



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

WALDERIO RODRIGUES DE OLIVEIRA FILHO

TRANSPORTE DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

Recife

2013

WALDERIO RODRIGUES DE OLIVEIRA FILHO

TRANSPORTE DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao Programa de Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), como requisito parcial para obtenção do grau em Engenharia Civil, sob orientação do Prof. José Roberto Gonçalves de Azevedo.

Recife

2013

TRANSPORTE DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado em 24 de maio de 2013 para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Banca Examinadora:

José Roberto Gonçalves de Azevedo

Orientador

Alfredo Ribeiro Neto

Banca Examinadora

Sérgio Luiz Pontes

Banca Examinadora

Catálogo na fonte
Bibliotecário Marcos Aurélio Soares da Silva, CRB-4 / 1175

O48t Oliveira Filho, Waldério Rodrigues de.
Trasporte de água para irrigação / Waldério Rodrigues de Oliveira Filho. –
Recife: O Autor, 2013.
58 f.: il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Gonçalves de Azevedo.
TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Departamento de Engenharia Civil, Recife, 2013.
Inclui referências.

1. Engenharia civil. 2. Sistema de irrigação. 3. Perímetro irrigado. 4. Canal
de adutor. I. Azevedo, José Roberto Gonçalves de (Orientador). II. Título.

UFPE

624 CDD (22. ed.)

BCTG / 2013

Resumo

É cada vez mais constante a necessidade de aumento da produção agrícola. A Irrigação vem ao longo das últimas décadas cumprindo um importante papel, garantido oferta hídrica regular aos cultivos e proporcionando maior produtividade.

É através da irrigação que regiões com baixos índices de pluviosidade, mantêm grandes perímetros irrigados onde antes, por técnicas convencionais, seria impossível produzir. O reflexo disso é o crescimento não só do setor da agricultura, mas também outros que em cadeia transformam economicamente regiões, gerando emprego e renda.

Contudo é necessário o transporte da água para esses perímetros, e isso requer uma grande infraestrutura capaz de levar a quantidade de água necessária aos irrigantes. Da captação até a plantação propriamente dita todo um sistema deve ser construído, onde em fase de planejamento devem ser levados em conta inclusive os aspectos relacionados a operação e manutenção.

Vencer elevações do terreno, e aspectos geotécnicos locais aliados às condições hidráulicas requeridas pelo sistema se configura muitas vezes em um grande desafio de engenharia. Onde os elementos técnicos devem ser observados também do âmbito financeiro, procurando a solução mais eficiente com o menor custo de implantação e operação possíveis.

O presente trabalho se configura num Estudo de caso, do Projeto Hidroagrícola Michoacán, no México. Onde um perímetro em funcionamento sofreu uma sobrecarga de áreas irrigadas, não previstas inicialmente, o que levou a um colapso deste em determinados sub-setores.

Foram apresentadas as soluções técnicas de captação e canal adutor, implantados em uma região com topografia extremamente íngreme onde foram necessários diversos cortes em rocha e solo conglomerático. Apresentando em resumo os aspectos de um projeto executivo de sistema de transporte d'água para fins de irrigação.

Palavras chave: Sistema de Irrigação, Perímetro Irrigado, Canal de Adutor;

Lista de Figuras

Figura 1: Produção Mundial de Etanol 2011/2012	12
Figura 2 - Área Irrigada no Mundo	14
Figura 3 - Área Cultivada versus Produtividade	15
Figura 4 - Evolução do Ranking Brasileiro	16
Figura 5 - Aumento da Área Irrigada - 1996/2006	16
Figura 6 - Perímetro Irrigado Nilo Coelho - (Petrolina - PE)	17
Figura 7 - Localização da Área - Projeto Hidroagrícola de Michoacán.....	22
Figura 8-Conflito de uso da água no projeto Cupatitzio-Cajones (Módulos 1, 2 e 3)	24
Figura 9 - Canal Proposto e Canais Existentes.....	26
Figura 10 - Diagrama de Áreas, Fluxos e Vazões.....	30
Figura 11 - Barragem Francisco J. Mujica - Planta	31
Figura 12-Isoietas Bacia Cupatitzio.....	32
Figura 13-Isotermas Bacia Cupatitzio	33
Figura 14 - Curvas de Mesmo Rendimento Hidrológico de Coutagne (%)	34
Figura 15-Gráfico – Vazões Regularizadas.....	39
Figura 16 - Barragem em Operação - Ombreira Direita	40
Figura 17 - Barragem em Operação - Ombreira Esquerda	40
Figura 18 - Tomada D'água	41
Figura 19 - Início do Canal Adutor.....	41
Figura 20 - - Layout Geral do Sistema Adutor	44
Figura 21 - Segmentos de Canal.....	45
Figura 22 - Esquema com Controles de Nível.....	47
Figura 23 - Esquema com Comporta Hidromecânica.....	48

Figura 24 - Comporta Hidromecânica para Controle de Nível - Nível	49
Figura 25 - Seção em encosta	51
Figura 26 - Seção Tipo em Encosta	52
Figura 27 - Trecho Inicial - Corte em Rocha e Conglomerado	53
Figura 28 - Seção tipo Mista de Corte e Aterro	54
Figura 29 - Execução do Revestimento	55

Lista de Tabelas

Tabela 1- Agricultura no Mundo	13
Tabela 2 - Potencial de Irrigação no Brasil.....	18
Tabela 3 - Demandas de Irrigação	27
Tabela 4 - Área a ser atendida	28
Tabela 5 - Vazões do Canal Adutor	29
Tabela 6- Cotas Máximas de Acumulação, Alturas de Água Acumulada e Volumes Acumulados.....	37
Tabela 7-Evaporações Médias Mensais – Lago Francisco J. Mujica	37
Tabela 8-Vazões Regularizadas com 90% de Confiança de ser Ultrapassada	38
Tabela 9-Vazões Regularizadas com 90% de Confiança	39
Tabela 10 – Características do Canal Adutor.....	49
Tabela 11 - Características das Seções de Concreto	54

SUMÁRIO

1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
1.1	– INTRODUÇÃO	10
1.2	IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA IRRIGAÇÃO	11
1.3	IRRIGAÇÃO NO BRASIL.....	15
1.4	DEMANDA HÍDRICA.....	18
1.5	INFRAESTRUTURA DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO.....	19
2	ESTUDO DE CASO: PROJETO HIDROAGRÍCOLA MICHOACÁN	21
2.1	OBJETIVO	21
2.2	CARACTERIZAÇÃO DA ÀREA	21
2.3	CARACTERÍSTICAS DO PERÍMETRO IRRIGADO	26
2.4	BARRAGEM FRANCISCO J. MUJICA.....	31
2.5	CAPTAÇÃO	41
2.6	CANAL ADUTOR – CARACTERÍSTICAS GERAIS.....	42
2.7	LAYOUT GERAL DO SISTEMA.....	43
2.8	CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS.....	44
2.9	CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DAS SEÇÕES DE TERRAPLENAGEM.....	50
2.10	DETALHES CONSTRUTIVOS.....	54
3	CONCLUSÕES	57
4	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 – INTRODUÇÃO

Irrigação é o processo em que se garante oferta hídrica para agricultura, com o intuito de viabilizar ou aprimorar a produção. Vieira & Teles (2001) classificam a irrigação a partir de duas condições: obrigatória e suplementar.

Sendo a primeira quando os totais anuais de precipitados são insuficientes para suprir as necessidades hídricas do cultivo, se tornando impossível um processo de agricultura racional. E suplementar quando embora se tenha chuvas suficientes, estas se distribuem de forma irregular ao longo da safra, causando queda de produtividade e qualidade do que é produzido.

Do ponto de vista técnico, para a implantação de um perímetro de irrigação, como é denominada área que se beneficia de irrigação, vários são os fatores condicionantes. Contudo pode se destacar dois como os principais: disponibilidade hídrica e presença de terras irrigáveis. Terra irrigável é a área sob um plano específico, onde a água está ou poderá tornar-se disponível, e que possua ou planeja-se prover com irrigação, drenagem, proteção contra enchentes e outras instalações necessárias a um projeto de irrigação. (Carter 2002).

O solo deve possuir boa capacidade de armazenamento de água, baixa capacidade de infiltração para evitar perda excessiva desta por percolação abaixo da zona das raízes e profundidade suficiente para permitir o desenvolvimento da planta. É comum em regiões que possuem poucas parcelas de terra irrigável, estas serem denominadas de manchas de solo.

Antes das fases de projeto e implantação (obras), se configura a fase de viabilidade técnica econômica e financeira. Para isso é necessário atender os requisitos estabelecidos pela autoridade responsável pelo desenvolvimento dos recursos hídricos e de terra em estudo ou pela instituição financeira responsável pelo financiamento do projeto. (Carter 2002).

Prover infraestrutura de engenharia requer muitas vezes, financiar em fase de implantação a construção de grandes obras hidráulicas, e na operação garantir a

manutenção destas. Ao longo da vida útil alto são os custos, relacionados ao sistema de bombeamento, para o qual a energia elétrica se configura como o principal insumo.

Tudo deve ser quantificado em fase de planejamento e devidamente otimizado. Gerando de acordo com as condições regionais (solo, disponibilidade hídrica, mercado consumidor) condições para que ao longo do tempo se tenha retorno do dinheiro investido. Garantir sustentabilidade financeira é um dos principais objetivos, maximizando produção ao longo de vários anos. Fator este que é quase impossível de se prever com a agricultura com técnicas tradicionais (sem irrigação).

Segundo Elwood *et al.*(2002) As análises financeira e econômica, devem ser consideradas como dois estudos distintos. A primeira é feita do ponto de vista dos irrigantes individuais, ou do órgão governamental. Enquanto a outra deve medir os efeitos do projeto na economia, ao longo do tempo.

Em suma, no estudo financeiro se verifica se o negócio tem rentabilidade razoável, ou seja, tenta-se prever o lucro. A análise econômica avalia os impactos do que será produzido na renda regional.

Este é um dos principais efeitos da agricultura irrigada. Onde o aumento da produtividade gera uma circulação de bens e serviços que são absorvidos e aproveitados para toda a região. Aumentando os índices de emprego e renda e disponibilizando para o comprador final um produto com maior qualidade.

1.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA IRRIGAÇÃO

Nas últimas décadas a agricultura sofreu significativos avanços. Produz-se cada vez mais com menos área plantada. Alguns fatores são a crescente mecanização, disseminação de defensivos agrícolas e da busca do uso racional da água. Impulsionado por fatores como: Aumento populacional, crescente do poder de consumo e conseqüentemente de alimentos e a busca por novas matrizes energéticas.

A população mundial que no ano de 2011 chegou a marca de 7 bilhões, e que se estima que se chegará a casa dos 9 bilhões em 2050 (ONU, 2012), sendo destes 70% em zonas urbanas. Tudo isso se configura como uma demanda cada vez mais significativa por alimentos e um verdadeiro desafio para a agricultura.

Além do aumento populacional, outro fator que se configura atualmente é a dependência mundial por petróleo como fonte energética. Busca-se, portanto alternativas que poluam menos. E para tanto fortaleceu nas últimas décadas o uso de biocombustíveis, principalmente o etanol. Este tem como principais matérias primas cana-de-açúcar ou milho. Estados Unidos (etanol de milho) e Brasil (etanol de cana-de-açúcar) são os maiores produtores, e para garantir esta produção (ver figura 01) tem de implantar significativas áreas agrícolas. A safra 2011/2012 teve hectares no mundo para uma produção de 82 bilhões de litros.



Figura 1: Produção Mundial de Etanol 2011/2012

Fonte: Economics FNP (2012)

Como uma forma de dar suporte a toda esta demanda, nas últimas décadas a agricultura evoluiu. A ponto de nos últimos 50 anos a área plantada cresceu 12% enquanto que a produção agrícola quase que triplicou (FAO, 2012). Toda essa parcela da produção gera movimentação financeira, tomando parcelas importantes do PIB (Produto Interno Bruto). Na tabela 01, verifica a proporção de área destinada

para agricultura em cada continente, suas populações e o percentual que a agricultura representa nos PIB's dos respectivos continentes.

Tabela 1- Agricultura no Mundo

Fonte: Fonte: <http://www.fao.org/nr/aquastat> Atualizado: Dezembro 2012.

Continente	População [1000 hab.]	Superfície Cultivada [1000 ha]	% PIB na Agricultura
África	1.044.306	330.511	15
América	942.393	402.384	2
Ásia	4.213.345	551.116	8
Europa	740.388	253.078	2
Oceania	29.307	484.475	3
Mundo	6.969.739	2.021.563	4

*Total da Superfície cultivada representa 11% da Superfície do mundo.

Em geral verifica-se que para o ano de 2010, a agricultura representou 4% de todo o PIB mundial (FAO, 2010). E grande parcela de tudo que foi produzido adveio do uso de técnicas de irrigação, onde a área irrigada pode ser estimada a partir da Figura 02:

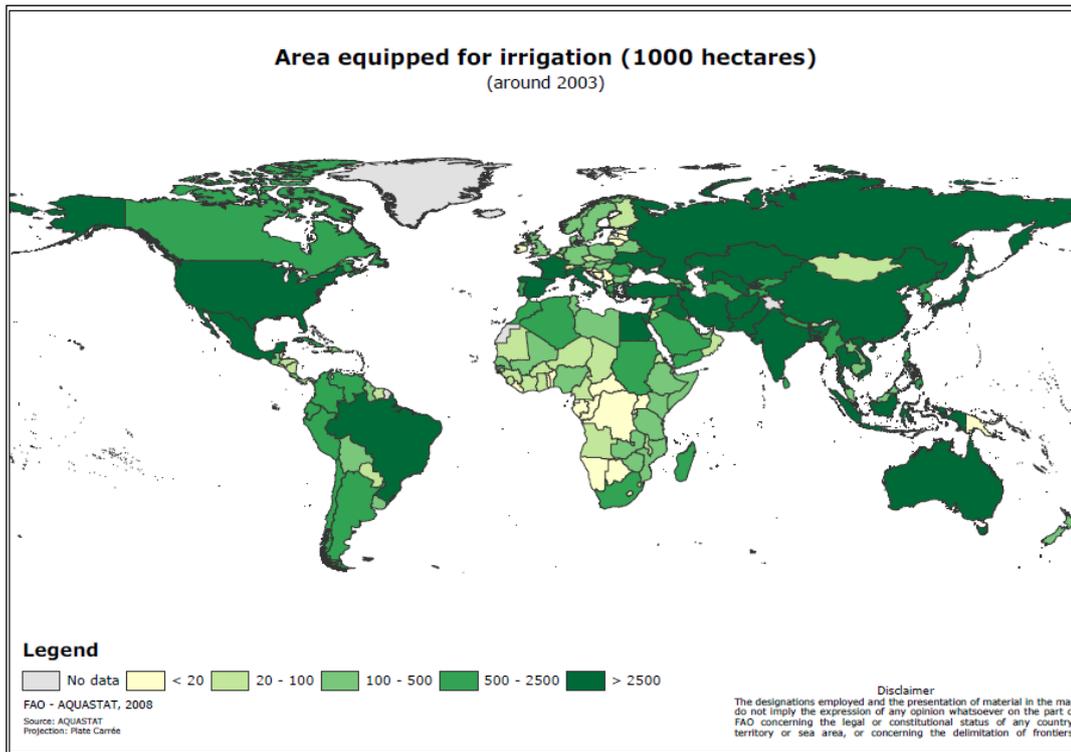


Figura 2 - Área Irrigada no Mundo

Fonte: FAO, Aquasat -2008

Esse aumento na eficiência veio em parte pela modernização da agricultura (mecanização, defensivos agrícolas), em parte pelo aumento de áreas que se utilizam de técnicas de Irrigação. Estima-se que para área total plantada no mundo 18% sejam irrigados. Contudo esses mesmo 18% são responsáveis por 42% do total do que de tudo que é produzido (FAO, Aquasat 2008).

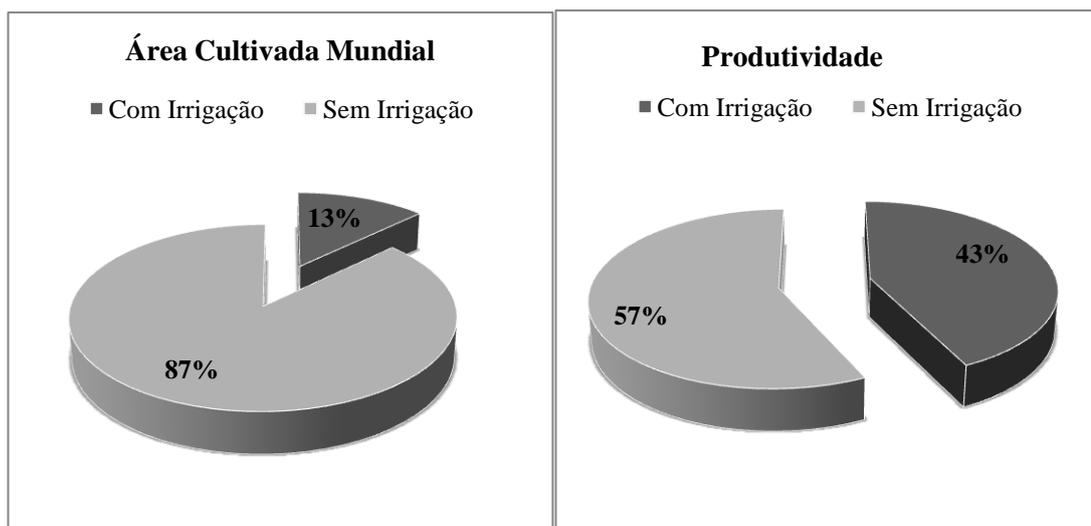


Figura 3 - Área Cultivada versus Produtividade

Fonte: FAO, Aquasat -2008.

1.3 IRRIGAÇÃO NO BRASIL

Em nosso país até a década de 70 o setor da irrigação ainda era muito incipiente. Sendo o seu uso principal visto em plantações de arroz no sul do país através de alagamento. As maiores incorporações de áreas irrigadas no Brasil ocorreram nas décadas de 70 (1.300.000 ha) e 80 (1.100.000 ha). Isto com o reflexo imediato da disponibilidade de linhas de crédito para irrigação privada e existência de programas governamentais (HEINZE, 2002).

Nos últimos anos, segundo dados de 2011 do Ministério da Integração Nacional, o Brasil elevou sua capacidade de produção com irrigação conforme a Figura 04, onde se estima valores em milhões de hectares.

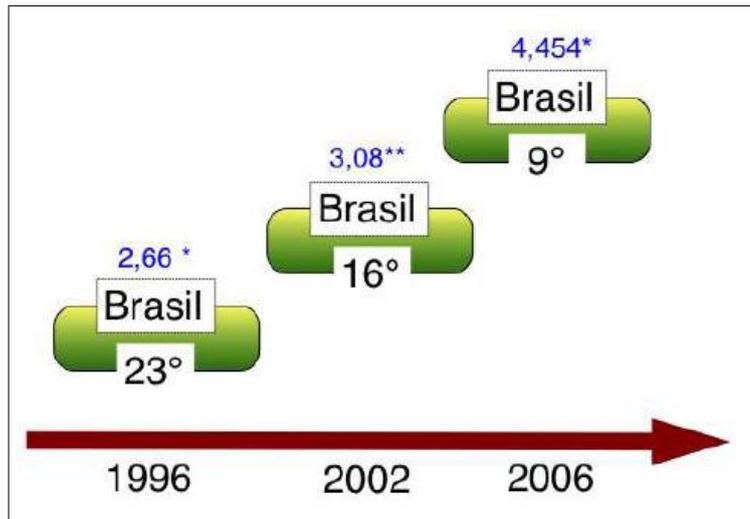


Figura 4 - Evolução do Ranking Brasileiro

Fonte: Ministério da Integração Nacional, 2011

IBGE (2006) coloca as proporções desse crescimento por região do país, conforme figura abaixo, onde é visível o destaque ao crescimento da região nordeste. Impulsionado por iniciativas da Companhia do Desenvolvimento do Vale do São Francisco e Parnaíba – CODEVASF, órgão hoje ligado ao Ministério da Integração Nacional.

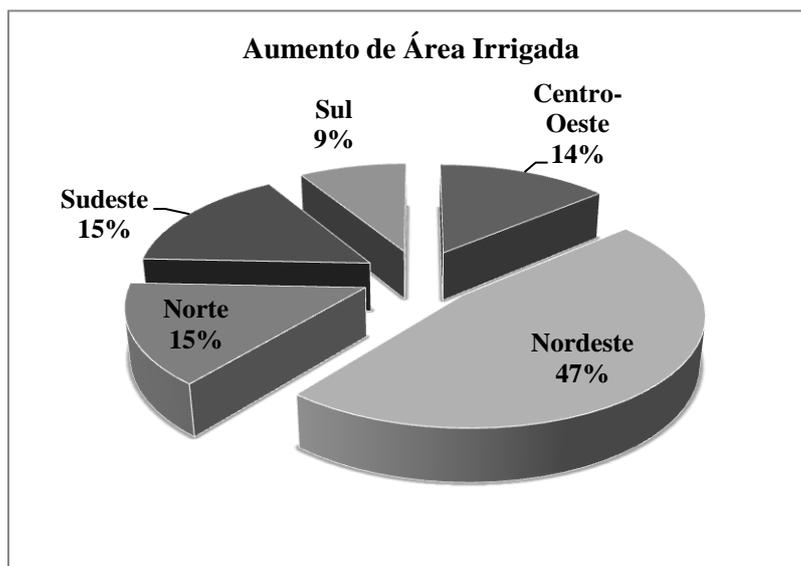


Figura 5 - Aumento da Área Irrigada - 1996/2006

Fonte: IBGE (2006)

No Vale do São Francisco podemos destacar os perímetros irrigados nas cidades de Petrolina – PE e Juazeiro – BA. Nestas é significativo o investimento no setor de fruticultura. Se configurando também num polo de exportação, com destaque para os perímetros irrigados que produzem uva, manga.



Figura 6 - Perímetro Irrigado Nilo Coelho - (Petrolina - PE)

O desenvolvimento gerado pelo setor agrícola se expande para outros setores da economia. Estes apresentam um papel relevante como indutores do desenvolvimento rural. No entanto, esses investimentos apresentam também um papel vital na atração da iniciativa privada à localidade, afetando, deste modo, a economia da região e, em consequência, seus níveis de emprego não só no meio rural, como também no meio urbano. Reflexo disso é o crescimento do PIB da Região (SOBEL & ORTEGA, 2006).

Muito tem de ser ampliado na agricultura irrigada brasileira. A tabela 2, abaixo, apresenta o potencial de crescimento da agricultura irrigada em nosso país de acordo com dados de do Ministério da Integração (2011):

Tabela 2 - Potencial de Irrigação no Brasil

Fonte: Minisitério da Integração (2011)

Potencial de Irrigação no Brasil [1000 ha]	
Norte	14598
Nordeste	1304
Sudeste	4229
Sul	4507
Centro-Oeste	4926

Deve se ressaltar que da mesma forma que a economia do setor se irrigação cresceu, esta exigiu ao longo do tempo, evolução das soluções técnicas. Como se não bastasse o papel do setor de Engenharia de Irrigação, proporcionando cada vez mais sistemas mais eficientes, para reduzir o desperdício de água.

Esta demanda também fez gerar diversas obras de infraestrutura hídrica para dar suporte aos perímetros irrigação. O desafio de conduzir água, dos mananciais até o ponto de consumo, requer estruturas que oneram a implantação do sistema e conseqüentemente se configuram como um desafio não só técnico, mas também financeiro.

1.4 DEMANDA HÍDRICA

O dimensionamento do sistema adutor depende da vazão que o mesmo vai transportar. Para isso deve se introduzir o conceito de Demanda Unitária, que se configura na demanda que cada hectare produzido consome de água.

Este se faz através de três fatores preponderantes, o consumo de água por parte da planta, o tipo de solo e as condições hidrológicas do local que interferem em fatores como evapotranspiração (Proyecto de Zonas de Riego, 1946).

A quantidade de água que se tem de se dispor, vem do somatório das demandas hídricas das culturas. Estudos são necessários para otimizar essa quantidade afim de diminuir os custos com o sistema adutor, bem como não disponibilizar água em excesso ao conjunto solo-planta o que pode ocasionar entre outras coisas a perda de produtividade e risco de salinização do solo.

Para suprir de água uma região de irrigação deve suprir água com a vazão requerida, para o ao longo do ano e isso requer todo um conjunto de obras de Engenharia, que vão desde reservatórios para regularizar vazões até sistemas de transporte (Canais e Adutoras) e redes de distribuição dentro dos lotes.

1.5 INFRAESTRUTURA DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

Um sistema de irrigação necessita de diversas estruturas. Para levar água do local de captação até o perímetro diversa estruturas são necessárias. Abaixo podemos ver algumas delas conforme Richard et al., 1999):

Captação:

É o local de onde se inicia o sistema. A mesma tem de por características principais a de possuir a vazão máxima para o sistema e tem a cota inicial para o cálculo do perfil hidráulico do sistema como um todo.

Existem dois tipos de captação, diretamente de um rio ou de um reservatório de regularização. Quando a captação é feita através de um canal, este também pode ser chamado de canal de aproximação.

Condução da água

A partir da captação a água, esta deve ser conduzida até o perímetro de irrigação. Nesta etapa o sistema deve comportar a vazão demandada pela cultura. Para isto existem dois tipos principais de sistema de condução: Canais Abertos e Tubulações (adutoras) ou por gravidade ou de recalque. Este último é utilizado quando não se consegue enviar água por gravidade, fazendo para isto o uso de sistema de bombeamento e seus custos associados.

Grandes obras hidráulicas podem surgir, com grandes volumes de terraplenagem, ou com sistemas de bombas e tubos. Tudo isso deve alinhar as condições hidráulicas de escoamento, existentes de topografia e geotecnia, alinhados com a futura operação do sistema.

Rede de Distribuição:

O processo seguinte quando se projeta um Sistema de Irrigação, é o projeto da rede de distribuição. Que consiste na rede que leva do sistema de condução que se ramifica e leva ao irrigante a água necessária.

Proyecto de Zonas de Riego (1946) define como sendo três os principais métodos:

- **Por turnos, ou Rotação:** Quando se dá em função de um regime pré-fixado, determinando vazões altas durante os menores períodos de tempo e ficando vazia em períodos alternados.

Este método se aplica bem quando se têm superfícies extensas de suave relevo, com solos uniformes e onde se pratica monoculturas.

- **Por Demanda Livre:** A distribuição de água se dá no momento e na quantidade solicitada pelo irrigante, dentro de prazos gerais fixados.
- **Por Fluxo Contínuo:** Se entrega ao agricultor uma vazão constante de água, durante 24 horas e de forma intermitente.

A aplicação deste método se limita a grandes extensões, com ampla diversificação de cultivos com o qual se tende a dar uma melhor divisão da superfície atendida pela rede de distribuição.

Independente do método empregado, a meta é proporcionar ao solo o volume de água complementar ao de água de chuva que satisfaça as necessidades do complexo solo-planta.

2 ESTUDO DE CASO: PROJETO HIDROAGRÍCOLA MICHOACÁN

2.1 OBJETIVO

O presente estudo de caso compreende em destacar os principais aspectos do Projeto Executivo desenvolvido com o intuito de aumentar a oferta hídrica existente ao Complexo Hidroagrícola de Michoacán. O mesmo foi desempenhado pela empresa Projetec Proyectos Técnicos, nos anos de 2007 à 2010.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DA ÀREA

Chamado de Perímetro de Irrigação de Cupatitzio/Cajones localizado no estado de Michoacán de Ocampo, no México, este se configura ao lado das províncias de Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Baja California, como um dos cinco maiores complexos irrigados do território mexicano (Comisión Nacional del Agua, 2010). Onde na região de do Vale de Apatzingan conforme figura 07 pode se observar sua localização.



Figura 7 - Localização da Área - Projeto Hidroagrícola de Michoacán

Este perímetro compreende uma área de, aproximadamente, 35.000 ha, porém os recursos hídricos disponíveis hoje são insuficientes para atender à sua área irrigável. Os irrigantes, por iniciativa própria, passaram a irrigar área maior do que a que inicialmente lhes foi autorizada, causando falta de água em áreas potencialmente produtivas, sobretudo aquelas localizadas na parte sul dos módulos 2 e 3.

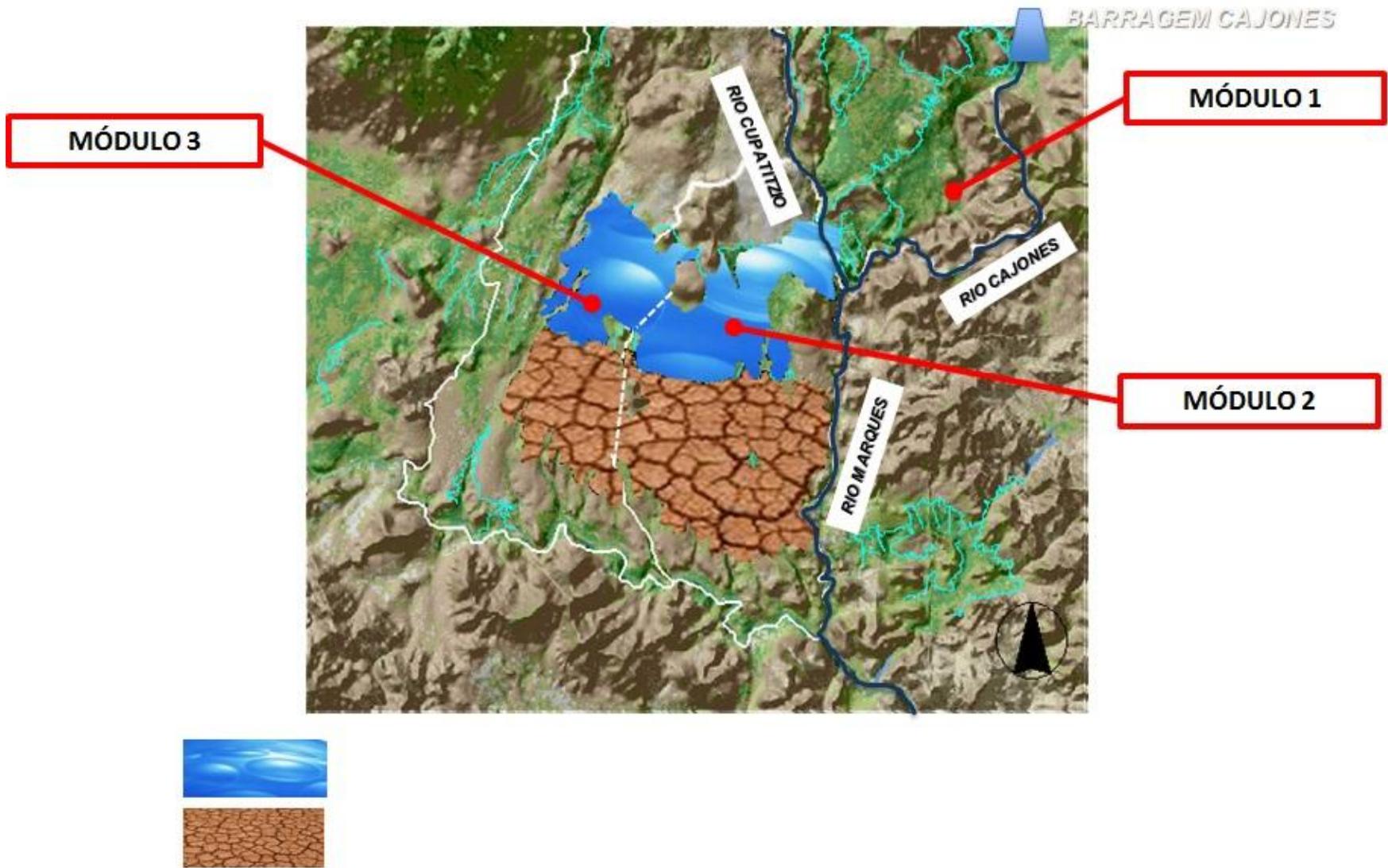


Figura 8-Conflito de uso da água no projeto Cupatitzio-Cajones (Módulos 1, 2 e 3)

O sistema de Irrigação do Vale de Apatzingan foi criado pelo Italiano Ezio Cusi no final do século XIX, que comprou grandes extensões de terra. O que formaria mais tarde o monumental projeto agrícola, maior e mais rico da república mexicana, com a produção de algodão, posteriormente melão e limão, trazendo riqueza aos habitantes da região. Cusi viveu aí até 1955.

Durante o período presidencial do General Lázaro Cárdenas, em 1938, desapropriou-se as terras da família Cusi criando o primeiro “Coletivo Nacional de Produção Agrícola”.

Com a reforma agrária foram transferidos aos “ejidatários” centenas de lotes de 10 ha, mas com direitos de uso da água para a irrigação de 6 ha.

O Vale de Apatzingan viveu glórias de justiça social com as desapropriações das fazendas das cidades de Lombardia e Nueva Italia; enormes extensões de arrozais e grandes plantações de limão, assim como a infraestrutura hidroagrícola, foram entregues aos homens e mulheres que por anos realizaram intensas jornadas de trabalho nas fazendas dos Cusi.

No entanto, os módulos de irrigação (setores) do Vale de Apatzingan, têm hoje uma má administração dos seus sistemas, não têm capacidade técnica instalada e não contam com uma estrutura social sólida para estabelecer uma organização de agricultores autossuficiente administrativa e financeiramente. Além disso, muitos agricultores passaram a irrigar os 10 ha que lhes cabiam, ocasionando a falta de água nas áreas mais afastadas das fontes hídricas.

Com o intuito de estabelecer oferta hídrica, no ano de 2006 o Governo da Província de Michoacán, resolveu contratar estudos para solucionar o problema. Para isso se fez necessário ativar potenciais hídricos locais, tomando-se em conta os níveis de garantia desejados para as vazões regularizadas a ser aduzida, bem como a manutenção das vazões mínimas necessárias no curso d'água a jusante do local de ativação do recurso hídrico.

Este estudo compreendeu o anteprojeto de uma barragem de regularização, denominada de **Represa Francisco J. Mujica** e do canal de adução. Para isso se utilizou do rio La Pastoria, localizado em um local denominado Marianas, que

inicialmente era o nome demoninado para a Barragem O sítio denominado de Las Marianas, no rio La Pastoria. (Figura 09)

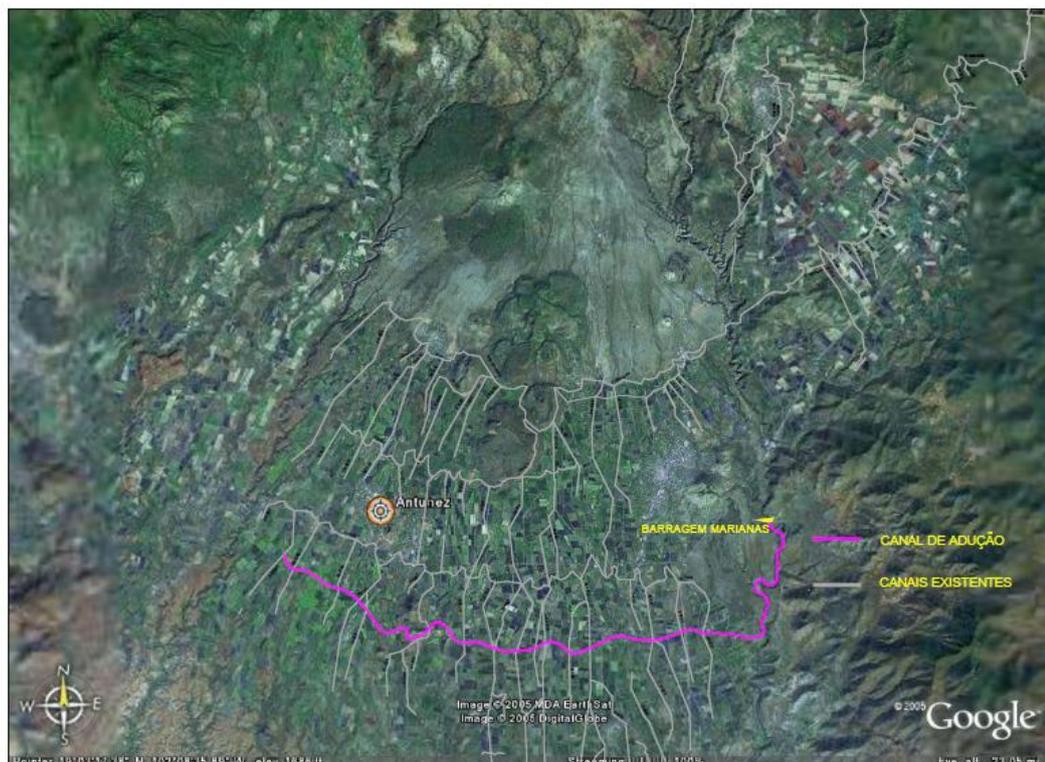


Figura 9 - Canal Proposto e Canais Existentes

2.3 CARACTERÍSTICAS DO PERÍMETRO IRRIGADO

As demandas unitárias mensais das áreas a serem atendidas pelo projeto foram calculadas com base nos estudos realizados em 2004 pela Confederação Nacional de Agricultura (CNA) para o Projeto Cupatitzio – Cajones.

A partir dos resultados deste estudo, foram calculadas as demandas hídricas mínimas mensais a serem supridas pelas obras de reforço hídrico, correspondendo à irrigação das áreas ao sul do Projeto, abrangendo os módulos 2 e 3 abaixo da cota 300m (limite inferior da envoltória).

Para o levantamento destas áreas foi considerado o modelo do SIG (Sistema de Informação Geográfica), elaborado pelo Colégio de Pós-Graduados. O resultado final do estudo pode visto nas Tabelas 03 e 04:

Tabela 3 - Demandas de Irrigação

Fonte: CNA , 2004

DEMANDAS DE IRRIGAÇÃO - MÓDULO 2												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
N.º DIAS / MÊS	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Área Irrigada (ha)	7.999,00	7.999,00	7.919,00	7.544,00	7.434,00	7.699,00	7.699,00	7.699,00	7.474,00	7.664,00	8.079,00	7.999,00
Volume Mensal (mm³) Efic. = 55,2%	17,682	17,997	21,643	20,054	21,705	16,458	12,992	12,405	10,55	15,41	18,514	17,842
Demanda Unitária (L/s/ha)	0,825	0,93	1,02	1,026	1,09	0,825	0,63	0,602	0,545	0,751	0,884	0,833
										Média Anual	0,830	
DEMANDAS DE IRRIGAÇÃO - MÓDULO 3												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
N.º DIAS / MÊS	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Área Irrigada (ha)	5.003,000	4.783,000	4.446,000	4.443,000	4.532,500	4.662,000	4.662,000	4.588,000	4.498,500	4.780,000	5.128,500	5.003,000
Volume Mensal (mm³) Efic. = 55,2%	11,175	10,810	12,603	13,278	14,467	11,675	10,652	10,997	9,984	10,950	12,053	11,816
Demanda Unitária (L/s/ha)	0,834	0,934	1,058	1,153	1,192	0,966	0,853	0,895	0,856	0,855	0,907	0,882
										Média Anual	0,949	

Tabela 4 - Área a ser atendida

Fonte: CNA, 2004

Área Abastecida pelo Canal de Adução	
Setor	Área [ha]
M2, abaixo do canal de adução	8.430,77
M3, abaixo do canal de adução	3.481,00
TOTAL	11.911,77

O canal teve sua longitude determinada com o intuito de perder o mínimo de altura possível e para atender os setores através apenas da gravidade, mediante canais secundários já existentes. Contudo, com tomadas d'água que no futuro passam abastecer tubulações para uma possível modernização do sistema.

O cálculo das vazões de projeto das tomadas parciais ao longo do canal principal foi realizado através da multiplicação dos coeficientes de demanda unitária de cada módulo, para o mês de maior demanda (Março), pelas áreas que serão alimentadas em cada uma das tomadas dos canais secundários existentes. Acumulando-se os resultados para a determinação das vazões de projeto em cada trecho do canal principal. Os resultados são apresentados na Tabela 05 e na figura10:

Tabela 5 - Vazões do Canal Adutor

Tomadas Parciais			Q(m ³ /s) EF=55.2%	
			Tomada	Acumulado
	Nome	Km	(m ³ /s)	(m ³ /s)
Início	Presa J. Mujica	00 + 000.0m	0.00	12.51
1	EL GUAYABO	11 + 000.0m	0.47	12.51
2	EL CIRUELO	12 + 000.0m	0.13	12.04
3	LAS CASITAS	14 + 000.0m	0.81	11.91
4	SANTO DOMINGO	15 + 789.0m	1.27	11.10
5	EL QUELITE	17 + 128.0m	1.43	9.83
6	LA ZICUA	18 + 195.3m	0.16	8.40
7	LA PAREJA	19 + 653.9m	1.48	8.24
8	EL PITIRE	22 + 032.2m	1.35	6.76
9	EL GUAYABO 2	23 + 732.2m	0.57	5.41
10	SL. EL MOCHO	25 + 341.9m	0.31	4.84
11	LA SOLEDAD	26 + 167.9m	0.42	4.53
12	LA CALDERONA	27 + 185.8m	0.27	4.11
13	S.L.MI Km. 2	29 + 196.3m	0.91	3.84
14	LA Y GRIEGA	29 + 872.8m	0.73	2.93
15	PEDERNALES	31 + 617.9m	0.70	2.20
16	PIEDRA BRANCA	33 + 492.4m	0.86	1.50
17	LAS YEGUAS	35 + 116.8m	0.65	0.65

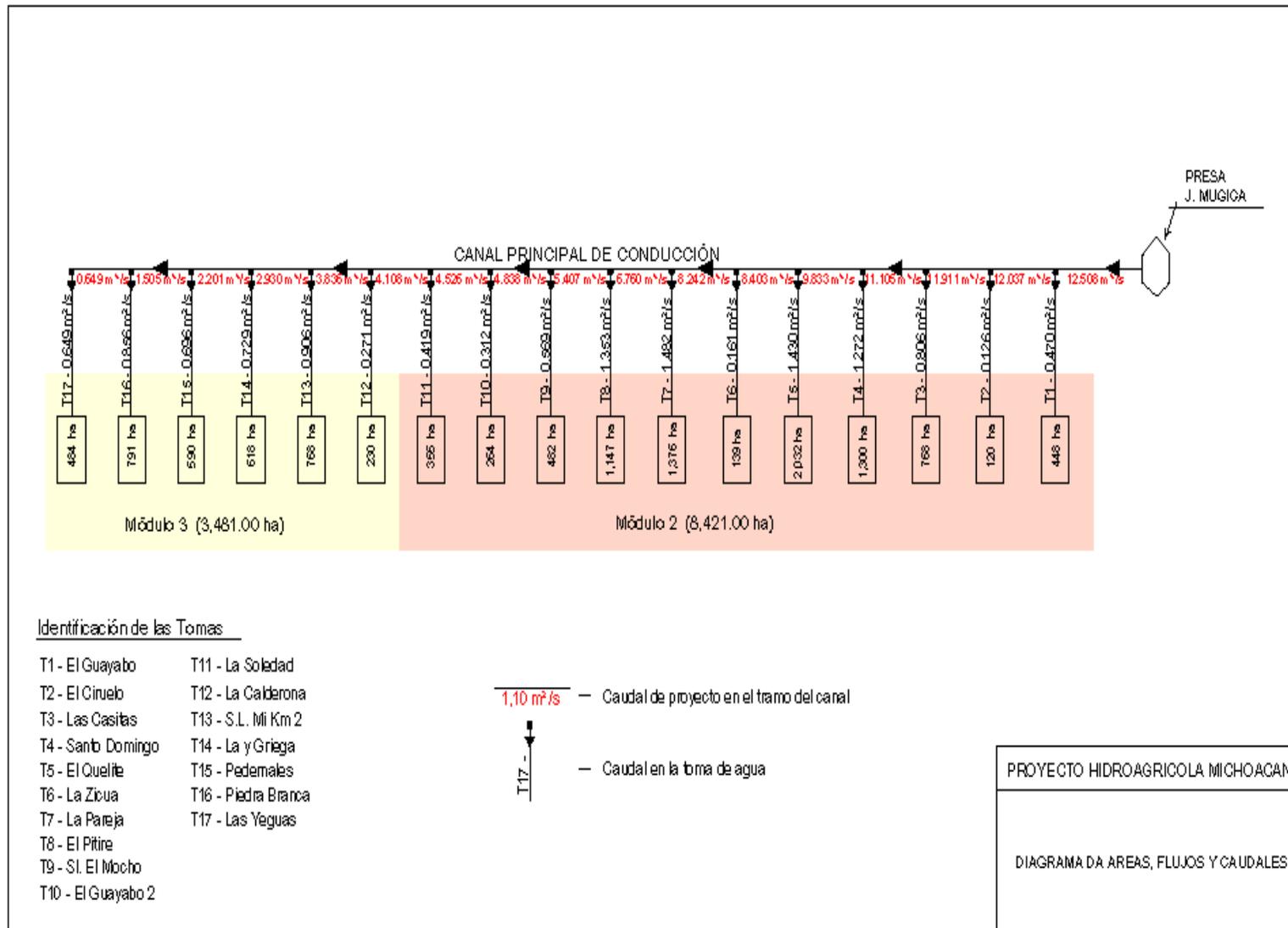


Figura 10 - Diagrama de Áreas, Fluxos e Vazões

2.4 BARRAGEM FRANCISCO J. MUJICA

Com a finalidade de regularizar a vazões do Rio La Pastoria e garantir o uso d'água para irrigação, foi estabelecida a Barragem Francisco J. Mujica.

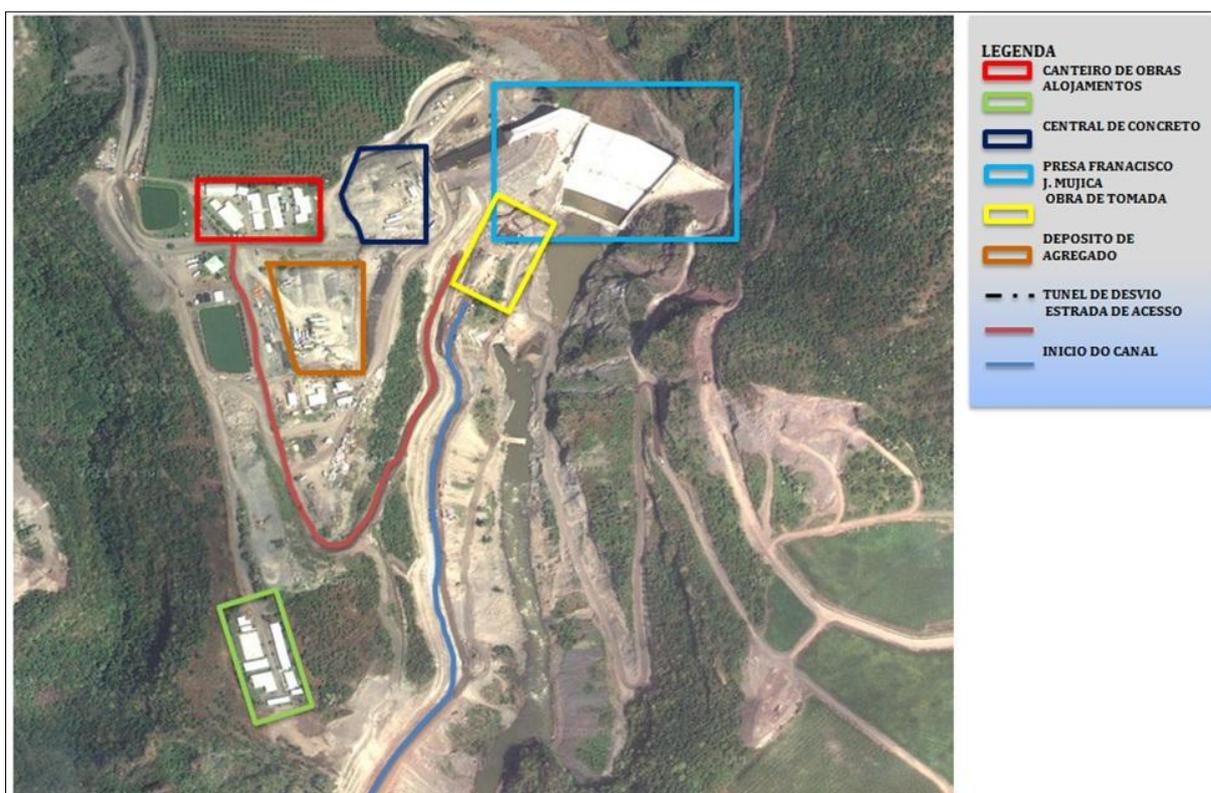


Figura 11 - Barragem Francisco J. Mujica - Planta

ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Os estudos realizados levaram a indicação da construção da barragem no sítio denominado Las Marianas, para assegurar os recursos hídricos regularizados para a operação do projeto de irrigação.

Com os valores das áreas da influência e os registros mensais históricos da precipitação nas estações disponíveis na zona no estudo, foram desenvolvidos os dados de disponibilidade hídrica, enchentes e distribuição espacial das chuvas, que permitiram a concepção do arranjo geral das obras da barragem Francisco J. Mugica.

São apresentados adiante, adicionalmente, os mapas das isotermas anuais para a bacia a montante da estação Ziritzicuaro e dos rendimentos anuais de Coutagne ($Rend\% = f(Prec, Temp)$) que fornece uma útil relação esperada entre o escoamento total na seção de controle (Ziritzicuaro ou Canhondo) e a precipitação média anual na bacia a montante.

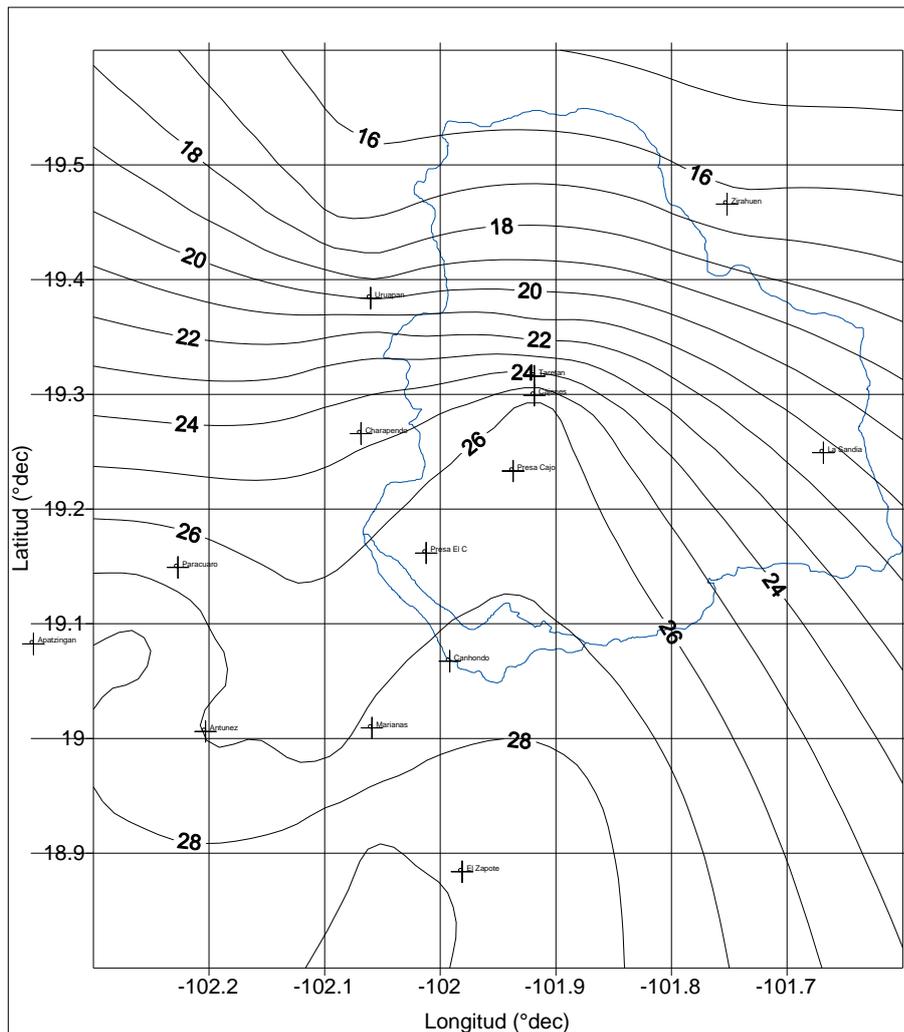


Figura 13-Isotermas Bacia Cupatízo

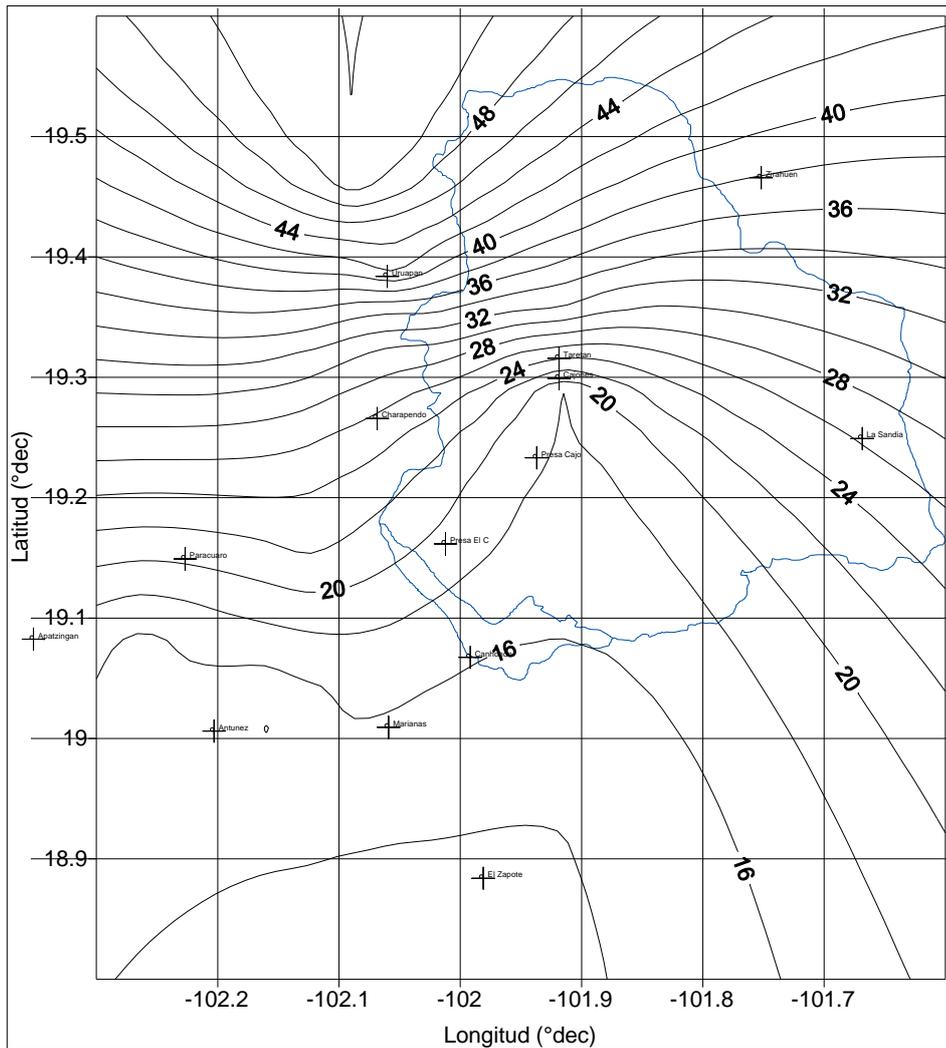


Figura 14 - Curvas de Mesmo Rendimento Hidrológico de Coutagne (%)

Desse conjunto de figuras é possível se inferir que a parte noroeste da bacia do Cajones contribui muito mais sensivelmente com as maiores vazões específicas em toda a bacia ($l/s/km^2$) e, mesmo sendo a área de drenagem a montante da Presa Derivadora Cajones bem menor que a área de drenagem em Ziritziaro ou Canhondo, as vazões nesses dois últimos sítios são fortemente influenciadas pelas chuvas na parte noroeste da bacia.

REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES

Objetivando conhecer, explorar e parametrizar em curvas as possibilidades de regularização pelo reservatório de Marianas de vazões constantes ao longo do ano (volumes anuais) foram determinadas as vazões regularizáveis pelo aproveitamento com diferentes níveis de acumulação e uma condição de nível mínimo de operação.

Os estudos para o transporte de água desde o reservatório de Marianas até o sistema de canais do Projeto de Irrigação Cupatitzio/Cajones, por gravidade, levaram ao nível mínimo de operação do reservatório na região da cota 310m. O volume imobilizado para irrigação nessa cota é de 23.485 milhões de m³.

Pequenas variações na cota mínima operativa de Marianas, que eventualmente se façam necessária, não alteram significativamente os valores das curvas de vazões médias regularizadas uma vez que implicam, nessa faixa de cotas relativamente baixas, em também pequenas variações no volume útil acumulado no reservatório.

O nível mínimo operativo do reservatório foi determinado a partir das seguintes hipóteses de operação do projeto:

Incorporação de cálculos iniciais de perdas de carga nas estruturas hidráulicas da barragem, nas tomadas de água e nos canais (ao longo do desenvolvimento do projeto os valores determinados para as perdas de carga e para a cota mínima de operação do reservatório poderão ser revistos); e abastecimento da área irrigável, hoje com problemas de desabastecimento, através de um novo canal a ser construído paralelo aos canais El Pará e Antunez, desenvolvendo-se, com baixa declividade, ao longo de cerca de 35 km na cota média 310m. A esse novo canal denominou-se a área disponível irrigável por gravidade a partir desse novo canal é da ordem de 12 mil ha.

Determinaram-se as vazões regularizadas do reservatório de Marianas com diferentes níveis máximos de operação e volumes armazenados.

Simulou-se, detalhadamente, a sua operação mês a mês no período de dados de janeiro de 1967 a dezembro de 2002, e também para cada um dos 6 blocos de 50 anos de chuvas (em Pastoria) e vazões sintéticas geradas, considerando-se as evaporações médias mensais no lago (foram utilizados os dados médios mensais registrados no tanque classe “A” da estação climatológica de Pastoria multiplicados por um fator constante de 0,8 para conversão de evaporação em tanque para evaporação em lago); as precipitações diretas sobre o lago; as vazões mensais afluentes ao reservatório; e vazões mínimas para jusante.

A repetição iterativa desse processo, aumentando-se ou reduzindo-se a vazão média anual explorada para irrigação, permitiu a determinação de tabelas de vazões regularizadas do aproveitamento para diferentes volumes máximos armazenados e para diferentes níveis de confiança de atendimento pleno da vazão regularizada em um mês qualquer.

Estabeleceu-se uma vazão mínima a ser liberada continuamente para jusante da barragem de $1\text{m}^3/\text{s}$ para atendimento a requisitos ecológicos e outros usos a jusante (esse valor de vazão mínima de $1\text{m}^3/\text{s}$ foi adotado nessa fase dos estudos somente como uma referência de base para o processamento dos cálculos iterativos do modelo de simulação utilizado nessa atividade).

Foram determinadas vazões regularizadas com riscos de não atendimento pleno em um mês qualquer de 0,1%, 1%, 5%, 10%, 20% e 30%.

As cotas máximas de acumulação, alturas de água acumuladas e volumes acumulados selecionados para a determinação de vazões regularizadas com dados históricos de 1967 a 2002 e com 6 blocos sintéticos de 50 anos cada são indicadas na tabela a seguir (como foram selecionados para o estudo das vazões regularizadas os volumes e não as cotas de acumulação, os valores indicados na tabela a seguir para as cotas máximas e para as alturas de água podem ter um erro de até 0,5m, uma vez que se utilizou nessa inferência de cotas a tabela cota x volume do reservatório de Marianas com valores detalhados a cada 1m de cota).

Tabela 6- Cotas Máximas de Acumulação, Alturas de Água Acumulada e Volumes Acumulados

Cota máxima (m)	Altura de água (m)	Volume máximo (106m³)
325	75	50
342	92	100
354	104	150
362	112	200
368,5	118,5	250
373,5	123,5	300
377,5	127,5	350
381	131	400
385	135	450
387,5	137,5	500

As evaporações médias mensais no lago de Marianas, abaixo indicadas, foram consideradas como iguais às evaporações médias em tanque “A” em Pastoria multiplicadas por 0,8.

Tabela 7-Evaporações Médias Mensais – Lago Francisco J. Mujica

Mês	mm/mês
1	120
2	142
3	200
4	227
5	231
6	178
7	131
8	124
9	113
10	122
11	114
12	106

Seguem-se resumos dos resultados do estudo de vazões regularizadas de Marianas para 90% de confiança de atendimento pleno da demanda em um mês qualquer, para as séries de vazões históricas de 1967 a 2002 e sintéticas de 6 blocos de 50 anos cada.

Tabela 8-Vazões Regularizadas com 90% de Confiança de ser Ultrapassada

Reservatório de Marianas - Cota Mínima 310m			Vazões Regularizadas com 90% de Confiança de Serem Ultrapassadas (m³/s)					
Cota Max (m)	Altura Água (m)	Volume água (m³)	S1	S2	S3	S4	S5	S6
325.0	75.0	50,000,000	11.801	11.862	11.862	12.008	11.819	11.910
342.0	92.0	100,000,000	14.961	15.132	15.132	15.132	15.132	15.522
354.0	104.0	150,000,000	17.474	17.865	18.011	17.474	17.865	18.109
362.0	112.0	200,000,000	19.646	19.426	20.207	19.524	19.426	20.207
368.5	118.5	250,000,000	21.086	20.405	21.915	20.500	20.305	21.378
373.5	123.5	300,000,000	21.866	21.208	22.647	21.378	20.988	22.159
377.5	127.5	350,000,000	22.550	21.866	23.331	22.062	21.769	22.843
381.0	131.0	400,000,000	22.742	22.550	23.721	22.550	22.013	23.331
385.0	135.0	450,000,000	22.940	22.843	24.209	22.843	22.159	23.501
387.5	137.5	500,000,000	23.428	22.940	24.355	22.940	22.550	23.623

Tabela 9-Vazões Regularizadas com 90% de Confiança

Reservatório de Marianas - Cota Mínima 310m			Vazões Regularizadas com 90% de Confiança (m³/s)			
Cota Max (m)	Altura Água (m)	Volume água (m³)	Envolt. Max. Sint.	Med. Sintéticas	Envolt. Min. Sint.	1967/2002
325.0	75.0	50,000,000	12.008	11.877	11.801	12.008
342.0	92.0	100,000,000	15.522	15.168	14.961	15.522
354.0	104.0	150,000,000	18.109	17.799	17.474	17.962
362.0	112.0	200,000,000	20.207	19.739	19.426	19.817
368.5	118.5	250,000,000	21.915	20.932	20.305	20.988
373.5	123.5	300,000,000	22.647	21.708	20.988	21.378
377.5	127.5	350,000,000	23.331	22.403	21.769	21.866
381.0	131.0	400,000,000	23.721	22.818	22.013	22.062
385.0	135.0	450,000,000	24.209	23.082	22.159	22.757
387.5	137.5	500,000,000	24.355	23.306	22.550	22.843

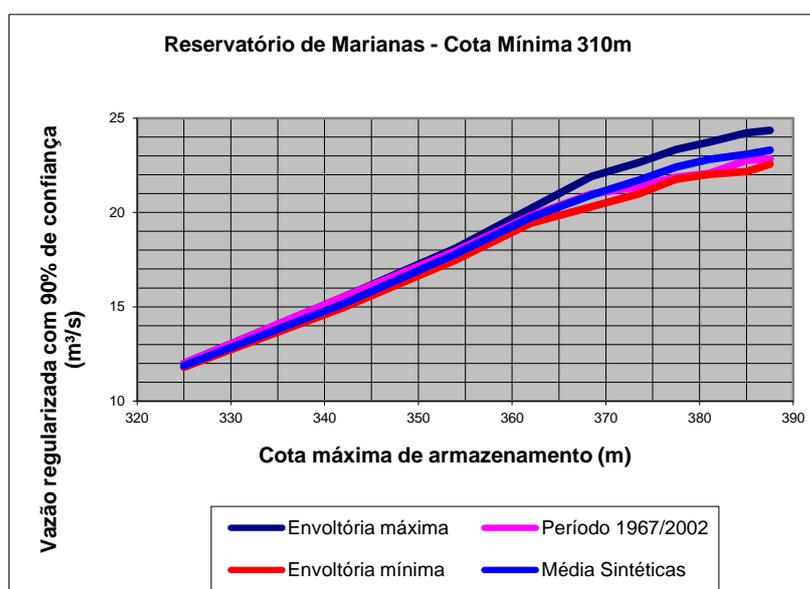


Figura 15-Gráfico – Vazões Regularizadas

Observa-se, como ilustração, que uma cota máxima de acumulação de 348m (volume máximo acumulado de 123 milhões de m³ e altura de água de 98m) leva a uma vazão regularizada de Marianas, com 90% de confiança de atendimento pleno em um mês qualquer, de aproximadamente 16,5m³/s com dados históricos e também pela média das seis séries sintéticas de 50 anos utilizadas no estudo.

Nessa situação particular aqui ilustrada, considerando a vazão ecológica arbitrada nesse estudo em 1m³/s mais uma vazão regularizada de 16,5m³/s (total de

17,5m³/s), isso significa uma capacidade de regularização de Marianas de cerca de 76% da vazão média afluente ao reservatório.

DADOS CONSTRUTIVOS

- Tipo: Gravidade em CCR
- Cota da crista do 1º vertedouro: 347,80m
- Cota da crista do 2º vertedouro: 351,80m
- Comprimento do 1º vertedouro: 140,00 m
- Talude de montante: Vertical
- Talude de Jusante: 0,85 H : 1,0 V
- Altura máxima do vertedouro: 112,80 m
- Cota do coroamento: 353,20m



Figura 16 - Barragem em Operação - Ombreira Direita



Figura 17 - Barragem em Operação - Ombreira Esquerda

2.5 CAPTAÇÃO

Para a tomada d'água principal (captação) foi construída em concreto armado incorporado ao corpo da barragem. A entrada tem seu eixo na cota 306m para evitar a ocorrência de formação de vórtices e ter carga hidráulica para a vazão total de $17,5\text{m}^3/\text{s}$



Figura 18 - Tomada D'água



Figura 19 - Início do Canal Adutor

Na entrada do conduto será instalada uma comporta ensecadeira para permitir a manutenção do sistema, acionada também através de pórtico móvel.

A tubulação da tomada d'água é em aço carbono, soldado, com diâmetro de 2.500mm, vazão de 17,5m³/s (incluindo 4m³/s para manutenção da descarga ecológica) e velocidade na ordem de 3,5m/s

2.6 CANAL ADUTOR – CARACTERÍSTICAS GERAIS

Em fase de concepção foram estabelecidos os critérios que nortearam o dimensionamento do canal de adução. Inerentes a todos os projetos, três aspectos foram levados em conta: Funcionalidade, Operação e Economia.

Para tanto se observou a necessidades inerentes do projeto:

- Sistema de automação, garantindo o controle de vazão nas principais estruturas hidráulicas. Vazões estas que garantam oferta hídrica e que possam ser medidas a fim de possível tributação pelo uso da água;
- Suporte aos tipos de irrigação empregados ao longo do perímetro, bem como necessidades futuras do mercado agroindustrial;
- Fluxo d'água controlado a partir de comportas com controle de nível hidromecânicas automáticas, para regulação por jusante. Permitido atendimento imediato aos usuários situados à jusante do mesmo, mediante o uso das reservas d'água armazenadas nos trechos de montante sem, contudo, levar ao esvaziamento dos trechos iniciais do canal de adução.

Vale ressaltar que o canal foi projetado especificamente para abastecer a rede de distribuição de canais de um projeto antigo, bastante deteriorado e com uma concepção que já não atende aos requerimentos mais modernos dos métodos de irrigação atuais, nem às eficiências razoavelmente aceitáveis nos dias de hoje.

Este canal, se utilizado para abastecer a área de aproximadamente 12.000ha nas condições atuais de manutenção de forma alguma terá a sua melhor utilização, embora também esteja apto a funcionar nestas condições.

Portanto, seria conveniente que a área a ser abastecida por ele, fosse submetida a um processo de reabilitação, de preferência, passando de “Irrigação Gravitacional”, a, por exemplo, “Entrega Pressurizada Coletiva”, mudando os métodos de irrigação por gravidade para aspersão convencional, micro-aspersão ou gotejamento.

Em todo caso, considera-se também necessário um processo de “Assistência Técnica” aos usuários, em um enfoque abrangente por interesses específicos, com a ideia de que não basta produzir; é necessário também comercializar a produção com lucro razoável.

2.7 LAYOUT GERAL DO SISTEMA

Uma distribuição Geral do Sistema pode visto na Figura 16 onde o arranjo geral das terras que serão atendidas pelo Projeto Hidroagrícola. As coloridas representando as parcelas que serão diretamente atendidas.

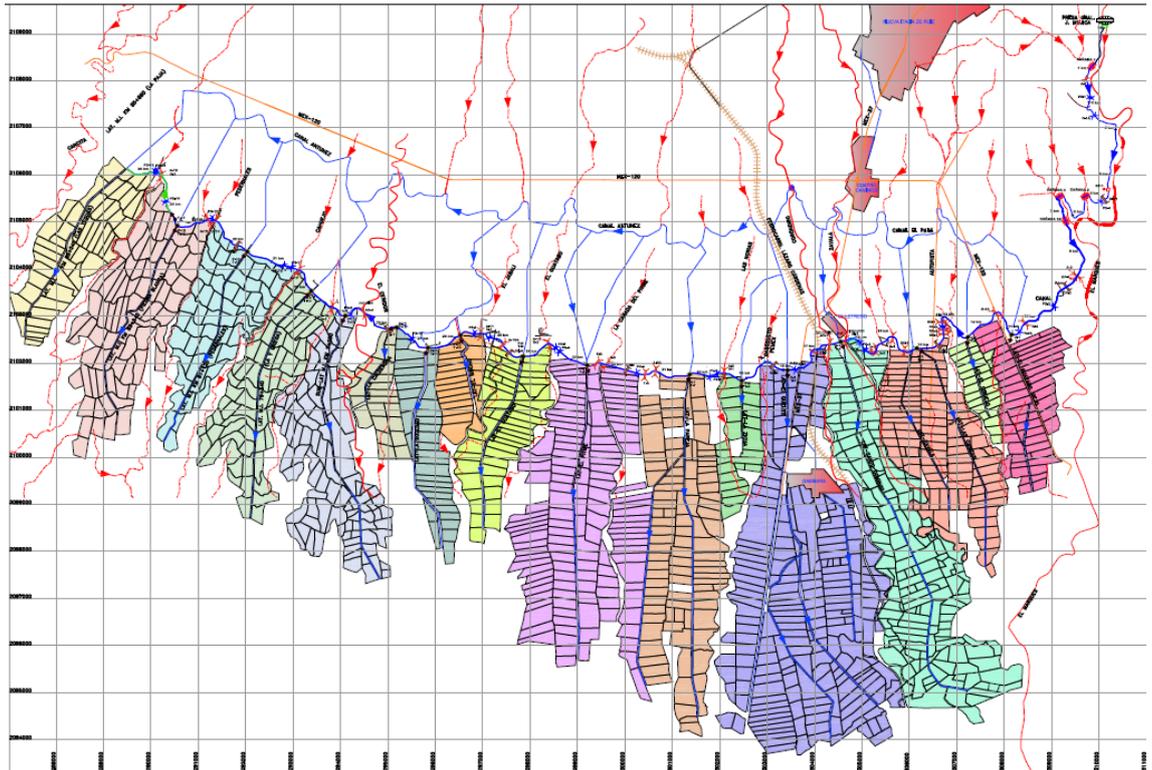


Figura 20 - - Layout Geral do Sistema Adutor

2.8 CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS

A partir da determinação das vazões, foram dimensionadas trecho a trecho as dimensões do canal. Como disposição nos seguintes trechos conforme figura 17:

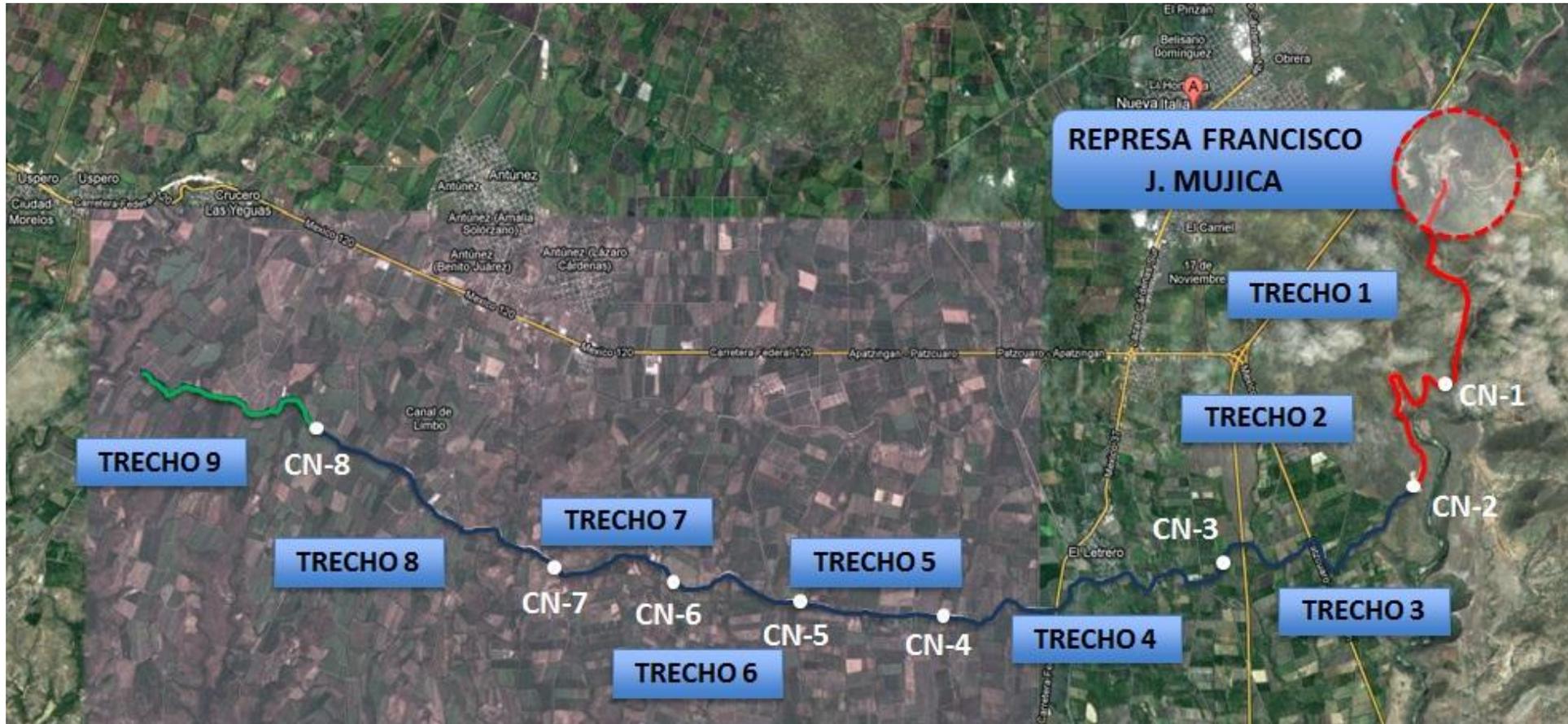


Figura 21 - Segmentos de Canal

No projeto do canal, foram utilizados dois tipos de seção trapezoidal, sendo o primeiro tipo com talude 1:1 devido a presença de rocha e os demais em talude 1:1,5.

As espessuras de revestimento foram determinadas considerando-se as cargas decorrentes da lâmina de água transportada, estabilidade estrutural, resistência ao fissuramento, pressões, etc. Foram também considerados também os efeitos dos equipamentos utilizados para sua construção. Os trechos do canal foram dimensionados, portanto, considerando-se o revestimento em concreto com espessuras de 8cm, para vazões até 7,5m³/s e 10cm, para vazões entre 7,5 e 15 m³/s.

Os taludes internos e externos da seção trapezoidal são 1,0 (H):1,5 (V) . Os canais foram dimensionados com bases variando conforme as vazões aduzidas, de forma que a lâmina máxima não excedesse as alturas de escavação.

Todos os canais serão providos de um bordo livre entre o nível máximo da água e a berma, de modo a proteger os mesmos contra um mau funcionamento dos controles de nível, evitando desta forma seu transbordamento.

A escolha da dimensão do bordo livre dos canais foi feita a partir de manuais e publicações de dimensionamento de estruturas hidráulicas no México.

As bermas do canal terão largura mínima de 2,00 m, para que seja possível a circulação de um equipamento que permita promover a limpeza do canal. Junto a cada estrutura será construída uma rampa de acesso à berma do canal, do mesmo material de construção, com rampa máxima de 10%.

Os trechos são separados por Controles de Nível, onde este se dá por controle da demanda de jusante e para isso se utilizou Comportas Hidromecânicas.

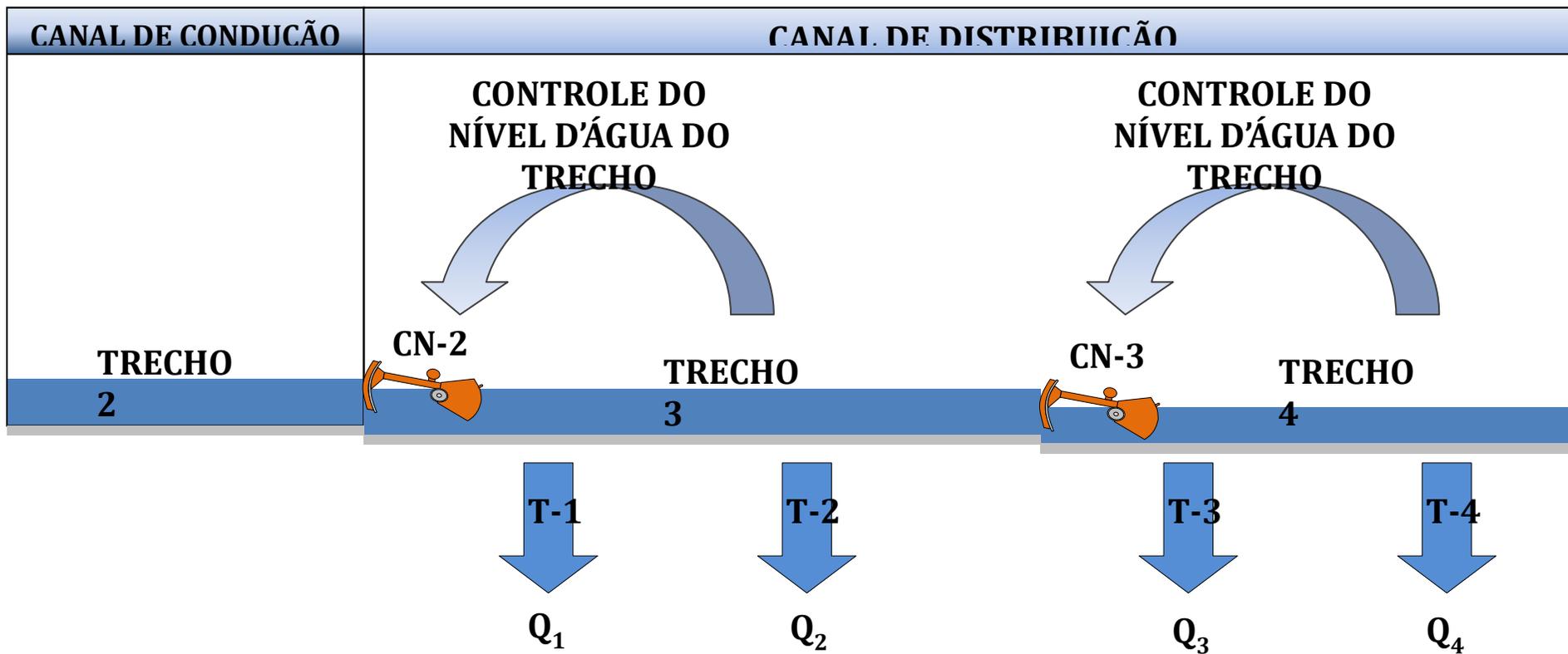


Figura 22 - Esquema com Controles de Nível

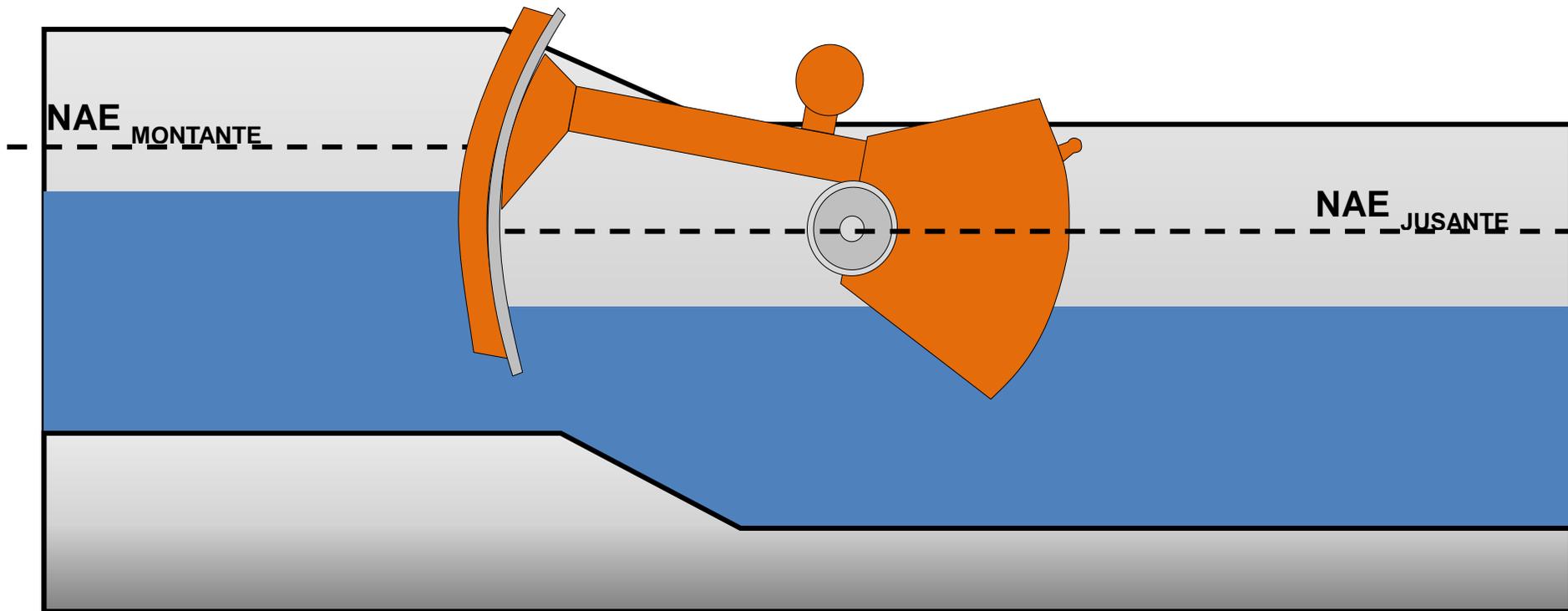


Figura 23 - Esquema com Comporta Hidromecânica



Figura 24 - Comporta Hidromecânica para Controle de Nível - Nível

A tabela 06 faz um resumo das características das seções hidráulicas:

Tabela 10 – Características do Canal Adutor

TRECHO	SEÇÃO	TRECHO		VAZÃO (m ³ /s)	DIMENSÕES			Declividade (m/m)	Talude 1 (V) : m (H)
		INÍCIO	FIM		base	bordo livre	espessura de concreto [m]		
1	TRAPEZOIDAL	0+000	4+550	12,51	3,00	0,50	0,10	0,0002	1
2	TRAPEZOIDAL	4+550	9+000	12,51	3,00	0,50	0,10	0,0002	1
3	TRAPEZOIDAL	9+000	12+300	12,51	3,00	0,50	0,10	0,0001	1,5
4	TRAPEZOIDAL	12+300	17+400	11,91	3,00	0,50	0,10	0,0001	1,5
5	TRAPEZOIDAL	17+400	20+000	8,40	3,00	0,50	0,10	0,0001	1,5
6	TRAPEZOIDAL	20+000	24+200	6,76	2,50	0,30	0,08	0,0001	1,5
7	TRAPEZOIDAL	24+200	27+500	4,84	2,00	0,25	0,08	0,0001	1,5
8	TRAPEZOIDAL	27+500	30+100	3,84	2,00	0,25	0,08	0,0001	1,5
9	TRAPEZOIDAL	30+100	33+600	2,20	1,50	0,20	0,08	0,0001	1,5
10	TRAPEZOIDAL	33+600	35+150	0,65	1,00	0,20	0,08	0,0001	1,5

O dimensionamento hidráulico do canal foi feito considerando-se:

As seções típicas e declividades necessárias à otimização do funcionamento e dos custos de implantação. Sendo o tipo de regulação proposto para o sistema de condução e distribuição de água;

A fórmula de Manning para o cálculo da lâmina de água à vazão máxima, ou seja:

$$Q = 1 / n * A * R^{2/3} * i^{1/2}, \text{ onde:}$$

Q = vazão de projeto [m³/s]

A = área da seção transversal do canal na cota calculada [m²]

P = perímetro molhado na cota calculada [m]

R = raio hidráulico da seção na cota calculada (igual a A / P) [m]

i = declividade da linha d'água na cota calculada [m/m]

n = coeficiente de Manning, para revestimento de concreto = 0,015

A saída d'água se deu através de tomadas laterais, onde estas demandas , ao retirar água do canal acionam os controles de nível, liberando mais água de montante.

2.9 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DAS SEÇÕES DE TERRAPLENAGEM

As Seções tipo de terraplanagem em sua grande maioria se configuraram em dois tipos, uma para os primeiros 9km e outra que se sucedeu no restante do trecho. O primeiro trecho se configura como um “cânion”, no qual a seção do canal foi feita na encosta.

Impossibilidade de aplicação de soluções de projeto com uso de energia elétrica ou dispositivos eletrônicos fez que o canal tivesse de passar por uma região com acentuado aclive. Onde se obteve determinação de seção construtiva de menor

escavação em taludes naturais extremamente íngremes (formação de canyon) e dificuldades de estabilização dos mesmos.



Figura 25 - Seção em encosta

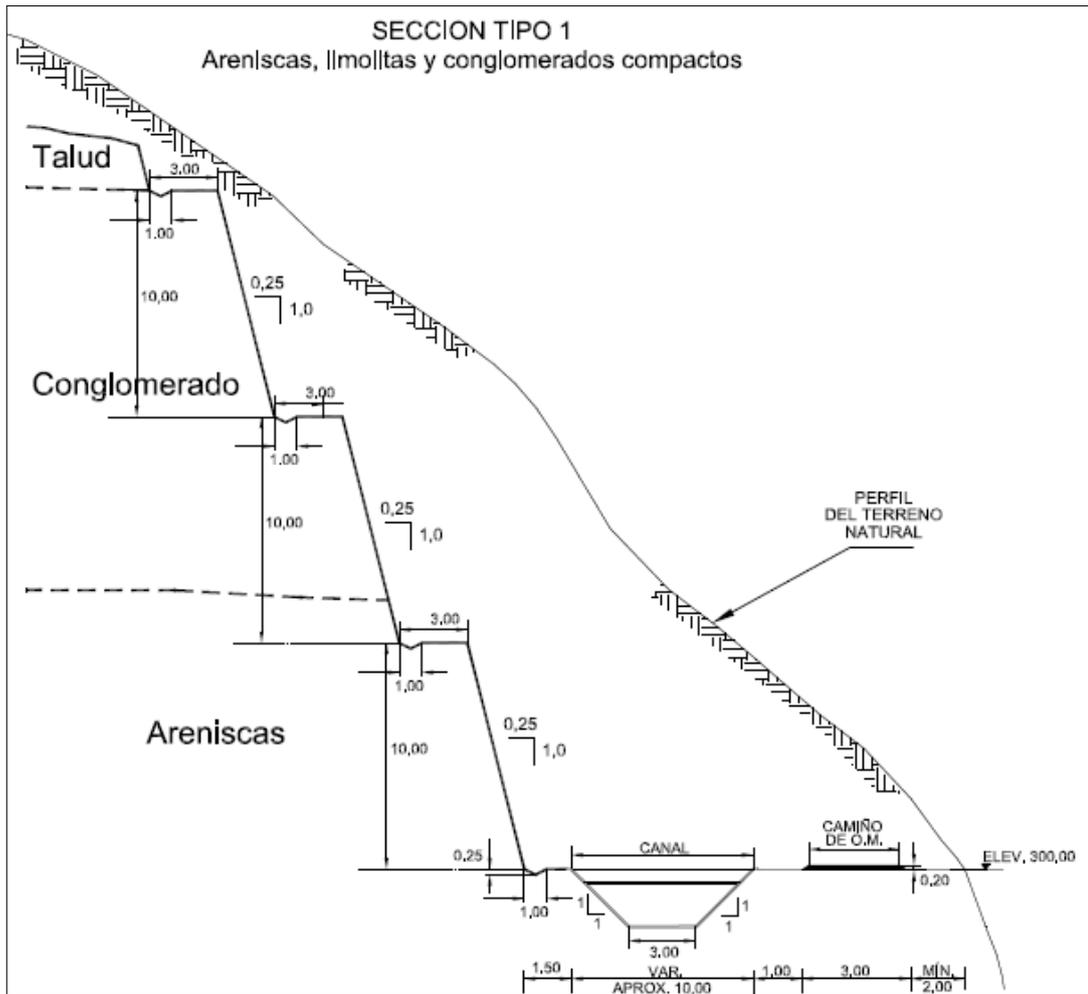


Figura 26 - Seção Tipo em Encosta



Figura 27 - Trecho Inicial - Corte em Rocha e Conglomerado

Nos trechos a partir dos 9km em diante se prevaleceu, seções do tipo mistas entre corte e aterro



Figura 28 - Seção tipo Mista de Corte e Aterro

2.10 DETALHES CONSTRUTIVOS

Ao longo do seu traçado o canal foi previsto com revestimento de concreto. Pretendeu-se assim proporcionar a características conforme descrito na tabela 06, bem como as suas principais preocupações.

Tabela 11 - Características das Seções de Concreto

Principais Vantagens	Principais Precauções
Boa estanqueidade;	Cuidado na execução das juntas;
Baixa rugosidade e, conseqüentemente um bom coeficiente de escoamento;	Atenção quanto à composição dos agregados do concreto, face às características dos locais das obras
Insensibilidade ao efeito da vegetação e de roedores;	
Construção mecanizada, sempre que possível, através do uso de máquinas de alto rendimento;	Cuidados com solos expansivos e/ou colapsíveis, caso existam.
Construção mecanizada, sempre que possível, através do uso de máquinas de alto rendimento;	
Vida útil satisfatória;	
Tecnologia já bastante difundida em perímetros de irrigação.	



Figura 29 - Execução do Revestimento

Juntas de Retração

Os canais de irrigação foram providos de juntas transversais e longitudinais, que terão por finalidade confinar as fissuras, decorrentes da contração do concreto após a sua cura, aos sulcos onde a espessura do concreto houver sido deliberadamente reduzida.

O espaçamento longitudinal entre juntas foi de 3,00m e o espaçamento transversal será função das dimensões da seção, constando uma em cada talude e uma junto à laje de fundo do canal.

Juntas de Dilatação

A utilização das juntas de dilatação tem como finalidade primordial absorver os movimentos gerados nas estruturas de concreto por motivos diversos, tais como efeitos térmicos (contração e dilatação), recalques e esforços, etc.

As características do material empregado na elaboração dessas juntas serão as mesmas daquelas destinadas às juntas de retração.

Nas juntas de dilatação deve-se, ainda, colocar um material compressível, tipo isopor, mangueira de PVC ou Neoprene flexível, no fundo da junta.

As juntas de dilatação foram espaçadas entre si de uma distância de 30m, definida em função da espessura do revestimento dos canais.

3 CONCLUSÕES

- Em fase de planejamento, ampliações futuras que venham a demandar uma maior quantidade de água devem ser previstas. No referido caso, devido a se tratar de um sistema antigo esses conceitos ainda não estavam talvez incorporados aos projetistas.
- Aspectos de redução do consumo de água devem ser incorporados, como por exemplo, à tarifação.
- A não possibilidade de energia elétrica descartou imediatamente as possibilidades de uso de sistema por bombeamento, que se estudados poderiam ter sido uma alternativa, talvez competitiva e se tivesse um menor custo de implantação do sistema.
- A solução por controle a jusante a partir de comportas hidromecânicas se desenvolveu como uma boa solução, empregado ao limitante de não se poder utilizar controle de automação para a operação do canal adutor.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Organização, descrição, análise e interpretação de dados sobre a agricultura irrigada no Brasil.** Brasília. 2011. Disponível em:<
http://www.iica.int/Esp/regiones/sur/brasil/ArquivosMultimedia/Material_exibido_IVReuniao_intercambio/Painel04_estadistica_irrigacao_albuquerque.pdf >
Acesso em 23 mar. 2013
- CARTER, V. H. **Classificação de terras para irrigação.** 2.ed. Brasília: Bureau of Reclamation, 2002.
- CLARCK, E.; JACOBSON, K; OLSON, D. C. **Avaliação econômica e financeira de projetos de irrigação.** 2. ed. Brasília: Bureau of Reclamation, 2002. v. 3.
- ECONOMICS FNP. **Quebra de produção de cana-de-açúcar na safra 2011/12 reduz lucros das grandes empresas.** 2012. Disponível em:
<<http://www.informaecon-fnp.com>> Acesso em: 30 fev. 2013
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agro 2006:** IBGE revela retrato do Brasil agrário. Disponível em:
<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=1464> Acesso em: 04 abr. 2013
- HEINZE, B. C. L. B. **A importância da agricultura irrigada para o desenvolvimento da região nordeste.** Brasília: Ecobusiness School/FGV, 2002. 59p.
- MÉXICO. **Proyecto de Zonas de Riego:** Direccione de Proyectos de Irrigacion. Ciudad de México: Departamento de Canales, 1946.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA (FAO). Aquastat. 2012. Disponível em:
<http://www.fao.org/nr/aquastat>
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Rio+20: O futuro que queremos.** 2012. Disponível em:

http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/03/Rio+20_Futuro_que_queremos_gui_a.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2013

- RICHARD, A. S. et al. **Elaboração de projetos de irrigação**. 2. ed. Brasília: Bureau of Reclamation, 1999. 527p. v.7.
- SOBEL, T. F.; ORTEGA, O. C. **Evolução e situação atual do polo Petrolina-Juazeiro**: uma análise a partir dos indicadores sócio-econômicos. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), XLV, 2007, Londrina. **Anais**. Disponível em: < <http://www.sober.org.br/palestra/6/954.pdf> > Acesso em: 22.04.2013
- VIEIRA, D. B; TELLES, D. D´A. **Panorama da Irrigação no Brasil**: Evolução, Tendência, Novas Legislações. *Ingeniería del Agua*, v. 8 n. 2, p. 207-217, 2001.