nelas se desenvolverão.
- 3.2.3. Os ensaios a nível laboratório e a nível de protótipo (aterro experimental) permitem atestar que (ainda se completarão algumas séries de ensaios) as precitadas condições se cumprirão com:
- 3.2.3.1 Uma granulometria bem graduada com elevada proporção de finos (42% na peneira nº 4 incluindo 7 a 8% de passante na peneira nº 200) cujo gráfico pode ser visto à frente, sendo importante a incorporação de finos não plásticos.
- 3.2.3.2 Um teor minimo de cimento de baixo calor de hidratação e pega lenta (60 kg. de cimento tipo II/m³ de concreto rolado).
- 3.2.3.3 Uma massa específica máxima, possível, mediante a aplicação da suficiente e necessária energia de compactação e a regulagem de água até o teor ótimo (2,5 a 2,6 t/m3).
- 3.2.3.4 Um equipamento e um processo de construção projetados com a necessá ria precisão para assegurar o cumprimento das pautas anteriores na FIGURA 6 podem se ver as instalações projetadas na margem direita para a produção do concreto rolado e na margem esquerda para os concretos convencionais e a "mistura de berço".
- 3.2.3.5 Uma metodologia construtiva rigorosa que determine, passo a passo, o processo e as etapas de execução (a disciplina contrutiva é importante).
- 3.2.3.6 Um esquema de controle de qualidade aplicavel sobre o processo industrial contínuo de elaboração e execução do concreto rolado, tal que permita verificar os parâmetros instantâneos que asseguram a qualidade desejada dentro das margens de tolerâncias estabelecidas.
- 3.2.3.7 Especialmente, deverá cuidar-se a execução das juntas entre camadas de concreto rolado aplicando os tratamentos que se estabeleçam em função dos tempos de exposição à ação climática da camada anterior. (Em geral, o tratamento deverá ser cuidadoso com exposições maiores que 72 horas).
- 3.2.3.8 A construção das juntas transversais (planos de debilitamento em secção completa) que as análises térmicas e estruturais aconselhem.
- 3.2.3.9 As partes a montante não cobertas por obras do vertedouro (crista e calha) e o salto de ski, ficarão acabadas em forma de escada com o concreto rolado devidamente compactado (se utilizarão formas em base a premoldados de concreto simples).

FIGURA 6 - PLANIALTIMETRIA DE LAS
INSTALACIONES.



4. TECNOLOGIA DOS MATERIAIS: ESTUDO DOS MATERIAIS E EXPERIÊNCIAS DE LABORATÓRIO

4.1. APRESENTAÇÃO

O presente capítulo trata dos estudos levados a cabo sobre os materiais e sobre os concretos rolado e convencionais que se projetam empregar na construção da barragem URUGUA-Í. Estes estudos tecnológicos foram conduzidos em várias etapas:

- la etapa Estudo dos materiais e de uma primeira série de misturas com conteúdo de cimento de 40 a 210 kg/m3 e com diferentes composições de finos provenientes da areia de britagem, dos finos do basalto moido.

 Esta etapa foi realizada inteiramente no laboratório do INTI de Buenos Aires.
- 2. etapa Estudo da otimização para a obtenção dos finos em função dos materiais disponíveis no local da obra. Esta etapa foi desenvolvida diretamente com uma britagem similar à que realmente se utilizará na obra.
- 3ªctapa Estudo de uma nova série de misturas em função da otimização da utilização dos agregados. Esta etapa foi conduzida uma parte no laboratório do INTI, Buenos Aires (Ensaios de compressão, módulo elástico, tração por compressão diametral, cisalhamento, tração direta), outra parte no laboratório de ITAIPU BINACIONAL no Brasil (permeabilidade, elevação adiabática de temperatura, coeficiente de dilatação térmica, calor específico e capacidade de alogamento) e uma terceira parte no laboratório da Universidade Nacional de La Plata (fluência lenta). Além disso, se realizou uma repetição de controle no laboratório da obra (compressão, módulo de elasticidade e tração por compressão diametral).
- 4. etapa Construção "in situ" da lajotas para avaliar ensaios de cisalhamento sobre juntas de camadas colocadas a distintas idades e com distin tos tratamentos de juntas.
- 5ªetapa Ajuste no laboratório do INTI e de obra: Comtemporaneamente às misturas dos concretos convencionais que se usarão na própria barra gem (fundações, vertedouro, berço, paramento de montante e painéis premoldados de PVC).
- a 6. etapa Construção "in situ" de um aterro experimental.

Se preve uma 7ª etapa de ajusta da mistura primitiva com os materiais que serão produzidos com a britagem montada em obra.

TABELA O - <u>C E</u>	MEN	<u> 1 T O S</u>		
MARCA: LOMA NEGRA				Tee. del Ho.)
MUESTRA Nº: URU-2 FECHA I			LAB. CHA RECEPCIO	
ANALISIS QUIMICO		<u>CARACTER I</u>	STICAS FISICA	15
Res. Insoluble	Supc	enido s/tamiz 74 erficie Especifi a Normal (a/c)	ca 317	0 cm ² /g
Fe ₂ 0 ₃ 5,56 . %		io Fraguado		
CaO	Fina	il Eraguado	7 h	00 min
Mg0		o Fraguado ^P l ^e :	33mm P2=28mm	
K ₂ 0	EDAD	Módulo rotura	Resistencia	
Pérd.Calcinación . 1,60 %	días	por Flexión . MPa	a compression MPa	ollidratación Joule/g [cal/g
Alcalinos Totales ($\text{Ha}_2\text{O} + \text{O},658 \text{ K}_2\text{O}$). 0,42. %	7	5,2 ± 0,1	26,9 ± 0,8	268 [64]
Caú libre	28	7,2 + 0,7	40,0 -1,1	322 [77]
COMPOSICION POTENCIAL	90	8,5 ± 0,3	55,6 ± 2,3	
sc ₃	180	8,3 ± 0,2	60,8 ± 3,3	
sc ₂				
AC_3			• •	
Módulo de Midroulicidad				
OBSERVACIONES: Físico y Químico Completo - Calor de hidratación a 7 y 28 días D = 3,15 g/cm ³	R	esponsable:	. A.B.	
			,	

4.2. 1.ª ETAPA

4.2.1. MATERIAIS

4.2.1.1 CARACTERIZAÇÃO DOS ACREGADOS

Após os ensaios de qualidade na rocha da jazida (imersão em etileno-glicol, durabilidade ao sulfato de sódio, abrasão Los Angeles,
e exame petrográfico), os agregados foram identificados, como demonstra a TABELA nº 1, em função da origem, do tamanho e das propriedades físicas estudadas para cada fração:

AGREGADO	ORIGEM E DESCRIÇÃO	DENOM.	TAMANHO NOMINAL	fícia	espe- t/m3	ABSO <u>R</u> ÇÃO	CUBI-
				s.s.s.	seca	%	7.
	Basalto	P 8	3"-1 1/4"	2,94	2,92	0,8	0,85
Graudo	britado	Р9	11/4"-1/4"	2,84	2,80	1,4	0,88
	54% areia triturada 46% areia GR	P10	<u>-</u>	2,77	2,70	2,8	·
Miūdo	Fino	P42	-	2,43	2,33	4,1	
	fino de basalto moído	P11					

Na tabela nº 2 se detalham as granulometrias dos agregados.

TABELA 1 - IDENTIFICAÇÃO DOS AGREGADOS

1	1

		· .		TABLA	No S
TAMICES				HUES	TRAS
IKAM -	P42	F10	F11	! F8	! P9
76.2 mm. (3°)	0	! 0	! 0	! 0	! 0
63.5 mm. (2 1/2°)	0	! 0	! 0	8.4	! . 0
50.8 mm. (2*)	0	! 0	! 0	31.0	! 0
39.1 mm. (1 1/2°)	0	! 0	! 0 .	! 78.3	! 0
(25.4 mm. (1*)	0	0	! 0	99.3	! 8.5
19.1 mm. (3/4*)	0	.0	! 0	99.3	1 30.8
12.7 mm., (1/2*)	.0	0	! 0	!	1 62.7
9,5 mm+ (3/8*)	0	! 0	! 0	99.3	1 73.4
4.8 mm. (No.4)	0	1, 6.0	! 0	!	1 96.0
2.1 mm. (No.8)	O	33.0			57.5
1.2 mm. (No.16)	0.1	55.9	! 0 .	99.3	99.2
590 um. (No.30)	0.2	69.6	0	• .	58.4
297 um. (No.50)	1.5	75.6	0.2	! 59·3	98.5
148 um. (No.100)!	36.0	90.6.	0.5	99.3	1 98.7
74 um. (No.200)!	75.2	95.9		 55.4	! \$\$.0
Pasa 74 um. !	24.8	4.1	,	0.6	1.0
				B-3	B24F

TABELA 2 - GRADUAÇÃO DOS AGREGADOS

TABLA Nº 2

				INDLA	14- 7
! TAMICES	1	. 	1	MUES	TRAS
! IRAM	P42	P10	P11	F8	P9
176.2 mm. (3°)	1 0	. 0	! 0	1 0	! 0
163.5 mm. (2 1/2*)	1 0	1 0	! 0	8.4	! 0
150.8 mm. (2°)	. 0	, φ	0	31.0	! 0
138.1 mm. (1 1/2*)	0	! 0	0	78.3	! 0
125.4 mm. (1°)	0	0	1 0	99.3	8.5
119.1 mm. (3/4°)	. 0	.0	0	99.3	30.8
!12.7 mm. (1/2*)	,	0	0	99.3	62.7
1 9.5 mm. (3/8°)	0	0	0	99.3	73.4
1 4.8 mm. (No.4)	0	. 6.0	0	99.3	96.0
1 2.1 mm. (No.8)	! 0	33.8	0	59.3	57.5
! 1.2 mm. (No.16)	0.1	55.9	0	!	99.2
! 590 um. (No.30)	0.2	69.6	0	99.3	50.4
! 297 um. (No.50)	1.5	75.6	0.2	99.3	98.5
! 148 um. (No.100)	! 36.0	90.6	0.5	99.3	98.7
! 74 um. (No.200)	75,2	95.9	3.6	55.4	\$5.0
l Pasa 74 um.	24.0	4.1	96.4	0.6	1.0
1	1,				

TABELA 2 - GRADUAÇÃO DOS AGREGADOS

4.2.1.2 AGLOMERANTE

O cimento utilizado para os ensaios provem de Olavarria, da fábrica Loma Negra, identificado como tipo II BARKER.

Se efetuaram os ensaios de laboratório: mecânicos, físicos, quími - cos e de calor de hidratação aos 3, 7, 28 e 90 dias.

De acordo com os resultados obtidos (ver TABELA 0) o cimento se considera de alta resistência aos sulfatos (1), de moderado calor de hidratação e baixo teor de álcalis (2).

4.2.2. COMPOSIÇÃO DAS MISTURAS

- 4.2.2.1 Na TABELA nº 3 se dão os limites da curva granulométrica composta da mistura.
- 4.2.2.2 Nas TABELAS nºs 4 e 5 se detalham as composições de misturas e os dados obtidos durante sua moldagem.

4.2.3. RESULTADO DOS ENSAIOS

No GRÁFICO nº 1 se representam comparativamente os valores à compressão, em função do logaritmo decimal da idade, dos concretos que, com o mesmo conteúdo unitário de cimento, variam em composição granulométrica.

4.3. 2ª ETAPA

AGREGADOS USADOS NO CONCRETO ROLADO, SUAS CARACTERÍSTICAS E TRATAMENTO

A principal recomendação que se da à pessoa que tem a seu cargo a inspeção dos agregados utilizados em concretos convencionais, é o rigido controle da limpeza dos mesmos. Normalmente, exige-se a lavagem dos agregados de tamanho inferior a 2 cm; provenientes da britagem. Este conceito ditado pelas normas ASTM, ACI, IRAM etc., con siderado indispensável para o bom resultado dos concretos convencio nais, não é plenamente verdadeiro para o concreto rolado.

O concreto rolado é uma simplificação da metodologia dos concretos, cuja finalidade é baratear os custos, como tal, os materiais empregados e a busca dos mesmos, devem seguir o princípio deste conceito. Os agregados, portanto, deverão ser conseguidos no lugar mais próximo da obra e serem tratados da maneira mais simples possível.

Varios estudos levados a cabo pela Army Corps dos Estados Unidos e,

TAMICES I	TAMANO MA	X. 3"
!	LIMITES	Prom.
176.2 mm. (3°)	0 - 2	1
163.5 mm. (2 1/2°)	1 - 5	3 !
150,8 none, (2°)	4 - 14	9
139.1 mm. (1 1/2*)	10 - 25	17.5
125.4 mm. (1°)	23 - 37	30
119.1 mm. (3/4")	31 - 44	37.5
112.7 mm. (1/2°)	40 - 52	46 !
1 9.5 mm. (3/B*)	47 - 57	52
1 4.8 mm. (No.4)	57 - 67	62
! 2.4 mm. (No.8)	. 65 - 75	70 !
1 1.2 mm. (No.16)	71 - 81	76
1 590 um. (No.30)	76 - B6	81 !
1 297 um. (No.50)	82 - 70	86
1 148 um. (No.100)	87 - 94	90.5
1 74 um. (No.200)	90 - 96	93 !
	r 1	

TABELA 3 - LIMITES GRANUMOLETRICOS

+	4	TABLA Nº 4.
! DENOMINACION	I CONTENIDO UNITARIO I DE CEMENTO [ka/m3]	I AGREGADOS USADOS ! I EN LA MEZCLA !
! BH1	40	
! BM2	50	1 PB (24%) !
! виз	60	† !
! BM4	70	1 (36%) !
BM5	90	Γ10 (28%) !
! BM6	130	! !
! BM7 !	210	P42 (12%) !
! BMS0	40	
! BMS9 !	60	F P8 (24%) - P9 (36%) P
! BMS10	90	F10 (36%)-F42 (4%)
BMF11	40	
! BMF12	60 !	P0 (24%) - P9 (36%) P11 (3%)
! BMF13 !	90 1	F10 (33%)-F42 (4%)!
1		

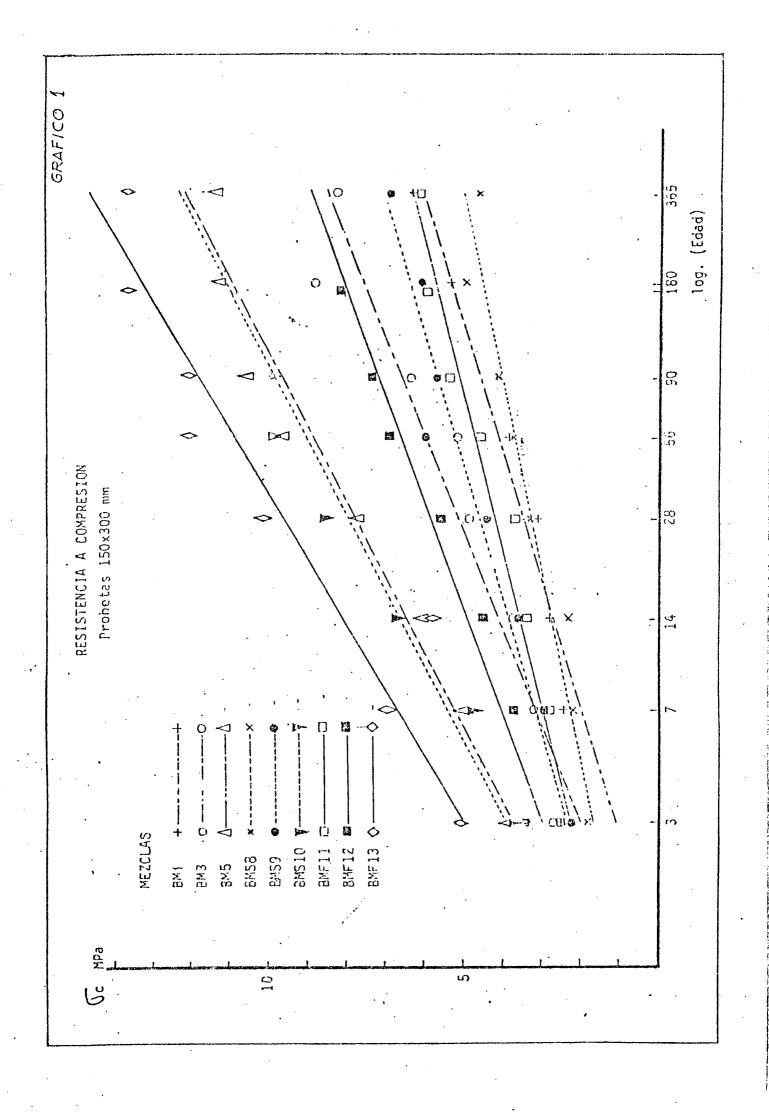
TABELA 4 - GRADUAÇÃO DAS MISTURAS

TABLA Nº 5

L 	L	L						•		_	
	CONTEN.				Cks/m3:		•	HEZCL	Y FRESCA	! TEMPI	ERATURA
HEZCLA		i PB			-	*	f NGUN 1 [[1/m3]]	AIRE L%J	Lka/m3]	! AME.	HEZCLA
BH1	10	582	975	479	1 294		100	1.2	2600	21	20
BH2	50	581	872	678	1 290		108	2.0*	2490 *	20	19
виз	60	579	868	675	1 290		108	1.2	2550	20	17
BH4	70	577	866	673	1 200		108	1.2	2560	20	19
BM5	90	572	858	668	286		108	1.2	2560	20.5	20
вие	130	564	846	658	282		108	1.2	2530	20	18
BH7	210	547	1 820	637	273		108	1.4	2520	! 21	! 19
emse'	-40	589	883	.883	98		108	0.8	2500	20.5	19
BMS9	60	585	877	877	97.6		1 100	0.8	2600	20.5	19.5
PMS10	90	579	887	887	99		108	1.1	2310	! 21	20
BMF11	10	589	803	810	90	73.8	100	1.0	2540	. 21	19.5
BMF12	60	585	877	801	! ንሀ	73	108	0.8	2640	21	19.5
BMF13	80	578	867	795	96.4	72.4	108	0.0	2640	20	20
	}	t t	t		·		t		************		

^{*} El recipiente del ararato Washinston se completo con arroximadamente i em de mortero, lo que podria explicar el mayor contenido de aire y menor densidad resistrados.

TABELA 5 - COMPOSIÇÃO DAS MISTURAS



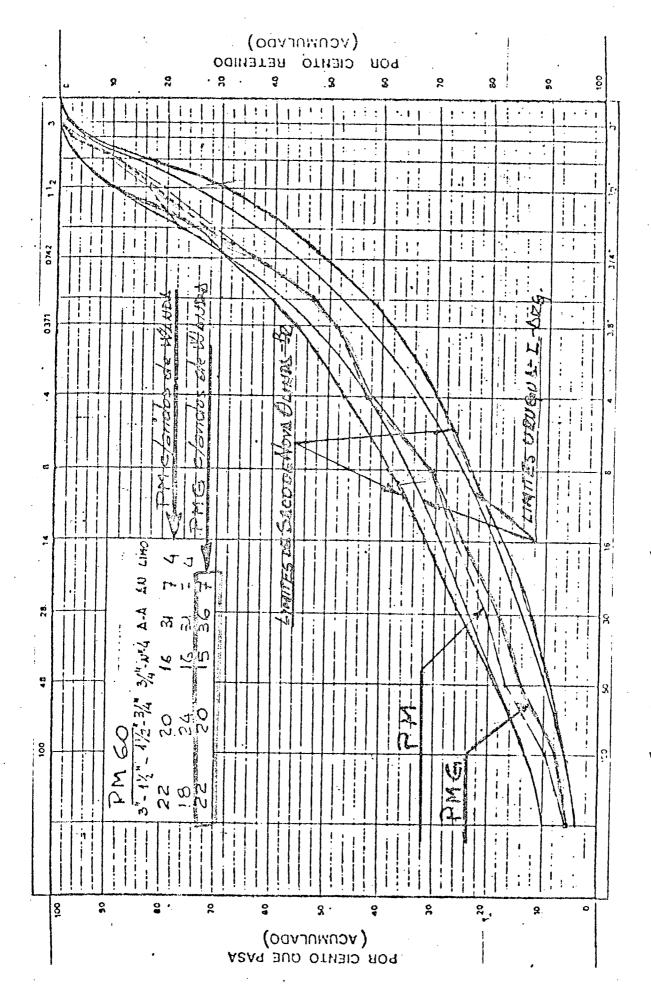


GRÁFICO 2 - CURVAS GRANULOMÉTRICAS - MISTURAS PM e PMG

recentemente, aprofundados por técnicos que compõem a Equipe Argentina de Investigação da barragem URUGUA-I têm demonstrado que para assegurar uma densidade ótima da mistura compactada com rolo vibratório, é indispensável, a incorporação de um minimo de 4% até um máximo de 10% de material fino passante por peneira nº 200 (74 mi crons) de baixo índice de plasticidade.

No caso dos agregados obtidos pela trituração do basalto, experiências levadas a cabo no sistema de britagem tem demonstrado a importância de um correto tratamento dos materiais para obter um produto de ótima utilização e baixo custo de produção. Portanto, tem que se levar em conta:

- -O fino produzido durante a britagem do basalto é NP (não plástico).
- -A quantidade de fino produzida em um esquema normal de britagem, formada por um britador primário de mandíbula, um secundário e um terciário cônicos é de 10 a 12% da quantidade de areia, que por sua vez, é aproximadamente de 20% do total dos agregados produzidos.Como se pode apreciar, 10% de 20% é 2% do total dos materiais, por esta razão o fino produzido é totalmente incorporado à mistura.
- -Devido à utilização do fino (segundo acima), não é necessário proceder à lavagem dos agregados provenientes da britagem, em consequência há uma diminuição de custos.
- -As investigações anteriormente mencionadas conduzidas no âmbito do projeto têm demonstrado que, a introdução de uma máquina no esquema de britagem chamada VFC (Very Fine Crusher) de baixo custo, nem de alto consumo permite: a) duplicar, no esquema de britagem, a produção de areia; b) produzir areia de melhor qualidade e com maior conteúdo de passante na peneira nº 200. Portanto, supondo obter os 36% de areia com 15% de passante na peneira nº 200, isto dará 5,4% de fino de basalto passante na peneira nº 200, sobre o total da areia produzida, que por sua vez pode ser incorporada totalmente à mistura de concreto rolado, sem necessidade de ser la vada.

Isto permite afirmar com maior convencimento:

- Concentrar no basalto britado a fonte dos agregados, simplificando a metodologia.
- Não ter desperdício de material sobrante em alguns dos tamanhos respeitando a necessidade de outros.
- Diminuição de custo e otimização de resultados, filosofia primária e conceito básico do concreto rolado.

4.4.1. COMPOSIÇÃO DOS MATERIAIS

Após o estudo dos materiais e de concluída a la. etapa; se ajustarão duas misturas, tendo em conta a disponibilidade dos materiais e a economia para obtê-los.

Uma mistura foi identificada com a sigla PM e tem incorporado 4% de fino natural; a segunda, identificada como PMG aponta a obter a quantidade de fino extraído exclusivamente da areia de britagem.

O GRÁFICO nº 2 mostra as curvas granulométricas e a composição dos agregados.

4.2.2. RESISTÊNCIA DA COMPRESSÃO

No momento, não se dispõe de um panorama completo de valores, pois somente se conta com os resultados obtidos aos 90 dias. A TABELA nº 6 e os GRÁFICOS 3 e 4 dão os valores e as curvas obtidas no INTI (Buenos Aires).

A TABELA nº 7 e os GRÁFICOS 5 e 6 dão as curvas obtidas no laboratório da obra.

	~ ··· ·	TABELA	6A - 1	71-30) (OL	.GUIIIIA	ETAPA	- 1/81	THETT	'ሴን	TRICH.	- 41 - O	
arz	! ! ! ^ ! ? !	CORT. CEM.	! ! ^0	REGA	TOS-	Elest/m3		!		ZCLA II			7 f (10)
16.7	. O.L.(1.)	K3/m34			+			! 06U0! 1 77	ATEURI	CHSTDAN	Thazan	1331	
			25% 1	34%	1302	7%	1 4%		4 ! ! C	our toou our thos	·!MASI P!SUEL	(VO 116) .10 (72 C.L.
F 11	-60!	ا ٥٥	630	657	75	6 176		1 7 (7 %)	-1.012	UMP 100M 1 650!264	71 101	C) 1 4	*, -
	4		3"		No.	D. D.		-					
	! !TAK !PRO		SOYOS.	 		•			Edias		ative made their place gave	The body de min gan	<u>-</u>
		1		!	3	7	1 14	1-28	1 56	· + · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	1 100	1 7/15	
	 	!	PRES)(! .	** *** 1:**	! 5.5 +/- 0.7	!	1 7.9 1 1/- 1 0.7		1 9.7	†	† ! !	
	! ! ж ! !300	TRA	CCION _. MPaJ	!	· (0.7 +/~ 0.1	!	1 1.1		1 1,2 1 +/- 1 0,1		!!!	
	! ! !	i Kon	ULO DI TICIBA	: !		1.6	! !	1 7 1		1 7.6 1 4/5 1 0.2		†	- I. - I.
	! ! ! ! 250	1 E1	PRESIC	! -	! !	0+3	******	! 0.2		1 9.7 ! 1 4/- ! 1 0.4 !		 ! !	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
!	×	TRAC	CCION MPal	!	! ! !	0.5 ! +/- ! 0.1 !	\$100 0000 0000 0	! 0.8 ! +/ ! 0.0		 	!	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	***
1500		I MODE	JLO DE FICIDA Braj	ri – i	. ! !	1.9 ! -+/- ! -0.5 !	***************************************	! 3.7 ! +/-		1.00	! !		- - ! !
d Si	dod!	Prome	velia et	· ·					· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	1			•

Densidad: Promedio de cuatro ensavos.

Compresion y modulo: Promedio de tres ensavos.

Traccion por compresion diametral: Promedio de tres ensavos.

Tiempo de compactacion: 30-sedundos en probetas de 150 x 300 mm.
60 sedundos en probetas de 250 x 500 mm.

J		TABEL.	A 6B-1	PH-9	O (SE	GUR	wa t	erana	- 100	" 111 !	111	VΛΣ					
1	. 1 (. THO:	; ! ()!	o tero	សមាន	E le a	Zm3*			! ! !	<u></u>	iezc	LA FRE	ESCA		 	([
HEZO	CLAI	CEM.	F.,						AGUA	1	1	DEN	510 Δ 10	ikazo	C Sml	1	
	!		1P208 125%	1720 1342	91031 130%	0 ! F 	104 7%	[*104 4%	! ! ;		!	TAM 000	. !nas. P!Coni	. IMAS HBUR	ayo Lao	IMCZO	DLA D
I PM-	-70 i	90	1 616	1 83	81 74	0	1.73	99	95	1 - 1	.01	264	312660) 1 1.8	310	1 11	
	1	 l	, and and an was see														1
	I ITAN		NSAYO:	! S !		EDADES Ediasi										'	! !
	1			: ! 1		İ	7	1 14	1 2	e i	ţ	66 İ	90	180) į	365	•
	! !.	!	MPRES CAPal	! нох ! !	*	1 7 1 4 1 0	/- /-	 	111.1	β I - 1 2 I		! !	13.4 ₇ 47- 1.3	; ;	!		! !
			OLOON: Cequa			! 1 ! † ! 0	/- /- 12	! !	1 1.5	7 - 2	.	! ! !	$\frac{2.1}{4/-1}$!	!		! ! !
			nulo.	DE ! DAD!		! 3 ! { ! 0	/- /-	 	!10.: +/: 1.:	2 - 2		! !	16.97	! !			1 1 1, 1
	!	!	MPRES EMPaJ	!		! 7 ! 1 ! 0	/+0 -/)+5	 	! 1/ ! 1/	ა ! - ! 0 !		, ! !	14.5 +/	! !	! ! !		1 ! · ·
	! 250 ! ! × !	i TF ! !	RACCIO EKPOJ	; !1	****	! ! -		 	1. +/ 0.	ა i - ! 1 !	 .	 		!	!	30 m. p. m.	! !
	1500 1 !	I MO IEL/	DDULO STICI EGPal	DE ! DAU!		i 2 i 4 i 0	3 • 6 -/) • 8		110,	0 ! - ! 1 !		! : !	17.2 4/-1 2.1	! !	 -		† ! !
	·{·					4		 		7:1				·[· ·			1

Densidad: Promedio de cuatro ensavos.

Compresion y modulo: Promedio de tres ensavos.

Tracción por compresion diametral: Promedio de tres ensavos.

Tiempo de compactacion! 30 segundos para probetas de 150 \pm 300 mm. 60 segundos para probetas de 250 \pm 500 mm.

ABLA 6

. t	-	TABELA (6C - 121	162-60	9 (SEC	GUNDA	ETAI	۰۸ -	DEFINI	<u>ተ</u> ገባልን	TABL.	6	
!	IÉZCLA	i tcont. t cen.	1				! ! ! \\ GU!	١!	MEZCL	 11) (1) (1) (1)		!	
!	n the say was made put a	1	IP208	P2074 33%	1010! 36% !	₽106 7%	!	1 %	TAM.	i Mas i i I Cump i	MASIVO SUELTO	IMFZCL7 C	ሰ! !
4-	M62-6	01 60	ļ	817	891!	173	73)i 1.	012465	12580 i	1765	10	į
	t		3 **				End		[dias]	Pilk Ada Sim dan arat 1814	. PM she mes bit que biq v	"	! !
	PROB 	! . ! {		3	1 7		•	•	•	•	100		
		! COMPRE ! ! EMPa	!		1 5.7	-	1		!	1 U.2 1 +/ 1 0.8	!		!!!
٠		ERACCI ERF	• ;		1 0.6	. !	!	1.1 +/- 0.0		! 1.3 ! +/!	1 !	!	! ! !
•		HODUL(LELASTIC LEPa	CIDAD!		1 1.6	.	!	2.8 4/- 1.2	I	1/-	!	!	: ! !
. •	!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!	COMPRE LMP a	!		5.2 +/- 0.2		!	7.3 1/- 0.9	:	871 17- 078	f		
	1250 f	TRACCI LMPa	!	pu hu 6-a			!	0.9 . +/- 0.1		** ***	! !	. !	!

Densidad: Promedio de cuatro ensavos.

F MODULO DE 15

!ELASTICIDAD! --- ! +/- ! --- ! +/- ! --- ! +/- !

1 1.7.1

1 0.4 1

1 4.0 1

1 0.6 1 1 0.3, 1

1 5.7, 1

Compresion y modulo: Promedio de tres ensayos.

Tracción por compresión diametral: Promedio de tres ensavos.

Tiempo de compactacion: 30 segundos para probetas de 150 x 300 mm.
60 segundos para probetas de 250 x 500 mm.

ı	,	TABELA 61) - [2]	162-90	CSE	նաառ	ETA	ነ 1	0EF1H1	1177)	1/	NELA (5
1	. ,	LCOUT. LAGE	! ! AGRI	EGANOS ERAZMAJ			! ! !		HEZCLA FRESCA				
!	MEZCLA	1 CEK.	!				! AGU	Batatro	THEMS	I BADER	.a/dm3J	1 ()()	
!		1	18208 1242	F209 33% [1310! 342 !	!Г106 ! 7%	! .	1 %	TTAM.	linas. ! Loonii !	MASIVO	!MEZCL	
	PHG2-90)! 90 	575	790!	062	1 1 6 8	1 75	1 1.0	012617	126001	1797	1 17.5	į
•								4	~ : ∳:	(· ·)	- Bell told told block being and a	<u></u>	}
		' ENSAY	703	EDADES Edias)									!!!
	! PROB!			3	1 7	•	•		•	90	1 180	365	1
		COMPRI	iorez		1 8.1			13.6	-	113,1	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		
	i ! 1.50 -	C MF a	ə J		0.5			1.9	•	1 0,5	!	!	
	X	TRACCI L L LMP:	. •		1 1.	!		1.9		2.4	!		
	1300				•		•	0.2		! 0.21 F		 	1 4
		mODULO ELASTIO COP/	dadic		1 5.3 1 47- 1 0.2	!·	<u>'</u> !	11.4 ! +/- -1.5	<u> </u>	15,9 +/ 1,2	1	<u>!</u> !	- ! ! ! ! ! !
	1	соңеки	ESION	t der him bud bezo badi	110.4	1 !	. !	12.3	 	112,2	!	 	į

110.4 | 112.3 | 12.3 |

--- 1 +/- !

1 0.2 1

Densidad: Promedio de cuatro ensavos.

TRACCION

[Mra]

1 30

! MODULO DE ! ! 6.9 ! !10.9: ! !17.4 !

Compresion y modulo: Promedio de tres ensavos.

Tracción por compresion diametral: Promedio de tres ensavos.

Tiempo de compactación: 30 segundos para probetas de 150 x 300 mm. 60 segundos para probetas de 250 g 500 mm.

	TAB	ELA 6E -	(11 · 60	CSC (1991).	ሥስ ተፈተል	ΓΑ	ia.e.ra	11100)	•		
	! ! ! ! ! ! AGREGADOS EKM/m3] ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! ! !						l 		HEZCIA FRESCA I		TUHP.	
!		127.5%	133.9% 33.9%	126.621 126.621	! P204 12.67] !	l %	TTAH.	1868	thas i vo	HEZCLA	!
. 1241	60 60	1 07/	835	1 655 1	1 225 1	100	1 1 1	19797	12 1 10	1 4 ******		

	l	di == == == == == == == == == == == = = =	1									
	H TAK. PROD		EDADES Ediasi									
!	:	: !	1 2	! 7	! 14	1 28	1 56	1 90	1 180	+ ! 335		
! !	150	COMPRESION TMPal	! ! 2.5	1 3.0	1 4.1	1 4.0	1 5.0	1 6.0	! !			
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!	- Ř 300	TRACCION EMPal	1 0.2	! 0.4	1 0.5	1 0.1	! 0.7 !	! ! 0.7				
!!!!!!!!!		HODULO DE ELASTICIDAD EGPAJ	•	! 1.6	 4.1	! 7.3 !	! ! 8.6% !		•-••••••••• 	t the section saw gar		
!!!!!!	250 4	COMPRESION EMPal	1.1	! ! 2.1 !	! ! ! 3.5 !	! 3.7	! ! 4.2 !	! 4.8 ! ! 4.8 !				
1 ! !	ж ! ж ! т. !	TRACCION !	0.2	0.3	. 0.4	0.5	 0.5	 0.5 1		Birk Affet Ages Brid pain y		
!!!!!!	!	HODULO DE ! ELASTICIDAD! EGPaJ !	0.5	1.7	1.9	3.7	 - 3,6 -	6,2!	!			
T		* The control of the					· · · ·		** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** ** **			

Densidad: Promedio de cuatro ensavos.

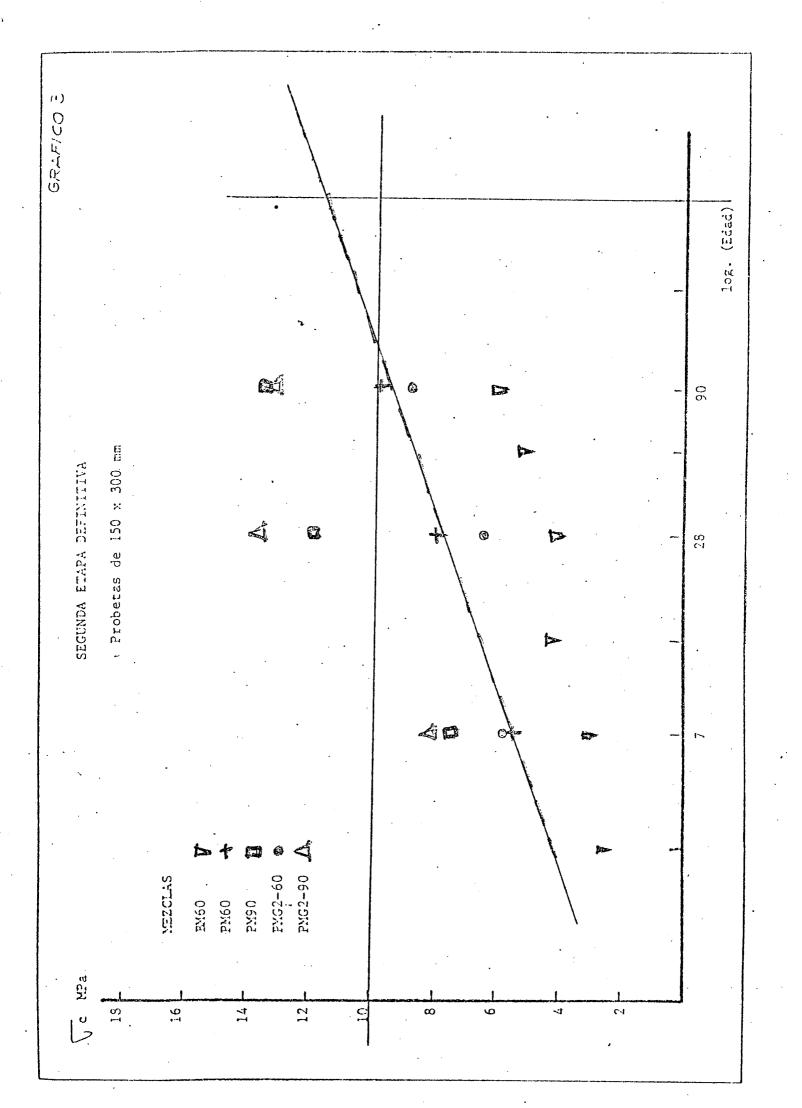
Compresion a modulo: Un ensago.

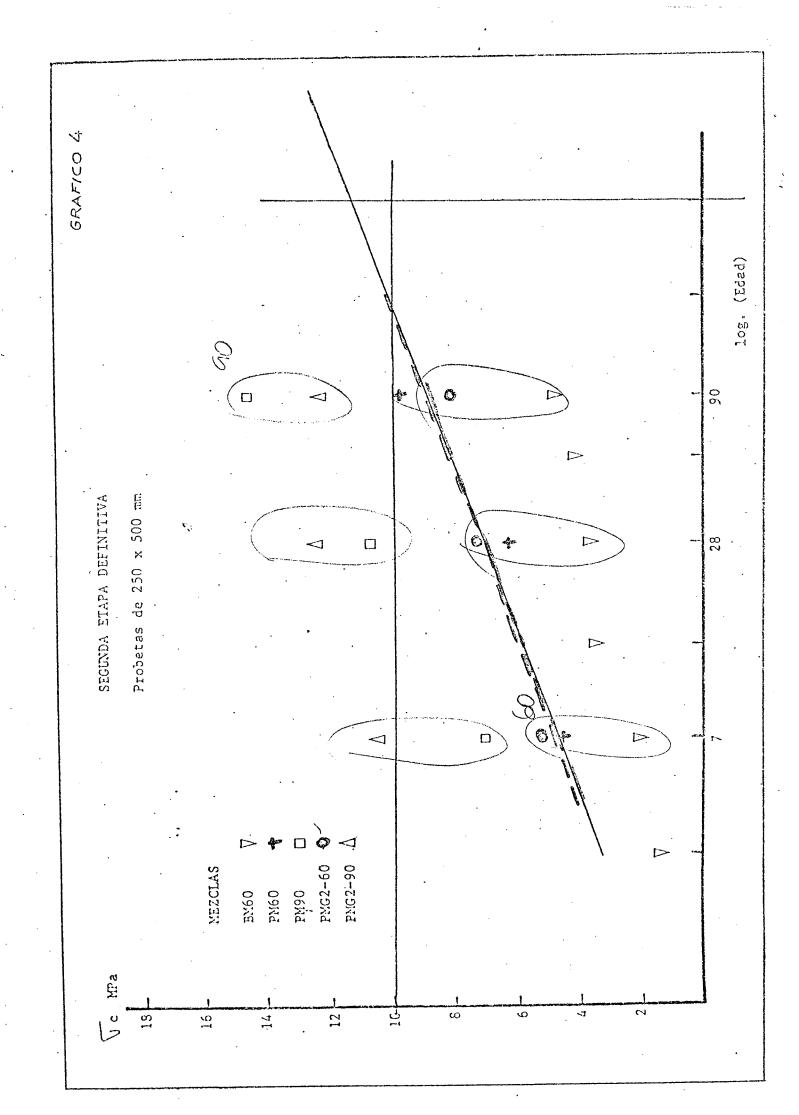
Traccion por compresión diametral: Un ensago.

Tiempo de compactacion: 25 segundos para probetas de 150 \times 300 $_{\mathrm{min}}$.

50 segundos para probetas de 250 x 500 mm.

HOTA: * Valores determinados con rocas mediciones de deformaciones.





ENSAYOS SOBRE RCC. LABORATORIO DE OBRA

TABLA 7

AND SHORT OF THE SHARE OF THE S	CONT			1 (* 7 (* 14)(* 14 (* 14 (* 14)(* 14 (* 14 (* 14)(* 14 (* 14 (* 14)(* 14 (* 14 (* 14)(* 14 (* 14)(* 14)(* 14)(* 14 (* 14)(* 1				MEZ	CLA I	FRESC	A	
1,,===, ,	CONT.	A	GREG	5A DO:	s Kg/	/m3	AGUA	AIRE	DEN	JSIDAL) kg/rn³	TEMF.
		3"- 1%"	11/2"- 34"	3/4"-N°4	ARENA TRITUR.	AR.FING	kg/m³		TAM. COMP	MAS, COMP.	MAS. SUELTO	MEZCLA °C
P.M.60	60	550,6	500,6	400.5	7 <i>7</i> 5,9	275,3	85	1,3	2583	2576	1830	28

TAM.				E	DAD	(DIAS)	Service of the second section of the section of the second section of the s	and the state of t
PROB.	ENSAYOS	3	7	14	28	90	180	365	
150	COMPRESION Kg/cm²	·	64,1		80,2				
×	TRACCION kg/cm²		·	·					
300	MOD. DE ELAST. Kg/cm²		60141		76905			·	
250	COMPRESION Kg/cm²			·					
× 500	TRACCION Kg/cm²			•					· ·
	MOD. DE ELAST. Kg/cm²	·							· .

TABELA 7A - ENSAIOS SOBRE CONCRETO
- LABORATÓRIO DA OBRA

ENSAYOS SOBRE RCC.

TABLA 7

ALLEGE STATE OF THE STATE OF THE STATE OF	Charles - Language and Philips Transfer To "Linguistic Street Section 1987	and the second state of the second se	ad djen vir rigen versamle fili 100 favlet ender	a Clarenck yn seuwyn ar refelliol y fygli Clareng	*	raja, p. dagigarining Printer biggaria dar -		MEZ	CL4 /	FRESC	A	
MEZCLA	CONT.		GREG	5A DO:	5 Kg/	/m3	AGUA	AIRE	DEN	VSIDAE) kg/m³	TEMP
	Kg/m³	3"- 1½"	1½"- ¾"	3/4"-N·4	ARENA TRITUR.	AR.FINA + LIMO	kg/m³		TAM.	MAS. COMP.	MAS. SUELTO	MEZCLA °C
P.M.75	75	547.6	497.8	398.2	771.6	273.8	85	1.0	2579	2588	1823	28

TAM.				E	DAD	(DIAS	s)	Market Mark Property Control of the Control	THE CHISCHES A SIGN CONTROL WISE, AND
PROB.	ENSAYOS	3	7	14	28	90	180	365	
150	COMPRESION Kg/cm²		78.8	·	97.8		_		
×	TRACCION kg/cm²				-				
300	MOD. DE ELAST: Kg/cm²		73045		89902			·	· .
250	COMPRESION Kg/cm²								
× 500	TRACCION Kg/cm²			•	÷	•			
	MOD. DE ELAST. Kg/cm²						·		

TABELA 7B

45

ENSAYOS SOBRE RCC. LABORATORIO DE OBRA

TABLA 7

	CONT.		~ r> r- /	- A 10 co	Principalitation and terrino			MEZ	CLA I	FRESC	EA.	
MEZCLA	i	A	GREG	5A DO:	5 焰/	/m³	AGUA	AIRE	DEN	VS/DAL) kg/m²	TEMP.
	Kg/m³	3"- 1½"	11/2"- 54"	34"-N°4	ARENA TRITUR,	AR.FINA + LIMO	Kg/m²		TAM.	MAS. COMP.	MAS. SUELTO	MEXCLA °C
P.M. 90	90	544.5	495.0	396.0	76.7.2	272.4	85	1.3	2577	2602	1800	28

TAM.	ENSAYOS	EDAD (DIAS)									
PROB.	ENSAYOS	3	7	14.	28	90	180	365			
150	COMPRESION		89.1		108.6						
x	TRACCION kg/cm²										
300	MOD. DE ELAST. Kg/cm²		93300		118956	-			-		
250	COMPRESION Kg/cm2			-			-				
× 500	TRACCION Kg/cm²							-			
	MOD. DE ELAST.	,							-		

TABELA 7C .

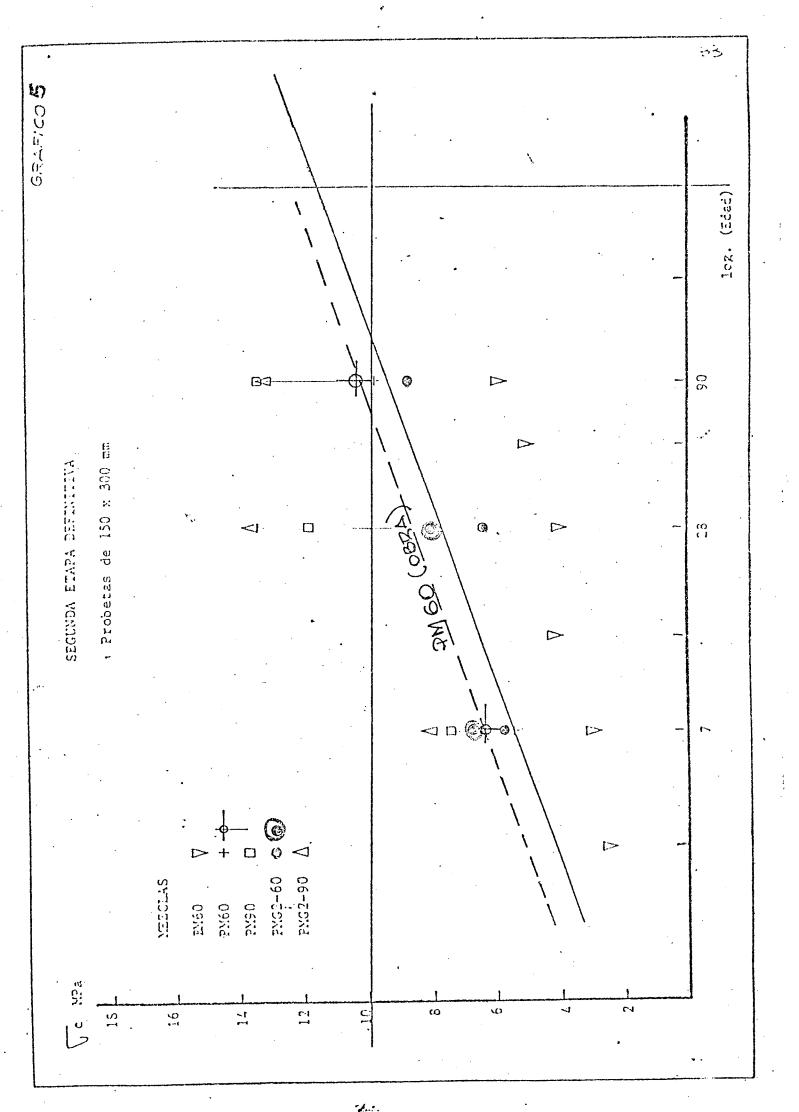
ENSAYOS SOBRE RCC.

TABLA 7

	The state of the s	and the same of th						MEZ	CLA F	FRESC	A	
MEZCLA	CONT.	А	GREG	6A DO 5	5 Kg/	!rn³	AGUA	AIRE	DΕΛ	JSIDAL	kg/m³	TEMP.
	CEM.	3"- 1½"	1/2"- 34"	₹4"-N°4	ARENA TRITUR.	AR.FINA + LIMO	kg/m³				MAS. SUELTO	MEXCLA C
P.MG.60	ļ	<i>552.</i> 0						1,5	2582	2592	1790	<i>2</i> 8

						,							
TAM.	Control of the Contro		EDAD (DIAS)										
PROB.	ENSAYOS	3·	7	14	28	90	180	365					
150	COMPRESION Kg/cm²		66.9		77.9				•				
×	TRACCION kg/cm²	·			-		-						
300	MOD. DE ELAST.	•	74346		87469								
250	COMPRESION Kg/cm²	٠				v.							
×	TRACCION Kg/cm²												
500	MOD. DE ELAST					·							

TABELA 7D



4.4.3. RESISTÊNCIA AO CORTE DE JUNTAS-DE CONCRETO COMPACTADO COM ROLO VIBRATÓRIO-TRATADAS E SEM TRATAR

4.4.3.1. APRESENTAÇÃO

O sistema de construção de concreto compactado com rolo vibratório aplicado a uma barragem de gravidade faz frequente a aparição de juntas de construção horizontais: isto é consequência da colocação em camadas de reduzida espessura (30 a 80 cm), limitado pelo rendimento das equipes de compactação usuais no mercado. A aparição de juntas, introduz na estrutura, planos potenciais de enfraquecimento, cujo comportamento mecânico é necessário avaliar. Para se estabelecer uma base adequada para estimar as condições de ruptura das juntas entre camadas de uma barragem, foi necessário reproduzir o método construtivo sobre corpos de provas de laboratório e idealizar um: ensaio capaz de simular o estado de tensão na junta em condições de ruptura.

4.4.3.2. PLANO DE JUNTAS

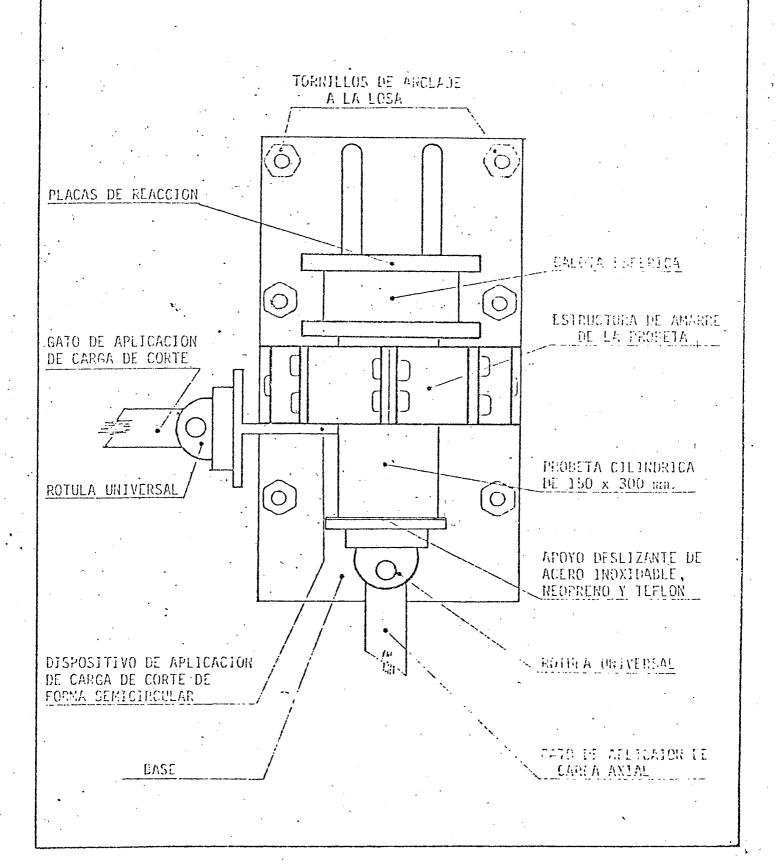
Em função das condições previsíveis de construção, se tentou reproduzir na escala de laboratório os possíveis tratamentos de juntas entre camadas de concreto. Com esse fim, se confecionaram cor
por de prova cilíndricos de 250 mm de diâmetro por 500 mm de comprimento, assumindo sua adequada representativade em função da informação pesquisada.

Os corpos de prova foram compactados até a metade de sua altura em 2 camadas sucessivas; se reproduzia o tempo de espera especificado mantendo úmida a superfície exposta; aplicava-se o tratamento correspondente e logo ao completar seus volumes, eram conservadas em condições normalizadas de cura até a idade de ensaio, estabelecida em 90 dias.

4.4.3.3. TRATAMENTOS APLICADOS

- Sem tratamento: se mantinha úmida e limpa a superfície.
- Tipo I: Limpava-se com ar e agua, sob pressão, a superfície.
- Tipo II: Colocava-se uma "mistura de berço" sem tratamento previo sobre a superfície.
- Tipo III: Aplicava-se o tratamento tipo I e logo se colocava uma "mistura de berço".
- 4.4.3.4. EQUIPO DE ENSAIO DE CISALHAMENTO COM COMPRESSÃO UNIAXIAL (Ver FIGURA 7):
 - O ensaio está projetado de tal forma a representar as condições de

FIGURA 7 - ESQUEMA DEL EQUIPO DE ENSAYO DE CORTE CON CONFINAMIENTO UNIAXIAL



trabalho das juntas horizontais, que se produzem durante a construção em camadas, deste tipo de obra. O sistema está apto para trabalhar com corpos de prova cilíndricos de 250 mm de diâmetro por 500 mm de longitude e sua capacidade é de 250 kN. Mediante este dispositivo e um plano de ensaios que contempla distintas alternativas de tratamentos e condições de exposição de juntas, se pode obter uma informação muito prática para a adoção das decisões técnicas adequadas durante a etapa construtiva e o controle posterior do comportamento da represa.

O equipo para o ensaio tem um desenvolvimento horizontal a nível do piso, obtido mediante a combinação do acionamento de dois macacos hidráulicos dispostos em direções ortogonais entre si, com sis temas de reação e suporte constituídos por estruturas de aço ancoradas numa fundação de 2 m de espessura (FOTOGRAFIA 1).

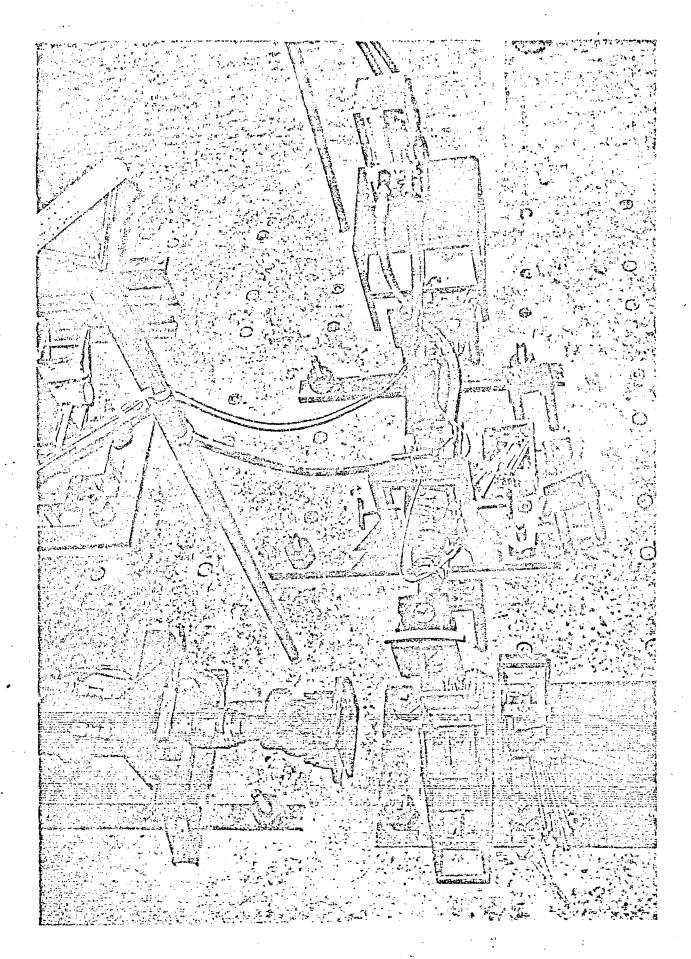
Os macacos são acionados por servomecanismos controlados eletronicamente desde um painel de comando centralizado. Podem-se controlar 2 variáveis, o deslocamento do pistão e a carga aplicada (FOTO GRAFIA 2).

A cabeça de transmissão da carga axial se construiu de forma a garantir o deslocamento lateral do corpo de prova, quando é solici tada pelo esforço de corte, diminuindo ao máximo o atrito. Ensaiaram-se várias alternativas, adotando-se finalmente como elemento de transmissão uma placa berço de aço inoxidável, neoprene e teflon, comprovando-se na prática os bons resultados do dispositivo. (FOTOGRAFIA 3).

A centragem da carga axial se obteve mediante uma calota esférica adicionada a placa de reação.

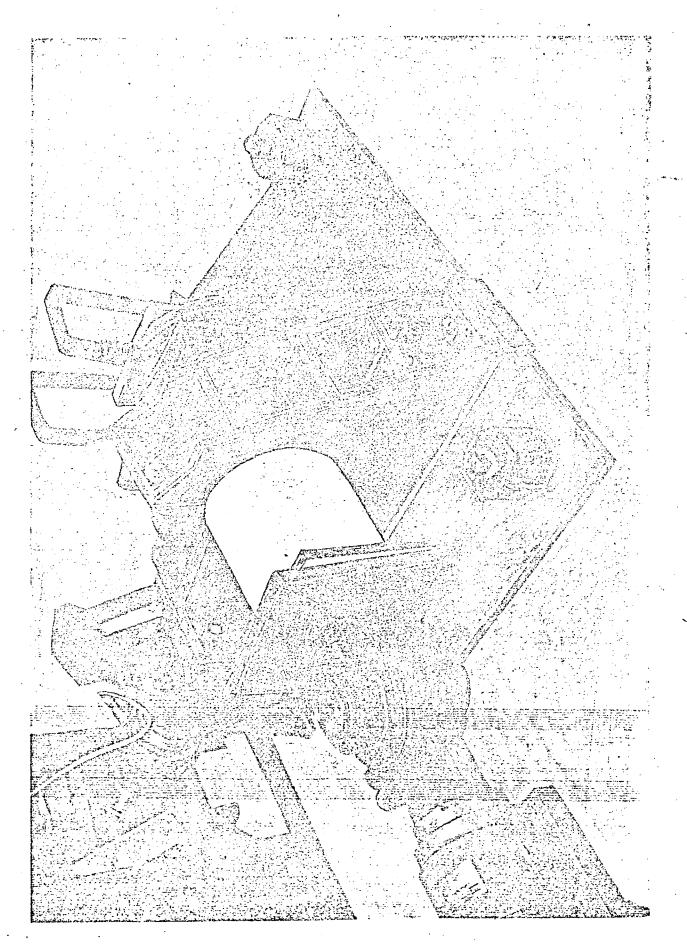
A carga de cisalhamento se transmite através de uma placa adaptada a forma do corpo de prova, com interposição de uma haste trefilada, cuja função é uniformizar a mesma, eliminando ou suavizando picos de tensões.

O sistema de fixação dos corpos de prova consta essencialmente de um conjunto de placas de aço convenientemente reforçadas e unidas por uma peça que tem a forma de uma secção lateral de um cilindro oco. O conjunto pode mover-se ao longo das guias fixadas na placa base e ajustar-se convenientemente mediante parafusos ou um sistema simétrico fixo no lado oposto; desta maneira, se obtém uma fixação prática e seguro dos corpos de prova (FOTOGRAFIA 4).

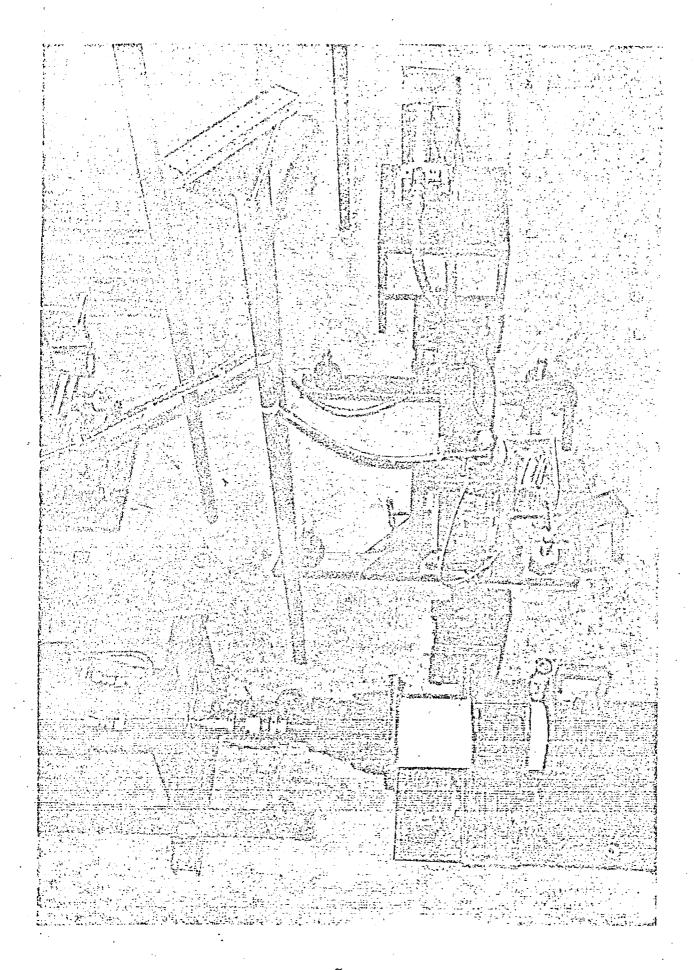


FOTOGRAFIA 1 - EQUIPAMENTO DE CISALHAMENTO





FOTOGRAFIA 3 - CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO DE CARGA



FOTOGRAFIA 4 - SITUAÇÃO DURANTE O ENSAIO

A operação do ensaio é muito sensível, coloca-se o corpo de prova no sistema de fixação, obtendo um ajuste uniforme através de uma delgada camada de gesso; uma parte do corpo de prova fica livre de tal forma que coincida a secção de ensaio com a linha de carga de corte.

Antes ao ajuste final, se carrega axialmente o corpo de prova a fim de evitar deslocamentos prévios ou deformações que possam afetar os resultados. Uma vez que o gesso esteja endurecido, se procede ao ensaio propriamente dito, carregando lateralmente com um dos macacos, controlando por meio de servomecanismos adequados a velocidade de deslocamento do pistão; enquanto o outro macaco aplica a compressão axial especificada, mantendo-a constante durante todo o ensaio, mediante um sistema similar ao anterior. O ensaio prossegue até um nível de carga de cisalhamento para o qual se produz uma diminuição drástica de absorção de esforços por parte do material considerada esta a situação de ruptura da peça; a carga máxima de corte fica registrada na memória do painel de controle. Com a série de valores dos ensaios se podem obter os parâmetros de cisalhamento do material, definindo desta maneira seu provável comportamento mecânico frente ao estado de solicitação estudado.

Durante a etapa de ajuste do equipamento, se mediram: o giro do corpo de prova no engaste e o giro total da estrutura quando se aplicava a carga máxima de cisalhamento. Constatou-se que estes giros não produziam perturbação apreciável nos resultados de ensaio.

A fim de completar a informação obtida mediante o ensaio de corte combinado com compressão axial descrito anteriormente, resolveu-se efetuar alguns ensaios de tração direta sobre corpos de prova cilindricos de igual forma e volume que os empregados no citado ensaio, e em condições similares de elaboração, tratamento e tempo de exposição de juntas.

Como consequência da análise dos resultados obtidos até o presente, tendo em conta as operações de ajuste, provas preliminares e medições adicionais efetuadas; podem-se fazer os seguintes comentários:

- As curvas de resistência no plano das coordenadas intrinsecas
(%,%) têm marcada tendência linear até os valores positivos dos
eixos, desconhecendo-se sua forma nos pontos próximos aos de
abscissas próximas a zero, nos pontos da zona onde a
abscissa troca de sinal. Para fins práticos, se poderia adotar

para esta zona uma curva de segundo grau tangente à reta de correlação ((,,)) e que passe pelo ponto de abscissa ((resistência à tração direta).

- ~ Os valores obtidos de coesão resultaram ser da ordem de 1,5 vezes a tração direta.
- A relação entre a tração direta e a tração por compressão diametral resultou ser a observada em concreto de baixo conteúdo de cimento, entre 10% e 15%.
- Não se observaram diferenças apreciáveis nas resistências em fun ção dos tempos de exposição de juntas e da limpeza ou não com agua e ar sob pressão das superfícies expostas.
- A dispersão observada nos resultados obtidos resultou ser muito baixa, o que indica tamanho conveniente das amostras e controle adequado sobre as variáveis operacionais.
- Os ensaios de cisalhamento e tração direta descrito resumidamente não proporcionam informação suficiente para descrever o comporta mento real das juntas na barragem, mas que devem ter-se em conta formando parte do conjunto de informação global proporcionado pe lo conjunto dos ensaios de laboratório, das observações de obra e da experiência em obras similares, a fim de proporcionar uma base adequada para estimar as condições de colapso.
- Acredita-se que a metodologia e equipamentos aqui descritos são aptos para um estudo mais profundo do concreto compactado, com rolo vibratório, cujas propriedades mecânicas e físicas não se conhecem todavia com um grau suficiente de certeza para diminuir drasticamente a quota de empirismo no desenvolvimento de sua tec nologia.

4.4.4. ELEVAÇÃO DE TEMPERATURA ADIABÁTICA

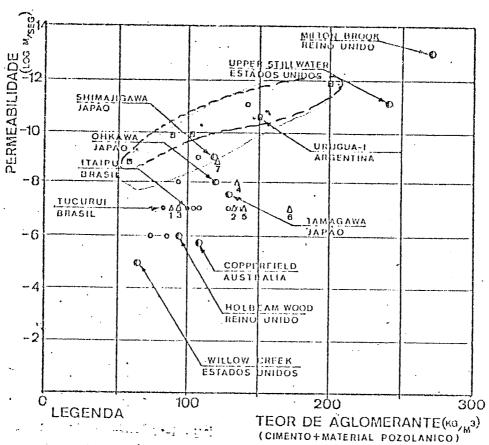
Este ensaio, como outros ensaios térmicos, foram executados no laboratório de ITAIPU BINACIONAL. O GRÁFICO 7 da clara ilustração das curvas de elevação adiabática da temperatura.

4.4.5. PERMEABILIDADE

Também estes ensaios estão sendo conduzidos no laboratório de ITAI PU. Pode-se apreciar com base no teor de cimento, que os resultados são positivos em relação a outras experiências no mundo (Ver GRÁFICO 8).

4.5. 4a. ETAPA - Durante o mes de Janeiro de 1987, se executaram 3 lajotas, formadas cada uma das quais de duas camadas, deixando as juntas expostas, respectivamente, 24 h., 48 h., e 72h., parte das quais se localizaram sob cobertura e o restante na intempérie.

50. T - BSC	DIVISÃO DE E CONTROLE	LABORATÓRIO, IH INDUSTRIAL E	STRUMEUTAÇÃO OO CONCRETO	MUSENER)
ASSUMÍO: ELEVAÇ	Αυ ΑΒΙΑΒΆΤΙσΑ	- EUSAIO DE	OKOONV - 1	**Contribution of the indicated and indicated applicable in the contribution of the co
[52] 33 <u></u>	7	. — 10 — 10 — 10 — 10 — 10 — 10 — 10 — 1	- 0 n + n k	672 (HOPAS)
TAMENO MAX 036 mm		DÃO MOX O 76 mm	00000000000000000000000000000000000000	19.25 10.50 17.20 7.37 10.50 17.20 576 600 524 543 677 600 524 543 7.37 10.50 17.20 7.37 10.50 17
		TAMBÜC	COWFGE A / G A / G A / B A / B / B / B / B / B / B / B / B / B /	ADIABÁTICA
	700			03 5:2 13 13 1
	A C C C C A	Mara Mara Mara Mara Mara Mara Mara Mara		215 243 264 9 13 11 7 - ELEVAÇÃ(
				5 122 144 163 192.
				2
	1	Anotana past		



O-FNSAIOS DE LABORATORIO-TUCURUI B-ENSAIOS DE LABORATORIO-URUGUA-I D-ENSAIOS SOBRE CAROTES DE OBRAS NO BRASIL D-INFORMAÇÕES DE CORTEZIA DE M.R.DUNSTAN

FIGURA 8 - VALORES DE PERMEABILIDADE

A forma de construção foi similar à que supostamente se adotará na obra para a construção da barragem. Aos 90 e 180 dias, se corta - rão "damas" sobre as que se realizaram as provas, utilizando-se a técnica habitual em mecânica de rochas (ver GRÁFICO 9).

O objetivo fundamental destes ensaios é o de confirmar os resultados que se obtenham nos ensaios análogos que estão sendo feitos no INTI, focalizando a atenção nas condições determinantes, neste caso, até 24 h.

4.6. 5a. ETAPA - CONCRETOS CONVENCIONAIS

Para as fundações e o paramento de montante, se busca um concreto com baixo conteúdo de cimento e impermeabilidade de pelo menos $10^{-10}~{\rm cm/seg}$.

Para o vertedouro, o concreto deve ter alta resistência (fck 210 kg/cm2), alto índice de durabilidade e boa trabalhabilidade

O concreto de "berço" também requer tamanho max. 19 mm, assentamen to 18 cm, boa homogeneidade de pasta e alta resistência.

Todos estes concretos estão em avançada fase de estudo.

4.7. 6a. ETAPA - CONSTRUÇÃO "IN SITU" DE UM ATERRO EXPERIMENTAL

Nos últimos dias de Dezembro de 1986, iniciou-se a construção em obra, de um aterro experimental, que terminou junto com as lajotas para ensaios de cisalhamento nos primeiros dias de janeiro de 1987.

As dimensões e as características do aterro experimental aparecem nos CROQUIS 10 e os objetivos principais foram: verificar na escala de obra, as condições de aptidão das misturas propostas e verificar os valores obtidos em laboratório.

O concreto rolado foi produzido em uma central de concreto convencional com betoneira basculante de 3 m3, marca CIFA. Buscou-se a possibilidade de utilizar os meios e métodos que se utilizaram para a construção da barragem, desde o transporte à colocação, desde seu espalhamento à sua compactação.

Aos 90 dias, se farão extrações de testemunhos para proceder aos ensaios comparativos.

Durante a construção do aterro, se pode observar principalmente:

- A inadaptabilidade do fino natural (limo) para climas de alta umidade e frequentes precipitações como o da Provincia de Misiones.

\$25

- A facilidade de compactação que reune a mistura PMG, também em condições de excesso de umidade. Se medirão densidades "in situ" com densimetro nuclear e se compararão com o método do cone de areia, chegando a resultados próximos a 98% da densidade teórica.

5. COMENTÁRIOS

Os redatores desterelato, que a distintos níveis e em distintas tarefas têm intervido no desenvolvimento do projeto hidroelétrico URUGUA-Í na Prov. de Misiones, Argentina, tentam resumir os principais elementos de análise e conclusões alcançados na definição da barragem principal em concreto rolado.

O concreto rolado ja aplicado em varias obras no mundo, ainda não conta com uma tecnologia consolidada tal que permita sua aplica - ção sem maiores dúvidas ou indefinições.

Não resta outro caminho a seguir que não seja apoiar-se, em geral, sobre as experiências e problemas vividos por outros e cumprir pre viamente - para o caso particular em análise - uma série detalhada de pesquisas, provas de laboratório e de campo, tais que permitam assegurar o cumprimento dos condicionamentos que se definam ao lon go do desenvolvimento dos estudos. Uma boa dose de empirismo, sobre o caso em análise, é necessária para chegar a resultados aceitáveis.

Seria muito extenso enumerar todos os aspectos estudados e ensaiados ao longo de aproximadamente 2 anos de trabalho e que ainda devem prolongar-se um ano mais.

Os controles sobre a obra executada darão a certeza se os critérios de projetos adotados são corretos.

A equipe de trabalho que projeta esta barragem entende estar no caminho correto e assim atingir o desenvolvimento e avançar nesta tecnologia.

O concreto rolado não é tratado por similaridade a um concreto con vencional. Conjuga e soma todos os elementos intervenientes, sejam técnicos, como metodológicos de construção e de vida da barragem, uma vez posta em operação.

O concreto rolado é um material com características e comportamento proprios, ainda pouco conhecidos. As vantagens até agora demonstradas são importantes.

É de se esperar que a leitura deste trabalho seja de interesse aqueles que estão envolvidos num projeto similar.

The same of the sa

- (1) ASTM-C-150 Specifications for Portland Cement.
- (2) Mass Concrete for Dams And Other Massive Structures ACI Committee 207. ACI Journal April, 1970.