

## 第4章 排水施設計画

### 4.1 選定エリアにおいて活用可能性のある日本技術の詳細・優位性、活用に当たっての留意点・課題等の整理

#### 4.1.1 日本の地下トンネル技術の具体的な工法検討

##### (1) 日本の地下トンネル技術の概要とその特徴

日本における地下トンネル技術を用いて施工される構造物として、地下鉄、下水道管、高速道路、地下放水路などがあげられる。これらの構造物の施工法は大きく分けて、開削工法、または非開削工法であり、非開削工法は図 4.1.1 のように分類される。

開削工法は、地表面から所定の深度まで掘削を行い、トンネルを構築する。その後、上部を埋め戻し、地表面を復旧する。

開削工法は、トンネル全長にわたり地上からの開削で対応するため対象構造物の敷設深度が比較的浅い場合に適用されることが多い。敷設深度が深い場合や、山地部などにおいては非開削工法が適用される。

非開削工法の一般的な工法としては山岳工法、シールド工法、推進工法があげられ、開削工法に対し地上の一部を開削することのみでトンネルを築造する工法である。そのため、開削工法で問題となる周辺環境への影響が少ない工法である。上述した非開削3工法の概要を次に示す。

##### 1) 山岳工法

山岳工法は、山地部などの岩盤を掘進するのに適した工法であり、掘削方法には発破掘削方式、機械掘削方式と人力掘削方式がある。機械掘削方式の一つであるトンネル・ボーリング・マシン (TBM) 工法は、切り羽にカッターヘッドを押し付けて掘削を行う機械掘削である。トンネルを造るスピードが求められる場合などに採用され、発電用導水路トンネルなどで使用されている工法である。

トンネル構造の現在の標準的な工法は NATM 工法である。NATM 工法は吹き付けコンクリート、ロックボルト、鋼製支保工をトンネル支保に用いて地山に補強し、地山自身の強度でトンネルを構築する。

山岳工法の特徴は、掘削とトンネル構築の両方で地山強度を必要とする工法である。地山が崩壊性を示す場合は補助工法の併用が必要である。山岳工法の特徴を以下に示す。

- ・ トンネルの断面は TBM を使用した場合は円形、それ以外は馬蹄形が多い。断面規模に制限はない。

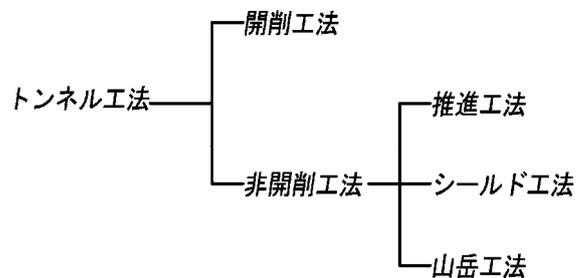


図 4.1.1 トンネル工法一覧

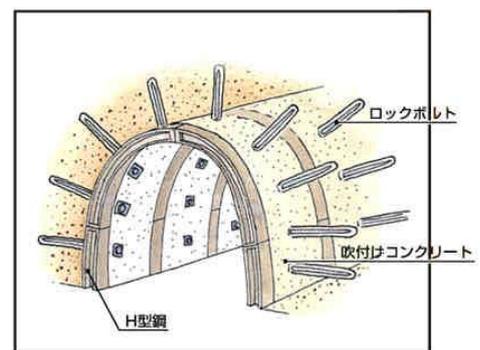


図 4.1.2 山岳工法

- ・ 適用地盤は軟岩から硬岩までの岩盤を主としている。
- ・ 施工延長に制限はない。

## 2) シールド工法

シールド工法は、シールドと呼ばれる鋼製の円筒状の掘進機を自ら有する掘進用のジャッキにより地中に押し込み、先端部で地山の崩壊を防ぎながら掘削を行い、シールド後方部で掘削断面を支保する覆工（セグメント組立）を繰り返しながらトンネルを掘り進んでいく工法である。都市部などの軟弱地盤に対応するために開発された工法であり、河川の下などにトンネルを造る場合に採用されている。仕上がり内径は通常で 1,350mm～14,000mm 程度である。

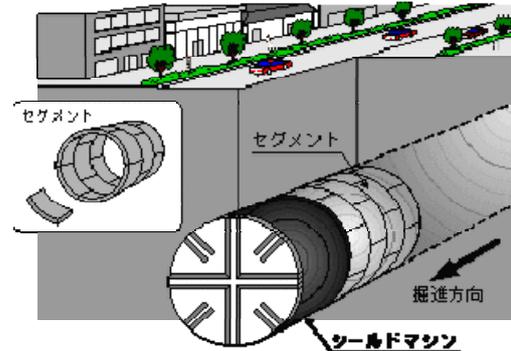


図 4.1.3 シールド工法

最大の特徴は、山岳工法と違い軟弱地盤、ルーズな地盤でも補助工法を併用せずに掘り進めることができる。その他の特徴を以下に示す。

- ・ トンネル構造断面は円形が基本である。シールドマシンの最大径は  $\phi 17.045\text{m}$ 、日本国内メーカーによって製作されている。
- ・ 長距離に対する適応性は高く、中央環状品川線では延長 8km をシールドマシン 1 基で施工している。
- ・ 地質に対する適応性も高く、軟弱な粘性土、ルーズな砂質土層から礫、軟岩に至るまでほとんどの地盤に適用可能である。掘削対象の地質に合わせ、カッタ、面板の仕様を変更する。

## 3) 推進工法

推進工法は、シールド工法と同様、都市部などの地上部が開発されている場所で、開削によるトンネルの敷設が困難な場所に適用される。推進工法は、「推進管の先端に先導体を取り付け、発進立坑内に推進力の反力受けを設置し、ジャッキの推進力により推進管を地中に圧入して、刃口部で土砂の掘削・搬出を行いながら、順次推進管を継ぎ足して管渠を敷設する工法等」と定義されている。推進工法の仕上がり内径は  $\phi 200\text{mm}$ ～ $3,000\text{mm}$  程度である。

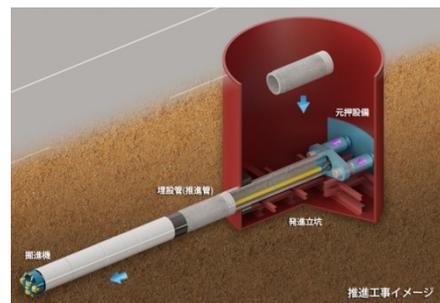


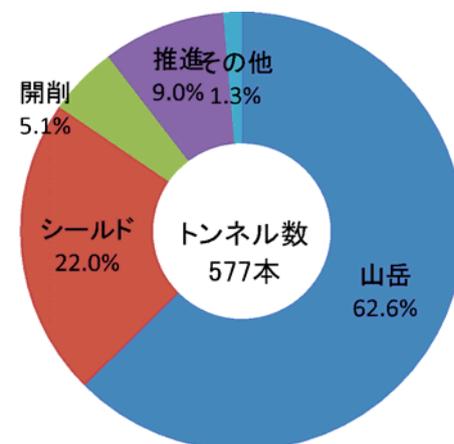
図 4.1.4 推進工法

推進工法は、先導体となる推進機にシールド工法同様の切羽安定機構を採用し、適用地盤を拡大している。そのため日本国内では  $\phi 800\text{mm}$  以上の中大口径推進をセミシールド工法と称している。シールド工法との最大の違いは、施工延長である。シールド工法とは違い起点となる発進立坑内で推進力を作用させるため施工延長は 500m 以下が多く、計画延長が長い場合は中間立坑が必要となる。そのためシールド工法に比べ、長距離施工の場合は、立坑数の増加から開削工法で生じる道路交通などの影響が生じる。その他の特徴を以下に示す。

- ・ 本体構造の断面は円形であり、構造自体は二次製品の鉄筋コンクリート管が多い。
- ・ 推進延長の多くは 500m 以下で実績を示している。日本国内での推進工法による最大延長は 1,450m (1 スパン) である。
- ・ 地質に対する適応性は高く、シールド工法同様に広範囲に対応している。

ここで近年のトンネル施工実績を図 4.1.5 に示す。日本国内 (2014 年 12 月 1 日現在) でのトンネル工事の現況は、山岳工法、シールド工法、推進工法、開削工法の順に施工件数が多く、非開削工法だけで 94% の施工実績を示している。国内の開削工法の施工実績は 5% 程度である。

この現況は、施工実績の多くが道路、上下水道等の社会インフラの整備が多く、施工箇所も山間部や都市部など開削工法での対応が困難な箇所が多いなど、非開削工法での施工が優位となる施工条件などが採用理由である。日本国内では非開削工法の最大のメリットを活かし周辺環境の保全 (騒音、振動、交通規制) を前提に、規模、地質条件を問わず施設の構築を可能としている。これが日本のトンネル技術の特徴である。



出典：一般社団法人日本トンネル技術協会  
**図 4.1.5 施工法別比較 (トンネル数)**

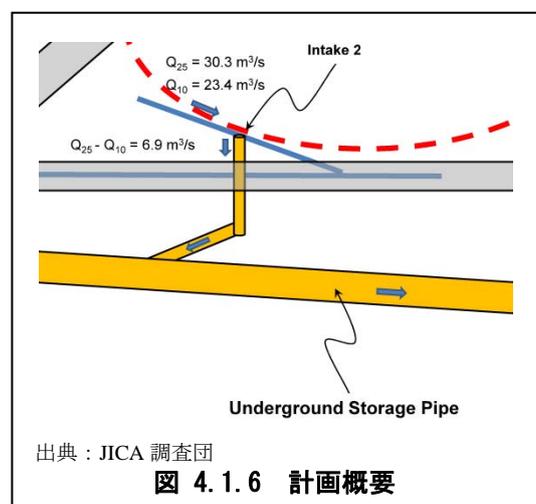
## (2) 都市部の洪水対策への適用可能性

本調査では、マニラ首都圏での洪水対策におけるトンネル技術の活用可能性を検討する。上述したトンネル築造工法を選定する際のキーワードは立地条件、トンネル規模 (断面と延長) があげられる。対策地域の立地条件から非開削工法を採用した場合、該当地域が現在保持している交通や生活といった機能に影響なく洪水対策の実施が可能である。

ここで一般的な洪水対策の計画概要を図 4.1.6 に示す。計画の主要構造物は氾濫水を貯める貯留管と氾濫水を貯留管に導く接続管である。この貯留管と接続管の特徴は以下のとおりであり、その特徴から工法はシールド工法、推進工法が適している。

- ・ 貯留管：大断面、長距離。→シールド工法
- ・ 接続管：小中断面、中距離。→推進工法、シールド工法

上述した「日本の地下トンネル技術」を基本に整理すると、都市部の洪水対策としての放水路トンネルや雨水貯留管の布設に適した工法としてはシールド工法、または推進工法となる。適用理由としては広範囲な地盤条件への対応と必要管径への対応である。非開削工法のひとつである山岳工



出典：JICA 調査団  
**図 4.1.6 計画概要**

法は、地盤条件が硬質地盤の場合にのみ適用可能な工法である。路線全線での地盤条件が不明であるため、シールド工法と比較した場合の優位性は低いと判断した。

上述した工法の内、推進工法は内径が 0.2 m～3 m 程度と比較的小規模な断面に適用可能であるため接続管に、シールド工法は 1.35 m～14 m 程度と大断面に対して適用できるため、貯留管への適応性が高い。両工法ともに土質に対する幅広い適応性、必要規模への適応性に加え道路線形に合わせたカーブ施工が可能であることも特徴の一つであり、限られた範囲内（道路幅員内）での施工を可能としている。また、貯留管と接続管の接続部に斜孔推進を用いることで深い立坑を必要とせずに接続が可能である。

上記で検討したシールド工法、もしくは推進工法を適用するに際し、それぞれの掘進機械を搬入・搬出するための立坑が必要となる。立坑は開削工事で施工される。これらの立坑の建設についても日本の地下トンネル技術として活用なものが存在する。大規模トンネル工事で採用されている代表的な工法として、(1) 地中連続壁工法、(2) 自動化オープンケーソン工法、(3) ニューマチックケーソン工法などがあげられる。

#### 4.1.2 選定されたエリアにおける活用性の適切性、他国と比較した際の優位性の整理

日本は、先進国の中でも、地下放水路、地下調節池（雨水貯留管）の双方についての建設、ならびに運用の技術やノウハウを多数有している。

その背景には、欧米に比べて河川の長さが短く急勾配であるため、一旦雨が振ると急に増水し短時間のうちに洪水のピークが訪れるという地形条件、ならびに先進国の中でアジアモンスーン地域に位置し、台風や熱帯低気圧／温帯低気圧などの豪雨による被害を受けやすいという気象条件がある。さらに、都市化の進展による都市河川流域の保水能力の低下と洪水対策のための用地確保が困難であるという状況や、低平地で洪水の被害を受けやすい地域に都市が発達してきたという土地利用の状況がある。このような背景のもと、地下トンネルを利用した洪水対策の技術を工夫し、発展させてきたと言える。

上述の背景のもと、日本ではシールド工法、推進工法などの地下トンネルの築造に関する技術を、地下鉄、道路トンネル、下水道整備などを通じて発達させ、それらの工事を通じて得たノウハウを地下放水路、地下調節池に活用し、建設をすすめてきた。

代表的なものとして、地下放水路としては、首都圏外郭放水路、地下調節池／雨水貯留管としては、神田川・環状七号線地下調節池、桂川右岸流域下水道雨水対策などの事業があげられる。これらの事業は 20～30 年前から整備を開始し、毎年の豪雨等による浸水被害の低減に効果を発揮している。これらの事業を含め、日本では表 4.1.1 に示す通り、地下調節池／雨水貯留管の施工・運用実績を多数有している。

表 4.1.1 日本における地下放水路、地下調整池/雨水貯留管の施工・運用実績

No.	事業名	貯留管長	管径 (m)	容量 (m <sup>3</sup> )	総事業費	貯留量当りの事業費
1	札幌市豊平川雨水貯留管建設事業	1.9 km	4.25	24,000	約 69 億円	287,500 円/m <sup>3</sup>
2	富山市松川処理分区雨水処理施設	1,069 m	-	20,200	47.2 億円	233,663 円/m <sup>3</sup>
3	横浜市南部処理工大岡川右岸雨水幹線下水道整備事業	2.8 km	3～5.7	50,000	79.5 億円	159,000 円/m <sup>3</sup>
4	東京都港区古川地下調節池	3.3 km	7.5	135,000	約 270 億円	200,000 円/m <sup>3</sup>

表 4.1.1 日本における地下放水路、地下調整池/雨水貯留管の施工・運用実績

No.	事業名	貯留管長	管径 (m)	容量 (m <sup>3</sup> )	総事業費	貯留量当りの事業費
5	東京都神田川・環状七号線地下調整池	4.5 km	12.5	540,000	約 1,030 億円	190,741 円/m <sup>3</sup>
6	京都府桂川右岸流域下水道雨水対策	9.2 km	3~8.5	238,200	約 450 億円	188,917 円/m <sup>3</sup>
7	川崎市江川雨水貯留管	1.5 km	8.50	81,000	-	-
8	千葉市中央雨水 1 号貯留幹線	5.1 km	5.25	110,000	-	-
9	名古屋市市中村中部雨水幹線	2.5 km	3.75	28,000	-	-
10	大阪府寝屋川北部地下河川	14.3 km	5.4~7.5	680,000	約 1,324 億円	194,706 円/m <sup>3</sup>

出典：

- 1 <http://www.city.sapporo.jp/gesui/10kensetsu/01toyohirusui.html>
  - 2 <http://www.city.toyama.toyama.jp/data/open/cnt/3/12981/1/14.pdf>
  - 3 <http://www.city.yokohama.lg.jp/zaisei/org/kokyo/jigyoyouhouka/jizen/h19/kansou02-tyousyo.pdf>
  - 4 <http://www.nga.gr.jp/app/seisaku/details/2163/>
  - 5 [http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr\\_content/content/000001296.pdf](http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000001296.pdf)
  - 6 日刊建設工業新聞 2012 年 2 月 29 日付記事
  - 7 <http://www.city.kawasaki.jp/800/cmsfiles/contents/0000035/35839/book/pdf/egawa-choryu.pdf>
  - 8 <https://www.city.chiba.jp/kensetsu/gesuidokensetsu/keikaku/tyouuusuikansenseibikeikaku.htm>
  - 9 <http://www.water.city.nagoya.jp/category/30700kisyahappyou/12713.html>
  - 10 <http://www.pref.osaka.lg.jp/nekouji/hokubu.html>
- (上記リンクの確認は 2015 年 11 月 30 日時点のもの)

このように日本は、都市域の浸水被害に対して、地下放水路、地下調整池（雨水貯留管）などの技術を活用し問題解決を図るノウハウを蓄積してきており、欧米諸国などに対して、優位性を有していると言える。

#### 4.1.3 各工法に関し、活用の際の留意点および課題の整理

トンネル築造工法に非開削工法を採用する場合の最も重要な事項は、施工を開始してからの対応が困難なことである。とくにシールド工法や推進工法では掘削前面が開放されていないため、地質や支障物を確認しながら掘進するのが機構上難しく、対応策のため一時的な掘進停止となる場合もある。また、対策によっては大規模な開削工法によって対応する場合も生じる。そのような事態にならないために施工の事前に数度の調査、設計を行い布設位置に関する情報を収集し、設計と対策を講じて実施工となる。また、掘進完了後の周辺環境への影響も重要な課題の一つである。

非開削工法の計画・設計・施工・施工後の維持管理までの各段階での調査が必要である。各段階での調査の種類と方法を表 4.1.2 に示す。

表 4.1.2 段階と調査の種類・方法

段階	調査の種類	調査方法
基本計画	予備調査	資料調査、現場踏査
設計	基本設計	現場調査、室内試験、現場踏査
	実施設計	現場調査、室内試験、現場踏査
施工	補助工法	現場調査、室内試験、現場計測
	シールド施工	現場調査、室内試験、現場計測
維持管理	追跡調査（影響の有無）	現場調査、室内試験、現場計測

出典：JICA 調査団

## 4.2 各候補エリアにおける排水施設整備案

第3章にて提示された以下の2箇所の候補エリアについて排水施設整備案の概略検討を行った。

- Espana-UST 候補エリア

- Buendia-Maricaban 候補エリア

計画対象とする確率洪水量については、第3章で述べたように、以下のように仮定した。

- (1) 現在 DPWH が実施している洪水対策、既存排水路の浚渫・リハビリ等により、10年確率洪水に対応できるレベルの整備が行われること。
- (2) 今回策定する排水施設整備案は、DPWH が計画している25年確率洪水に対応できるよう施設整備を行うとともに、将来的に50年確率洪水に対応できるような拡張の余地を有する計画とする。

また、概略検討は以下の点に留意して実施した。

- (3) 現時点で入手可能な情報（既存構造物、地質情報、土地所有の状況等）をもとに施設整備案を策定した。
- (4) 代替案が考えられる場合は、現時点で技術面、コスト面等で実行可能な案を複数示し、次段階で詳細な調査を行うことにより検討すべき事項を留意事項として示した。

上述の仮定、留意点を踏まえて、2カ所の候補エリアについて、以下の事項について概略検討を行い、それぞれの候補エリアの排水施設整備案を作成した。

<検討事項>

- (1) 貯留管の管径、長さの検討
- (2) 平面・縦断線形の検討
- (3) 貯留管築造工の検討
- (4) 立坑の検討
- (5) 流入施設の検討
- (6) 排水施設工の検討
- (7) 遠方監視システムの検討
- (8) 排気・脱臭対策の検討

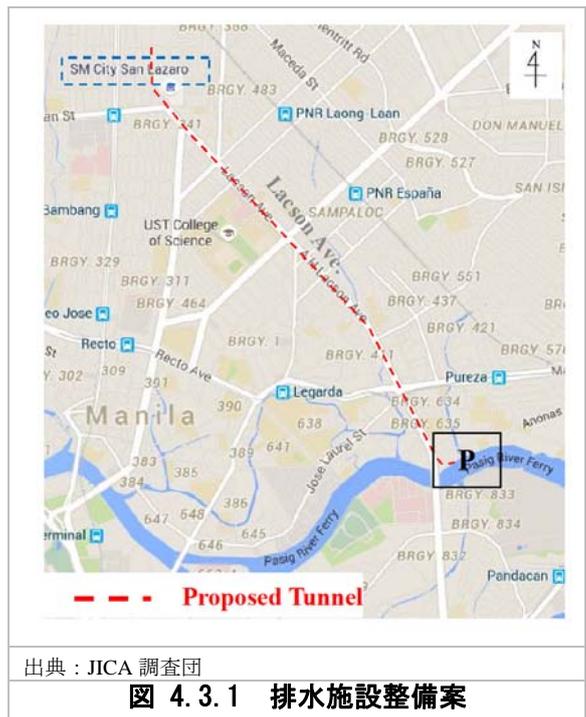
以下にそれぞれの候補エリアにおける排水施設整備案を示す。

## 4.3 Espana-UST 候補エリアにおける排水施設整備案

Espana-UST 候補エリアにおける排水施設整備案として、「第3章 排水計画」において提示した計画案に基づいて、以下のとおり地下貯留管の敷設を検討した。

Espana-UST 地下貯留管の平面図を図 4.3.5 に示す。平面図作成にあたっては「マニラ首都圏中心地域排水機能向上調査（2005年3月）」において作成した地形図を基本図として用いた。

地下貯留管については、シールド工法による築造を想定し、シールドマシンの発進および到達のための立坑の用地が確保可能なことを条件としてレイアウトを検討した。その結果、実施可能な一つの案として、マニラ市の北方、セントトーマス大学の敷地に面したラクソン通り（Lacson Avenue）沿いに地下貯留管を敷設する計画とした。具体的にはSM・シティ・サンラザロ（SM City San Lazaro）の北方に位置する用地（現在はホテル建設のための資材置き場として利用されている）に立坑を建設し、南東方向にラクソン通り沿いにシールド工法により地下貯留管を建設する。貯留管の長さは最大で約 3.5 km となる。貯留管の末端の到達立坑は、パシグ川右岸に位置するバレンシア排水機場の東側（上流側）に設置する。到達立坑に貯留管内の水を排出するための設備を設置し、排水機場として活用するとともに、管理施設を設置し管理員を常駐させ、遠隔監視システムによる排水施設各部の監視を行う。



以下に地下貯留管の各諸元の検討結果について述べる。

#### 4.3.1 地下貯留管の管径の検討

第3章で検討した概略レイアウトに基づいて、用地確保の観点から施工可能な線形を確定し、必要貯留管路長を 3.5 km とした。排水計画で定められた当該貯留管に必要な貯留量 690,000 m<sup>3</sup> をもとに、排水計画が必要とする必要貯留管径を算定すると φ17.0m となる。計画では、降雨後のトンネル内の維持管理性を加え管径を φ17.050m に設定した。ここでは、洪水の貯留終了後に排水を行う計画として管径を決定した。なお、後述の「排水施設の検討」の項で触れるが、洪水の貯留開始後、貯留管への流入量が一定の水準に達した時点で排水を開始する「早期排水開始案」を別途検討し、貯留管の容積を減らし、建設費を縮減することを試みた。（「4.3.6 排水施設の検討」の項参照。）計算内容を表 4.3.1 に示す。

**表 4.3.1 必要貯留管径の算出**

No.	算出内容	算出結果
1	貯留管路長を 3.5km と仮定した場合の貯留管断面積	$A = 690,000 \text{ m}^3 / 3,500 \text{ m} = 197 \text{ m}^2$
2	「都市河川計画の手引 ー立体河川施設計画編ー」を参照し、開水路方式の地下河川の空面積として必要断面積の 15% を確保	$A = 197 \times 1.15 = 227 \text{ m}^2$
3	断面積に対応する管径	$D = \sqrt{4 \times A / \pi} = \sqrt{4 \times 227 / \pi} = 17.00 \text{ m} \Rightarrow 17.0\text{m}$
4	貯留管の容積 V	$V = \pi \times D^2 / 4 \times L = \pi \times 17.0^2 / 4 \times 3,500 = 794,430 \text{ m}^3$

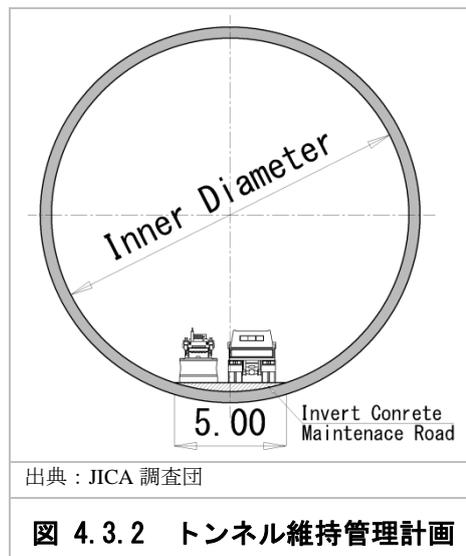
出典：JICA 調査団

以上の計算結果が示す内径が排水計画で必要とする断面規模である。トンネル計画では排水

計画が示すφ17.0mに維持管理性を考慮して内径を17.050mに設定した。

内径算定に考慮した維持管理性は、排水後に生じるトンネル内の堆積土砂等の撤去を目的に、重機による堆積物収集と搬出を可能にするため、トンネル底部にインバートコンクリートの計画を行った（図4.3.2参照）。

インバートコンクリートの幅は5.0mを設定した。これはダンプトラックと小型ブルドーザが作業、通行できる程度の幅を確保した。なお、計画トンネル内径は、このインバート分を控除した場合でも余裕率を考慮した断面規模を満たす計画とした。



#### 4.3.2 平面・縦断線形の検討

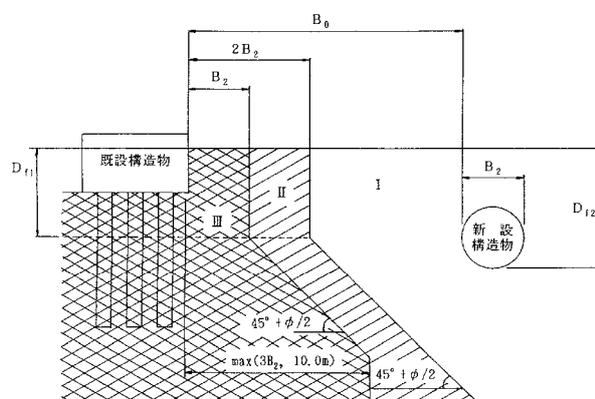
トンネル線形は、立地条件、支障物件、地盤条件、用地条件などに制約を受ける。特に、7章に既述のフィリピン国における私有地下の地下空間利用の現況と関連する法律などの整備状況を踏まえて、排水施設としての貯留管の平面線形、ならびに縦断線形の検討を行った。

平面線形、縦断線形の検討結果を図4.3.5、図4.3.6に示す。線形の検討内容を次の平面線形の検討と縦断線形の検討に示す。

##### (1) 平面線形の検討

平面線形の設定ではシールド掘進施工の観点から出来る限り直線、または半径の大きい線形設定を基本に、立地条件、支障物件と用地条件などの制約条件を考慮する必要がある。平面線形の基本的な位置はラクソン通りと公有地とし、私有地を占有する場合は出来るだけ占有幅を少なくすることを前提とした。また、道路上に存在する既設構造物（道路高架橋、鉄道高架橋）への影響も考慮した。平面線形を決める要素とな既設構造物からの離隔、取り込み位置での占用位置と最小曲線半径を以下に示す。

- 既設構造物の基礎構造との平面離隔は、既設構造物が安定する領域外に配置することが望ましい。設計思想は基礎直下をできるだけ避け、既設構造物の端部から2D（D：トンネル外径）を確保する（図4.3.3参照）。
- 取り込み位置付近では道路境界から50cmの離隔を確保した位置まで取り込み施設側に寄せる。これはトンネル側部の保護層を確保し、かつ接続工事の延長縮減を図ったものである。
- 曲線部で使用する最小曲線半径は120mとした。これは計画断面（大断面トンネル）で



出典：東日本旅客鉄道株式会社

**図 4.3.3 既設構造物と新規トンネルの影響範囲**

の曲線性能を日本国内シールドマシンメーカーに聞き取り調査した結果である。

貯留管の線形は SM・シティ・サンラザロ (SM City San Lazaro) 前のラクソン通りを起点とし、南東に下り、Eulogio Amang Rodriguez (EAR) 科学技術大学の先でパッシング川沿いに左側 (東側) に曲がり、Valencia 排水機場の先 (東側) の計画ポンプ場までの約 3.5 km にわたって敷設するレイアウトとした。貯留管の占用位置は、出来るだけ私有地の補償等が生じないように配慮した。これまでの調査の結果、フィリピン国では、地下の土地所有に関する明確な法律はないものの、私有地の下の地下空間を利用した場合、訴訟となった事例もある。今回の検討でも地下貯留管のレイアウトは基本的に公道・公有地の下に収まるような計画を前提に計画を進めたが、トンネル規模と道路幅員の関係から一部において私有地占用区間が生じる結果となった。平面線形計画の特徴を図 4.3.4 に示す。

- 平面線形はラクソン通りの道路線形に沿った線形であり、起点と終点付近で曲線半径 120m の急曲線施工を行う。起点側では S 字カーブの計画である。
- Intake1、2 付近では道路境界から 50cm 程度の離隔を確保した位置によせている。
- 急曲線区間では私有地を占用する。私有地占用規模は表 4.3.2 のとおりである。

表 4.3.2 私有地占用一覧

No.	Ch.	私有地占用規模
I	No.0~No.4+60	延長 460m、幅 9.5m~18.54m
II	No.32+20~33+40	延長 120m、幅 18.54m

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 4.3.4 私有地占用位置

- 既存構造物に対する平面安定離隔の確保は計画トンネル規模から困難である。対象とした将来、既設構造物の調査結果を表 4.3.3 に示す。

表 4.3.3 対象既設構造物一覧

No.	Ch.	対象構造物	資料受領の可否
1	No.15+80	C-2 (GOV. FORBES) /R-7(ESPANA) INTERCHANGE	○
2	No.27+60	R.Magsaysay-Legarda Flyover	×
3	No.28	LRT Line2 <sup>注</sup>	×
4	No.30	A Lacson-Mahini Flyover	×

出典：JICA 調査団、注：LRT=Light Rail Transit

(2) 縦断線形の検討

トンネルの縦断線形を決める要素は、完成構造物が必要とする勾配、トンネルが必要とする土被りと埋設物との離隔である。ここでは施設が必要とする勾配、トンネル土被りと埋設物との離隔とその内容、これらの要素からなるトンネル縦断計画を示す。先ず、設定した要素を次に示す。

- ・ 標準勾配は0.1%。
- ・ 最低土被りは1D (D：トンネル外径) である (18.540m)。
- ・ 構造物基礎との離隔は1D (D：トンネル外径) である (18.540m)。

表 4.3.4 縦断計画、条件設定一覧

■標準勾配

0.1%

完成後の施設の役割は氾濫水を一時的にトンネルに貯留し、降雨後に所定の河川、エステロ等にポンプで排水する。そのため、ポンプ配置施設側に貯留水が流下するように勾配を設定する必要がある。計画では0.1%の勾配を設定した。勾配0.1%の設定根拠は、ポンプ施設への流下とシールドトンネル施工時の施工精度 (mm単位) を根拠とした。なお、地下構造物への影響が生じない範囲は、立坑深の軽減 (コスト縮減と工程短縮) を目的に可能なかぎりの勾配を採用した。

■最低土被り

1D (D：トンネル外径)、18.540m

シールドトンネルの最低土被りの一般的な基準は1D~1.5D (D：トンネル外径) 程度である。計画トンネルの最低土被りは1Dを標準とした。なお、日本国内では1Dよりも少ない離隔で施工されている例は多数ある。土被りの縮小は完成後のポンプ揚程に関わるため、検討する必要がある項目である。その場合は、影響解析を行い安全性の確保を前提としている。本計画においても地盤条件が確認された時点で土被り縮小の可能性は検討項目にあげられる。

■既設基礎構造物との離隔

基礎下端から1D (D：トンネル外径)、18.540m

既設構造物基礎との縦断離隔は、平面線形同様に既設構造物が安定に必要な範囲外に設置することが基本となる。縦断位置は既設構造物との平面位置の関係が重要であり、平面線形で述べた2D (D：トンネル外径) を確保できない場合は、離隔に関係なく影響範囲内にトンネルが存在することになる。本計画では、道路幅員、既設構造物の位置とトンネル外径の関係から影響範囲内にトンネルが存在する。そのため、基礎下端から土被りで示した1D (D：トンネル外径) を確保することとした。

出典：JICA 調査団

既設の水道管、ガス管、その他の埋設ケーブルなどの地下埋設構造物、高架道路、橋脚、高層ビルの基礎杭などの情報を入手できる範囲でDPWH等から提供を受け、それらの配置を考慮し、縦断線形の検討を行った。貯留管の縦断図を図4.3.6に、他の地下埋設構造物との位置関

係を示した標準断面図を図 4.3.7 に示す。

線形計画が示すように縦断計画を決めるコントロールポイントは、既設構造物基礎との離隔と最低土被りの確保である。トンネル縦断線形は、この2つ内容を考慮した位置に所定の勾配を設定した。その結果、図 4.3.6 に示す通り、敷設する地下貯留管は地表面からの土被りが SM・シティ・サンラザロ (SM City San Lazaro) 前の発進立坑地点で 18.5 m、ラクソン通りとエスパーニャ通りの交差点付近における高架道路計画の基礎杭等の深さを考慮し、同地点では 40 m 程度の深さとなる。縦断勾配は起点から終点へ向けて 0.1% の下り勾配を基本とするが、立坑の深さを浅くして工期短縮と建設費の縮減をはかるため、立坑からエスパーニャ通り交差点までは 1.7% の勾配とした。貯留管終点での土被りは地表から 47 m 程度となる。

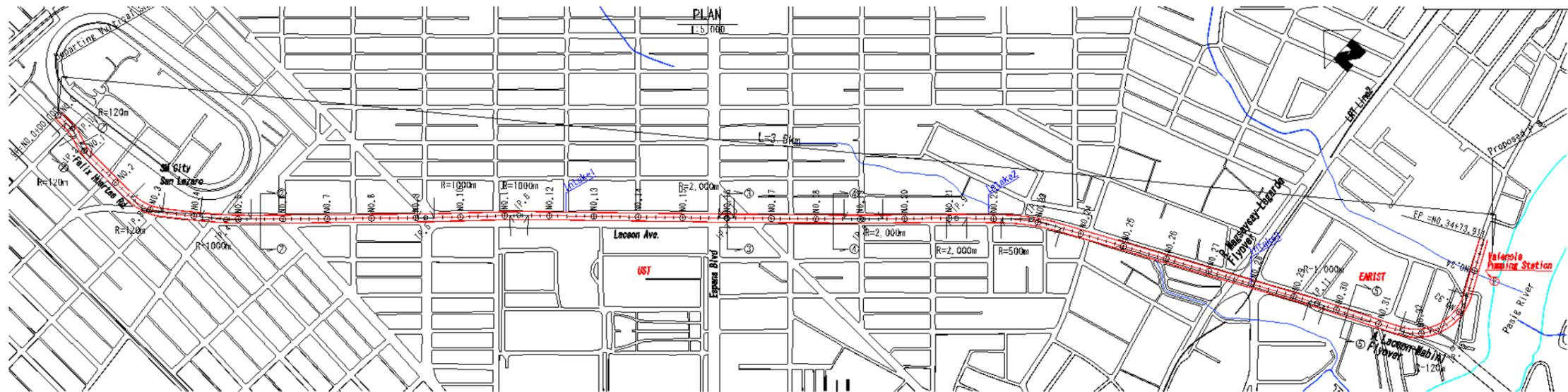


図 4.3.5 Espana-UST 候補エリア 平面図

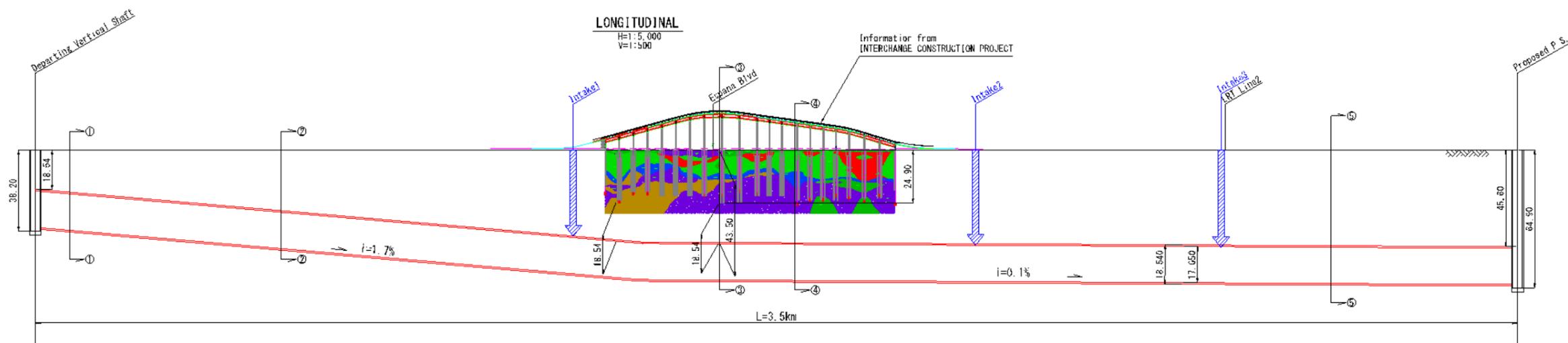
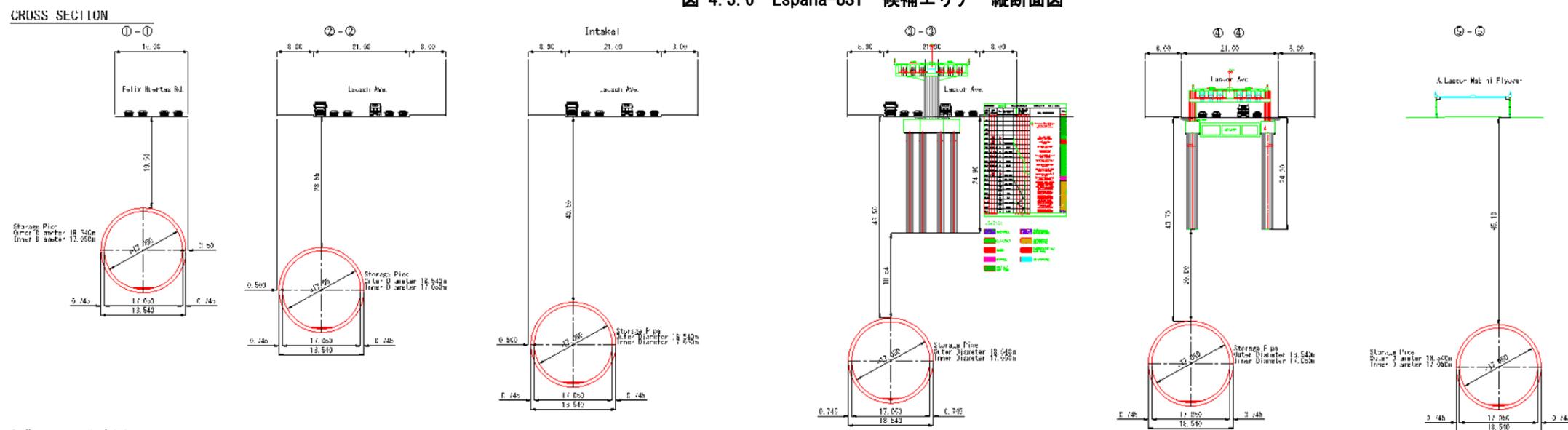


図 4.3.6 Espana-UST 候補エリア 縦断面図



出典：JICA 調査団

図 4.3.7 Espana-UST 候補エリア 横断面図

### 4.3.3 貯留管築造工の選定

貯留管の築造工としては、技術的に適用可能な観点からシールド工法、山岳トンネル工法、推進工法の3つの工法からシールド工法の適応性が高いと判断した。

貯留管の特徴である大断面、長距離では山岳工法の採用も考えられる。しかし、山岳トンネル工法が採用できる条件の一つに地盤条件があり、地山の自立が前提となる。本調査で収集した資料から本計画路線の地質は、凝灰質シルト岩、凝灰質砂岩の可能性が高い。ただし、取得範囲の地質調査深度が不足していること、路線の中間部のみの情報であることから、この地盤条件だけで貯留管全線にわたり対象地盤を評価するのは困難である。そのため、地盤条件に対する適応性の広さと必要規模への対応からシールド工法の適用を前提とした。シールド工法では軟弱地盤から軟岩地盤まで対応可能であり、また必要断面規模（φ17m以上、延長3.5km）への対応も可能である。

選定したシールド工法には数種類の工法がある。調査設計では概略でシールドの選定を行い、泥土圧シールドを選定した。その選定内容を次に示す。

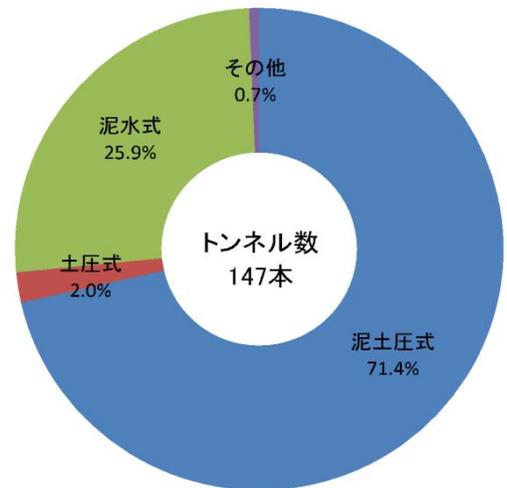
シールド工法の特徴は切羽（掘削面）の土圧、水圧に対抗して切羽の安定を図りながら掘進（排土）し、掘進により得たシールド内スペースにセグメントを組立て、トンネルを構築する工法であり、この一連の作業をトンネル先端のシールドで行う。

シールドには切羽の安定方法から開放型、密閉型に大きく区分され、日本国内での近年（2014年12月）の施工実績のほとんどを密閉型が占めている（99.3%）。

シールド工法では切羽の安定が前提となる。密閉型はその掘削機構により自立しない地山でも切羽の安定が可能で、その結果、地表への影響を与えない工法である。開放型は切羽が自立することが前提であり、自立しない地山を掘削する場合は、地盤改良などの補助工法を併用しなければならず、安全性を確保するために地盤改良などが必要となり、よりコストを必要とする工法である。

日本国内のシールドトンネルは都市部の軟弱地盤での施工が多く、路線全線にわたり補助工法を併用する開放型よりも、密閉型を採用したほうが切羽の安定と地上からの補助工法の施工を行わないため、道路交通への影響がないなどの優位点が多く、その採用が多い。

シールド工法の選定は、上述したようにどのような切羽安定機構を示すシールドを使用して施工を行うかである。本調査路線でのシールド選定も近年の施工実績から密閉型を標準とし、泥土圧シールドと泥水式の比較を行った。本検討では泥土圧シールドをトンネル築造工法に選定した。選定理由は、泥水式に比べ表 4.3.5 に示した内容に対して適応性がある工法と判断した。



出典：日本トンネル技術協会

図 4.3.8 トンネル施工実績

表 4.3.5 シールド工法の選定比較

	泥土圧シールド	泥水式シールド
都市の過密化による用地確保難	泥水式よりも規模が小さい (1.0)	処理プラントを必要とするため 泥土圧よりも用地を必要とする (泥土圧×1.3倍以上)
土質に対する幅広い適応性	軟弱地盤から軟岩まで対応	軟弱地盤から軟岩まで対応。耐 水砂層、砂礫層では切羽の安定 を欠く場合がある。
残土処理の容易さ	特別な処理設備を必要としない	処理プラントを必要とし、その 設置スペースを確保する必要が ある。

出典：JICA 調査団

ただし、シールド選定には選定条件を設定し、施工の可否、工事コストなどの観点からより優位性を示すシールドを選定することとなる。本路線を参考に選定条件を表 4.3.6 に示す。

表 4.3.6 検討条件一覧

No.	検討条件	Espana-UST	
1	平面線形	延長 (m)	3,500
		曲線半径 (m)	120 (最小曲線半径)
2	縦断線形	勾配 (%)	1.7%、0.1%
		土被り (m)	最小 18.54、最大 45.60
3	セグメント	外径 (m)	Φ18.540
		幅 (m)	1.100
		Kセグメントの挿入方法	軸方向
4	地盤条件	掘削通過層の性状	凝灰質シルト岩、凝灰質砂岩
5	地表の状況		都市部
6	発進立坑用地規模	使用可能な敷地規模 (m <sup>2</sup> )	6,000

出典：JICA 調査団

今後の検討業務では上述の条件下で施工性を確保し、かつコストで優位な工法を選定することとなる。次に選定した泥土圧シールドの概要とシールドトンネルで使用するセグメントを参考に示す。

#### ■ 泥土圧シールドマシン

泥土圧シールドは、掘削土砂の塑性流動化を促進するため添加材を注入する機構と掘削土砂を強力に攪拌する混練機構を持ち、チャンバー内の混練された土砂をシールドジャッキの推進力などにより加圧し、その泥土圧を切羽全体に作用させて切羽の安定と排土を行うシールドである。泥土圧シールドは、日本の発明技術であり、世界のシールドトンネル技術の主流工法である。



図 4.3.9 泥土圧シールドマシン

■ セグメント

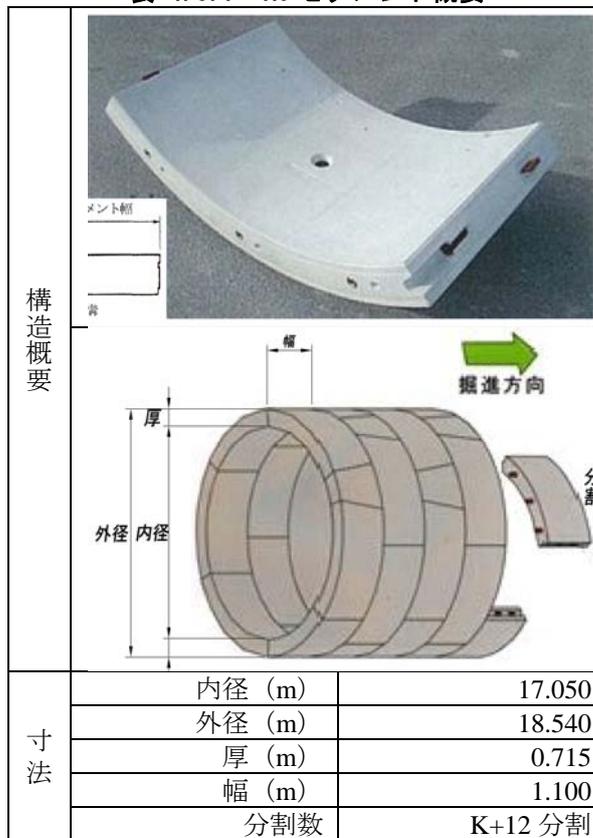
シールドトンネルに使用されているセグメントは RC セグメント、ST セグメントと合成セグメントが近年多く採用されている。

大断面トンネルでは RC セグメントが多く、上述したトンネル内径φ17.050m から RC セグメントを標準セグメントとして計画を行った。構造は鉄筋コンクリート製である。なお、平面線形計画によって生じた曲線半径 120m 箇所と各取水施設接続位置のセグメントは、ST セグメントを使用する。これは、主体構造がスチールであるため曲線部で必要となる幅狭セグメントの製作対応が容易である。接続部ではトンネル構造を保持しつつ、製作性、施工性と接続性で RC セグメントに比べ優位性を示す内容を考慮した。ここで、計画で標準とした RC セグメント構造概要を表 4.3.7 に示す。

外径と覆工厚の設定は、覆工厚は外径の 4% 程度を確保する計画とした。これは日本国内での実績と近年の施工時の安全性を考慮した結果である。幅と分割数は 1 ピース当りの弧長

(4.5m~5.0m) と質量 (100kN) を定義し、覆工厚に応じた幅と分割数を設定した。なお、このセグメント幅と分割数の数値は、工程計算で日進量の算定根拠として使用した。

表 4.3.7 RCセグメント概要



4.3.4 立坑の検討

貯留管築造ためにシールド工法を適用するとして、シールドマシンを搬入・搬出するための立坑の検討を行った。主な検討項目は、立坑の位置と大きさ、ならびに立坑の築造工法である。

(1) 立坑の位置と大きさ

発進立坑、到達立坑の 2 カ所に立坑を建設する。

発進立坑は、貯留管の起点となる SM・シティ・サンラザロ (SM City San Lazaro) の北側に築造する。搬入するシールドマシンの大きさ (長さ) が約 20 m で、発進立坑の壁面に反力をとってシールドマシンを発進させるためのジャッキのスペースとして約 5 m が必要なことから、発進立坑の直径を 21 m として計画する。発進立坑の深さは、4.3.2 節で述べた土被り厚 18.5 m にシールドマシンの外径 18.5 m を加えて、39 m 程度である。

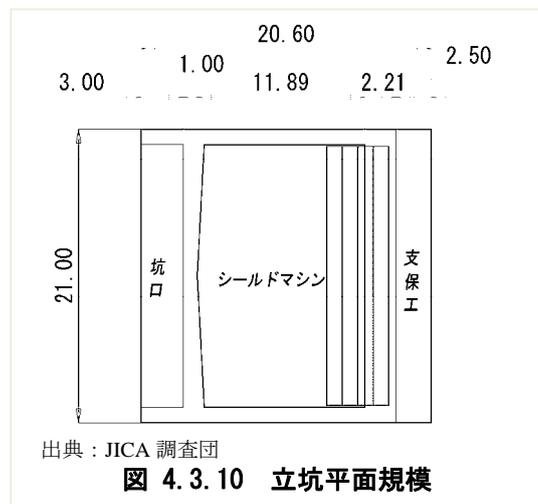


図 4.3.10 立坑平面規模

到達立坑は、掘削終了後、シールドマシンの搬出に必要な最低径として、20 mを適用する。到達立坑の深さは、土被り厚 47.2 m にシールドマシンの外径 18.5 m を加えて、66 m 程度である。

## (2) 立坑の築造工法

発進立坑、到達立坑ともに、それらの直径（20～25 m）、深さ（39～66 m）などの規模を考慮し、圧入ケーソン、ニューマチックケーソン工法、または、連続地中壁工法等が可能であると判断される。工法の適応について今後詳細に検討する必要がある。

シールドの立坑築造に用いられる土留壁は、ケーソン工法と土留め開削工法に大別される。

以下に各工法の特徴を示す。



出典：JICA 調査団

図 4.3.11 圧入ケーソン工法

表 4.3.8 立坑築造工法

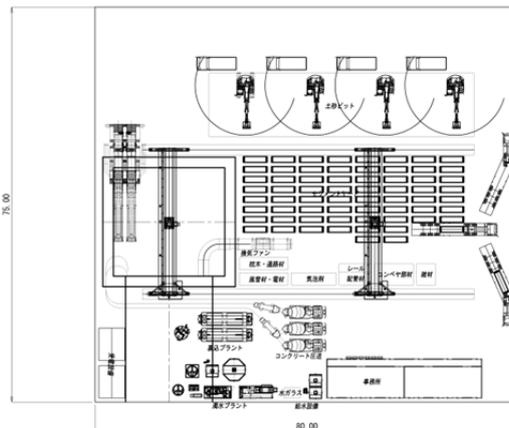
工法原理	ケーソン工法		土留開削工法	
	ロット割りされた躯体を地上からあらかじめ構築し、躯体内部を掘削しながら地中に沈設して所定の深度に本体を築造する工法		土留壁と支保工によって土砂の崩壊を防ぎながら掘削し、床付を行ってから本体構造物を築造する工法	
工法名	圧入オープンケーソン工法	ニューマチックケーソン工法	地中連続壁工法	SMW 工法
工法概要	反力アンカーを反力とする油圧ジャッキを使用し、躯体を地中に圧入沈設する工法である。地下水位以下では水中掘削を行う。	躯体底部に設置された作業室を、地下水位とバランスするように圧力を設定し、ドライ状態で掘削しながら躯体を沈設させる工法である。	泥水圧によって孔壁を保護しながらトレンチ内部を掘削し、RC 柱列杭で土留壁を兼ねた本体構造物を構築した後、内部掘削・底盤と壁面の仕上げを行う工法	オーガーで地盤を削孔し、H 形鋼を芯材とするソイル壁を築造する。これを土留壁として内部を掘削・本体構造物の構築を行う。

出典：JICA 調査団

### (3) シールド設備配置計画

シールドトンネルの計画で重要なひとつは発進立坑位置の選定となる。シールド発進立坑では、セグメント等の資材搬入口、掘削土砂の搬出口の他、セグメントなどの資材ヤードや掘削土の土砂ピットなどを敷地内に整備する必要がある。そのため、発進立坑用地は広い敷地スペースを確保する必要がある。敷地スペース確保の条件は、掘進量に合わせた資材ヤードと土砂ピットのほか、資材の搬入路、掘削土の搬出路など既存道路との接続も考慮する。ここでシールドトンネル工事が必要とする発進立坑規模を図 4.3.12 に示す。

シールド発進基地スペースは、約 6,000m<sup>2</sup> を必要とする。規模計画の根拠は、上述したようにシールド工事に必要となる機器の配置と日進量に合わせたセグメントヤードの確保、日進量に合わせた掘削土を一次保管できる土砂ピットの容量確保と既存道路から基地内への工事車両の動線確保である。この敷地規模を元にトンネル占用路線周辺を踏査した結果、SM City San Lazaro 付近の空き地と Valencia P.S. 付近の空き地が候補となり、資材搬入等の容易さから SM City San Lazaro 付近の空き地を発進立坑用地に計画をした。なお、この用地は私有地である。



75m×80m

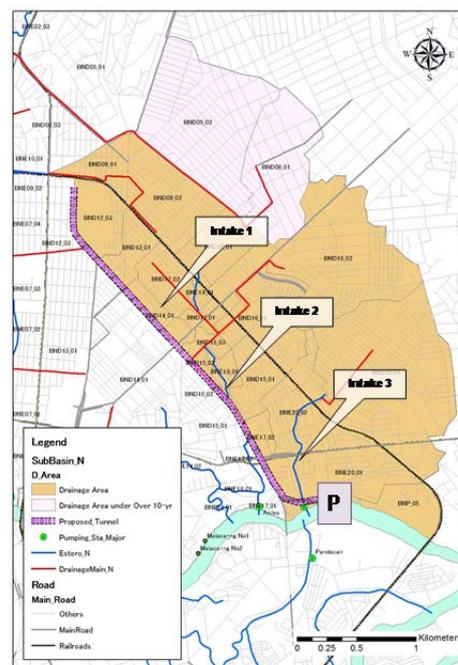
出典：JICA 調査団

図 4.3.12 シールド発進立坑設備

### 4.3.5 流入施設の検討

DPWH 調査における浸水被害が大きな地点を考慮し、同調査で提案されている排水計画を参照しつつ、効果的に貯留管へ洪水を導くことを念頭におき、現地踏査の結果を踏まえて流入施設位置を選定した。流入施設位置は、既存水路（エステロ、暗渠等）等を利用することとし、以下の3カ所を計画した。

- Don Quijoto Drainage Main が P. Florentino 通りと交わる地点（以下「Intake EU-1」と称す。）
- エステロ・サンパロック II がラクソン通りと交わる地点（以下「Intake EU-2」と称す。）
- Valencia Drainage Main 下流端付近（以下「Intake EU-3」と称す。）



出典：JICA 調査団

図 4.3.13 Espana-UST 候補エリア流入施設位置図

### (1) 取水方式、ならびに流入量の検討

それぞれの流入施設地点では、図 4.3.14 に示した日本の流入施設の例（環状7号線地下調節池 妙正寺川流入施設）のように既存水路の側面に横越流方式の取水口を設置し取水を行う方式とする。



図 4.3.14 流入施設の例（環状7号線地下調節池 妙正寺川取水施設）

具体的な検討の流れは以下のとおりである。

- 1) それぞれの計画地点において、既存水路の10年確率洪水量、ならびに25年確率洪水量を算定し、それぞれの洪水量に対応する水位を求めた。
- 2) 既存水路による10年確率洪水が流下可能で、かつ、10年確率洪水位を越えた時に、取水口から地下貯留管への取水が可能となるように取水口に越流堰を設置し、その堰頂を決めた。
- 3) 越流堰の幅は25年確率洪水を流下可能な越流幅とし、50年確率洪水対応のための拡張が出来るよう配慮した。

それぞれの取水口における10年確率洪水量、25年確率洪水量は表 4.3.9 のとおりである。これらの数値の差分が今回施設整備案策定の対象取水量となる。

表 4.3.9 各流入施設における取水量

	Intake EU-1 (m <sup>3</sup> /s)	Intake EU-2 (m <sup>3</sup> /s)	Intake EU-3 (m <sup>3</sup> /s)
25年確率洪水量	32.3	30.3	57.9
10年確率洪水量	25.0	23.4	44.9
対象取水量	7.3	6.8	13.1

### (2) 取水施設レイアウトの検討

上記(1)にて検討した対象取水量の取水を行うためのレイアウトを検討し、現地視察により構造物の諸元の妥当性を確認した。

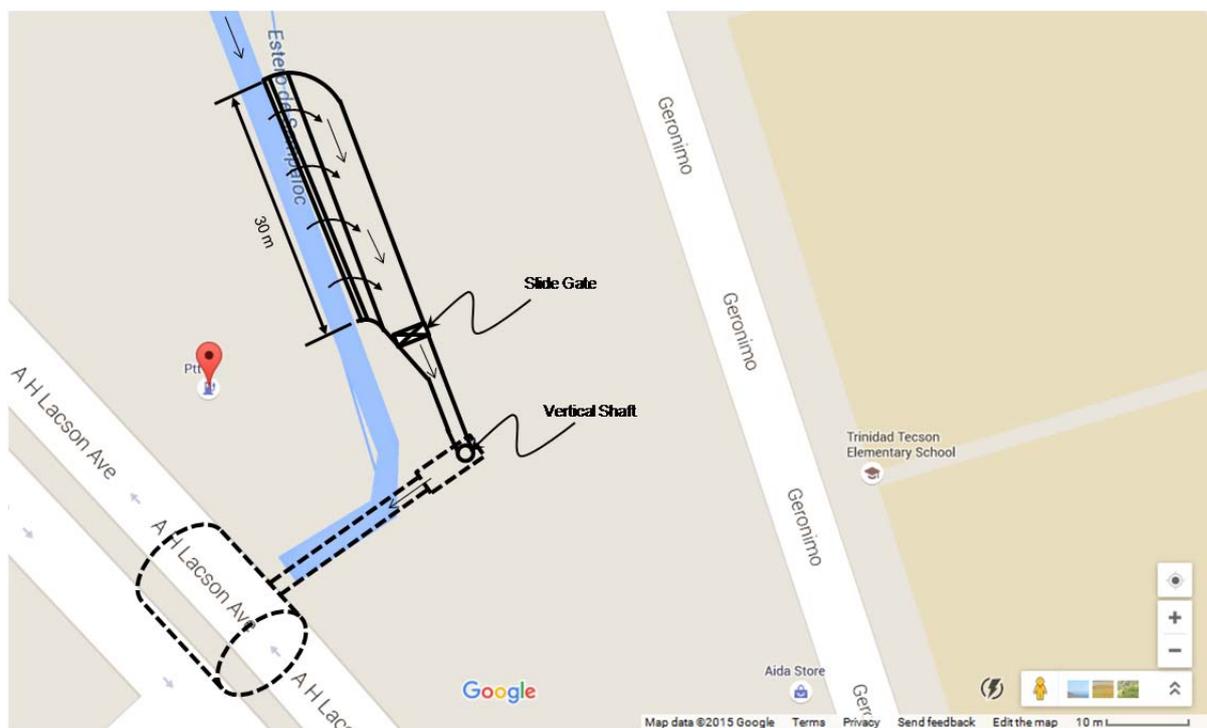
取水地点では既存排水路から横越流により分流を行う。調査団が別途実施した氾濫解析において、解析モデル上の横越流の流量係数が概ね0.85～0.95であることから、横越流の流量係数を0.9と仮定し、横越流堰の必要幅を検討した。

取水施設から貯留管への接続部までは約70mの落差がある。所定の取水量を円滑に導水し、減勢しながら貯留管へ導くために落差減勢システムを考慮した。

大深度貯留管での流入点における落差減勢システムとしては、階段方式やドロップシャフト方式が考えられる。現段階では、取水地点での家屋の密集度合いなどを考慮し、省スペース性、

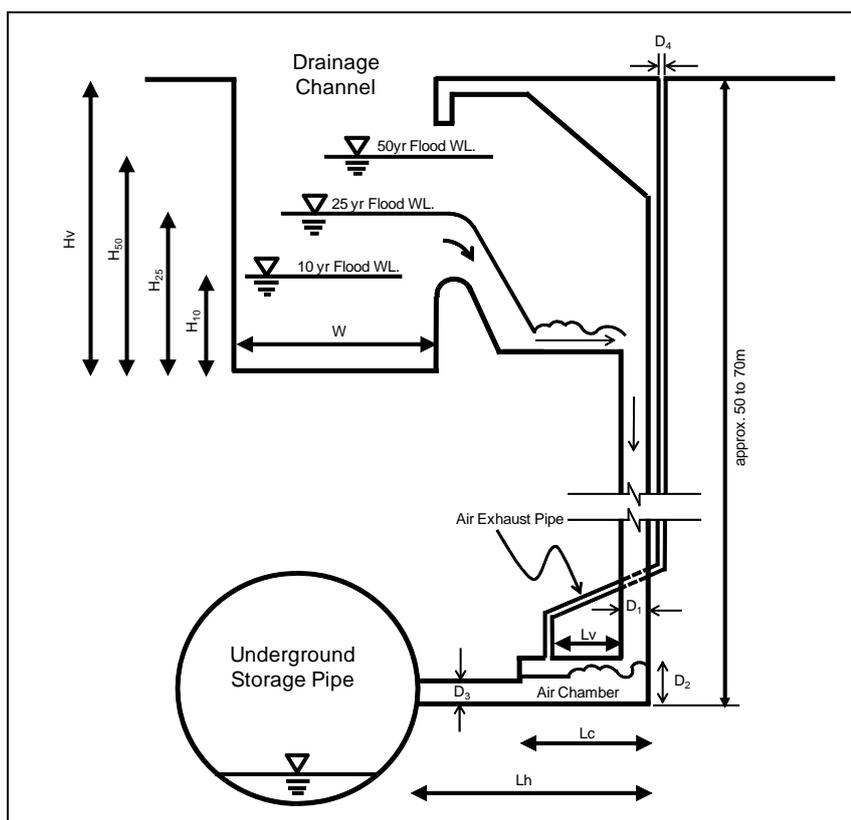
ならびに経済性を考慮して、渦流式ドロップシャフト（渦流式立坑）を適用し、レイアウトを検討した。渦流式立坑は、米国ミルウォーキー市下水道の貯留施設の落差処理工として開発された型式であり、水理模型実験報告書による検討結果に基づき算定できる。

3カ所の取水施設のレイアウト、ならびに諸元を、Intake 2 のレイアウトを参考例として以下に示す。



出典：JICA 調査団

図 4.3.15 Intake 2 における取水施設レイアウト案（平面図）



出典：JICA 調査団

図 4.3.16 Intake 2 における取水施設レイアウト案（断面図）

図 4.3.15～図 4.3.16 に示したレイアウトにおける Intake 1 から Intake 3 の諸元をまとめると表 4.3.10 のとおりである。

表 4.3.10 Espana-UST 候補エリア各取水施設の諸元一覧

		Intake 1	Intake 2	Intake 3
1	計画取水量（25 年確率対応）(m <sup>3</sup> /s)	7.3	6.9	13.0
2	既存排水路の深さ Hv (m)	3	3	5
3	既存排水路の幅 W (m)	6	5.5	8
4	50 年確率洪水流下時の水深 H <sub>50</sub> (m)	2.5	2.6	3.3
5	25 年確率洪水流下時の水深 H <sub>25</sub> (m)	2.2	2.3	2.9
6	10 年確率洪水流下時の水深 H <sub>10</sub> (m)	1.8	1.9	2.4
7	取水堰の幅 B (m)	32	30	41
8	接続管の長さ Lh (m)	85	30	330
9	排気管と立坑の離隔距離 Lv (m)	9	9	12
10	空気分離室の長さ Lc (m)	31	31	40
11	立坑径 D <sub>1</sub> (m)	2.0	2.0	2.3
12	空気分離室径 D <sub>2</sub> (m)	3.3	3.3	4.1
13	接続管径 D <sub>3</sub> (m)	2.0	2.0	2.1
14	排気管径 D <sub>4</sub> (m)	0.9	0.9	1.1

出典：JICA 調査団

### (3) 除塵スクリーン

流入施設の入口には既存水路内の浮遊物等が貯留管に流入することを防ぐために除塵スクリーンを設置する。除塵スクリーンへ浮遊物が蓄積されると、取水口が塞がれ、所定の流入量が確保できないおそれがあるため、浮遊物を下流に流下可能な形式の除塵スクリーン（例えば、横掻き式除塵機など）を考慮する。

## 4.3.6 排水施設の検討

### (1) 貯留後、48 時間以内排水の場合

貯留管に溜まった水を排出するために、到達立坑に排水機場を設置する。貯留水に含まれる土砂が沈殿し、固化する前に排水を行うことが施設の管理上重要であること、また、貯留水による臭気の発生を抑制することが重要であることに鑑み、排水時間を決定しポンプの容量を決定する。

一般に貯留後 48 時間を超えると沈降した貯留水内の土砂分の固化が始まり、また臭気が発生すると言われている。このため、48 時間以内の排水を行うことを念頭にポンプ容量を決定する。

貯留量が最大で 690,000 m<sup>3</sup> であることから、必要な排水容量は以下のとおりとなる。

$$\text{排水容量 } Q_{\text{out}} = 690,000 \text{ m}^3 \div (48 \times 60 \times 60) = 3.99 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 4.0 \text{ m}^3/\text{s}$$

またポンプ総揚程は立坑の深さが 66.0 m であることから、排水管内水頭損失を考慮し 80 m を仮定する。ポンプ形式は揚程、排水量、ポンプ敷地面積コンパクト化の観点から立軸渦巻きポンプ 2.0 m<sup>3</sup>/s を 2 台設置する。ポンプ駆動は排水時の限られた期間であるため維持管理費用軽減のため商用電源によらないディーゼル機関を採用する。原動機出力は次式で与えられる（揚排水ポンプ設備技術基準（案）設計指針（案）同解説 p.79 参照）。

$$P = \frac{\rho \times g \times Q \times H}{1,000 \times \eta_p \times \eta_g} \times (1 + \alpha) = \frac{1,000 \times 9.8 \times 4.0 \times 80}{1,000 \times 0.84 \times 0.95} \times (1 + 0.15) = 4,519$$
$$\approx 4,500 \text{ kW}$$

したがって、揚程 80 m、出力 4,500 kW クラスのポンプを用意する。

ここに

P	: 主原動機出力 (kW)
$\rho$	: 水の密度 1,000 (kg/m <sup>3</sup> )
g	: 9.8 (m/s <sup>2</sup> )
Q	: 排水量 (4.0 m <sup>3</sup> /s)
H	: 全揚程 (80.0m)
$\eta_p$	: ポンプ効率 (0.84)
$\eta_g$	: ポンプと原動機の伝達装置効率 (0.95)
$\alpha$	: 余裕率 (0.15)

ディーゼル式ポンプ場は立坑底部に設置するため完成後の維持管理は貯留管土砂搬出用昇降設備を利用する。排水は配管設備により地上部へ揚水後、沈砂池を経て河川に放流する。

### (2) 早期排水開始の場合

「4.3.1 地下貯留管の管径の検討」の項でも述べたが、貯留管内へ流入した洪水の早期排水を

行うことにより、貯留管の容積を減らし、建設費を縮減することを試みた。排水開始時期は、計画降雨による貯留管への流入量（計画流入量のハイドログラフ）が上記で想定したポンプの排水容量（4.0 m<sup>3</sup>/s）を越えた時点で排水を開始するように設定した。

計算の結果、必要貯留量は 446,000 m<sup>3</sup> となった。

この場合、貯留管路長を 3.5 km と仮定した場合の貯留管必要断面積 A は、

$$A = 446,000 \text{ m}^3 / 3,500 \text{ m} = 128 \text{ m}^2 \text{ となる。}$$

「都市河川計画の手引 一立体河川施設計画編一」を参照し、開水路方式の地下河川の空面積として必要断面積の 15% を確保すると、貯留管の断面積は  $128 \times 1.15 = 147 \text{ m}^2$  となる。この断面積に対応する管径は以下のとおりである。

$$D = \sqrt{(4 \times A / \pi)} = \sqrt{(4 \times 147 / \pi)} = 13.68 \text{ m} \Rightarrow 13.7 \text{ m。}$$

仕上がり内径が 13.7 m となるので、貯留管の容積 V は、

$$V = \pi \times D^2 / 4 \times L = \pi \times 13.7^2 / 4 \times 3,500 = 515,940 \text{ m}^3 \text{ (1,000 m}^3 \text{ 単位に切り上げて 516,000 m}^3 \text{ ) となる。}$$

算出した断面は、貯留管案同様に維持管理を考慮し、インバートコンクリート分を考慮した管径 13.750 m を計画断面に設定した。

以降、4.3.1 節にて検討した洪水終了後の排水を想定した内径 17.050 m、総容量 795,000 m<sup>3</sup> のケース（ケース 1）と上述の内径 13.705m、総容量 516,000 m<sup>3</sup>（ケース 2）の双方について検討する。

#### 4.3.7 遠方監視システムの検討

洪水時に排水施設の各部分が確実に機能していることを確認するために、遠方監視システムを設置する。遠方監視システムは、監視カメラと照明からなり、夜間や荒天時でも施設の状況が把握できるようにする。監視カメラは Espana-UST 候補エリアの 3 カ所の流入施設地点に設置し、取水口の閉塞や溢水などの問題がないか監視を行う。監視カメラは通信ケーブルを備えた可動式で、取水口全体、ならびに上下流の状況が把握できるよう可動式とする。

図 4.3.17 に監視システムの例（環状 7 号線地下調節池 妙正寺川取水施設監視システム）を示す。



出典：JICA 調査団

図 4.3.17 監視システムの例（環状 7 号線地下調節池 妙正寺川取水施設）

#### 4.3.8 換気・脱臭対策の検討

「都市河川計画の手引 ー立体河川施設計画編ー」によれば、洪水排水後の貯留管内の沈殿汚濁物排出、清掃作業等に従事する作業員の良好な労働環境の維持を図るため、換気設備を設ける必要がある。また、沈殿物から発生する臭気による近隣住民などへの公害発生防止のため、脱臭設備の検討も必要である。

Espana-UST 候補エリアでは、概略検討段階での施設整備案として、換気設備、脱臭設備を以下のように考慮した。

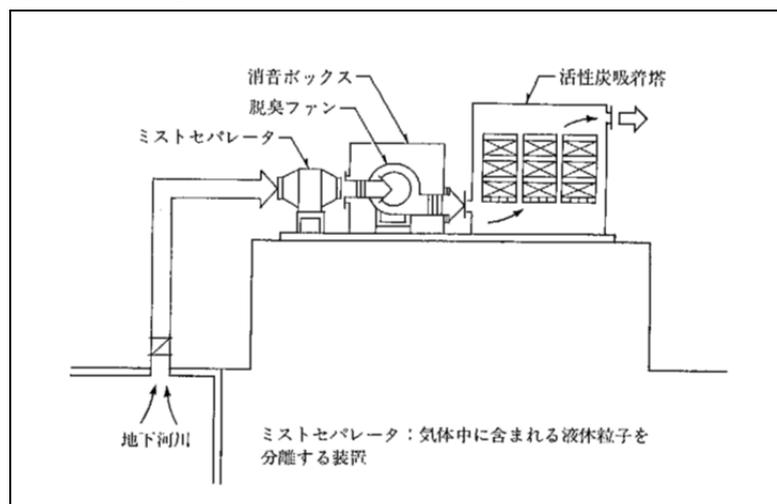
- (1) 換気施設は、雨水貯留管（トンネル）が 3.5 km と長く、またトンネル容量が 795,000 m<sup>3</sup>（ケース 1）、516,000 m<sup>3</sup>（ケース 2）と大きいことから、確実に計画風量を換気できる方式として、強制給気強制排気方式とする。
- (2) 換気時間は、「都市河川計画の手引 ー立体河川施設計画編ー」にある通り、日本道路協会「共同溝設計指針」を参照し、換気所要時間 30 分以内に設定する。
- (3) トンネル容量から 30 分換気のために必要な、給気ファンを到達立坑側に、同容量の排気ファンを発進立坑側に設置する。ケース 1、ケース 2 の場合、それぞれ以下の容量を有する換気施設を整備することとする。

（ケース 1） $795,000 \text{ m}^3 \div 30 \text{ 分} = 26,500 \rightarrow 26,500 \text{ m}^3/\text{分}$

（ケース 2） $515,940 \text{ m}^3 \div 30 \text{ 分} = 17,200 \rightarrow 17,200 \text{ m}^3/\text{分}$

トンネル長が 3.5 km に対して 30 分換気を行った場合の風速は 2 m/s 程度であり、適切な値であるといえる。

- (4) 脱臭設備は、「都市河川計画の手引 ー立体河川施設計画編ー」を参照し、可能な限り少風量で高濃度の臭気を捕集するという観点から、現時点では活性炭吸着法を採用する。
- (5) 脱臭設備は、発進立坑に設置する排気ファンに直結する構造とする。図 4.3.18 に活性炭吸着法を適用した脱臭装置の例を示す。



出典：都市河川計画の手引 ー立体河川施設計画編ー

図 4.3.18 脱臭設備の例（活性炭吸着法）

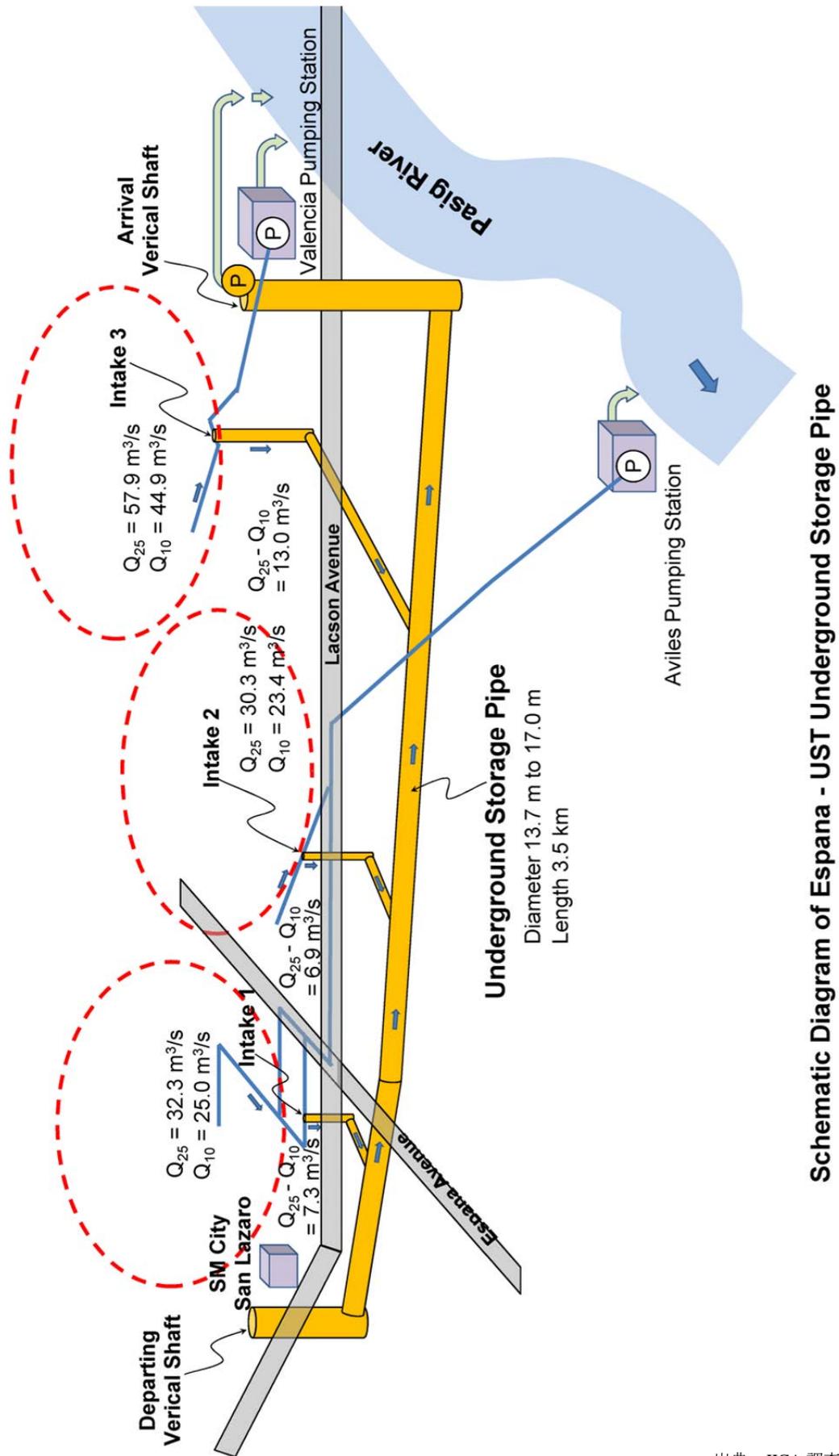
#### 4.3.9 計画諸元のまとめ

上述 4.3.1～4.3.8 節で検討した排水施設整備案の諸元を一覧表にまとめると表 4.3.11 のとおりである。また、施設整備案の概念図を図 4.3.19 に示す。

**表 4.3.11 Espana-UST 候補エリアの概略排水施設整備案の概要**

事業名	代替案	貯留管延長(km)	貯留管内径 (m)	貯留量 (m <sup>3</sup> )
Espana-UST 貯留管	貯留案	3.5	17.05	690,000
	早期排水案		13.75	446,000

出典：JICA 調査団



Schematic Diagram of Espana - UST Underground Storage Pipe

出典：JICA 調査団

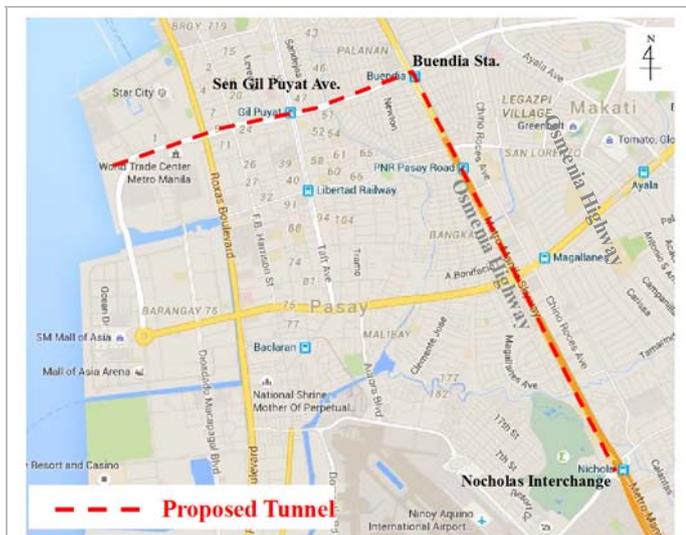
図 4.3.19 Espana-UST 候補エリアにおける施設整備案の概念図

#### 4.4 Buendia-Maricaban 候補エリアにおける排水施設整備案

Buendia-Maricaban 候補エリアにおける排水施設整備案として、「第3章 排水計画」において提示した計画案に基づいて、以下のとおり地下貯留管の敷設を検討した。

Buendia-Maricaban 地下貯留管の平面図を図 4.4.3 に示す。

地下貯留管はパサイ市ニノイ・アキノ国際空港 (NAIA) の北東に位置するニコラス・インターチェンジ (Nicholas Interchange) を起点とし、オスメニア高速道路 (Osmeña Highway) 沿いに北方へ 4.1 km 敷設した後、PNR (国鉄) ブエンディア駅付近ではほぼ直角に曲がり、セン・ヒル・プヤット通り (Sen Gil Puyat Avenue) 沿いにマニラ湾へ向けて 3.1 km 敷設し、貯留水をマニラ湾へ排出する。貯留管の建設は、作業用のスペースがより広く確保できるという観点から、マニラ湾側を発進立坑とし、セン・ヒル・プヤット通り沿いにシールド工法により東方向へ掘進する。PNR ブエンディア駅付近で南方向に曲がり、ニコラス・インターチェンジ内の到達立坑に向けてさらに掘進する。貯留管の長さは 7.2 km である。発進立坑内に貯留管内の水を排出するための設備を設置し、排水機場として活用するとともに、管理施設を設置し管理員を常駐させ、遠隔監視システムによる排水施設各部の監視を行う。



出典：JICA 調査団

図 4.4.1 排水施設整備案

##### 4.4.1 地下貯留管の管径の検討

第3章で検討した概略レイアウトに基づいて、必要貯留管路長を 7.2 km とした。排水計画で定められた当該貯留管に必要な貯留量 1,310,000 m<sup>3</sup> をもとに、排水計画が必要とする貯留管径を算定すると φ16.350m となり、維持管理を考慮した断面として φ16.400m を設定した。計算内容を以下の通りとなる。

表 4.4.1 必要貯留管径の算出

No.	算出内容	算出結果
1	貯留管路長を 7.2km と仮定した場合の貯留管断面積	$A = 1,310,000 \text{ m}^3 / 7,200 \text{ m} = 182 \text{ m}^2$
2	「都市河川計画の手引 ー立体河川施設計画編ー」を参照し、開水路方式の地下河川の空面積として必要断面積の 15% を確保	$182 \times 1.15 = 209.3 \text{ m}^2$
3	断面積に対応する管径	$D = \sqrt{(4 \times A / \pi)} = \sqrt{(4 \times 209.3 / \pi)}$ $= 16.32 \text{ m} \Rightarrow 16.350 \text{ m}$
4	貯留管の容積 V	$V = \pi \times D^2 / 4 \times L = \pi \times 16.352^2 / 4 \times 7,200$ $= 1,511,673 \text{ m}^3$

出典：JICA 調査団

なお、後述の「排水施設の検討」の項で触れるが、洪水の貯留開始後、貯留管への流入量が一定の水準に達した時点で排水を開始する「早期排水開始案」を別途検討し、貯留管の容積を

減らし、建設費を縮減することを試みた（「4.4.6 排水施設工の検討」の項参照）。

#### 4.4.2 平面・縦断線形の検討

以下のとおり、排水施設としての貯留管の平面線形、ならびに縦断線形の検討を行った。

##### (1) 平面線形の検討

図 4.4.1 に示すとおり、貯留管はオスマニア高速道路沿い、ならびにセン・ヒル・プヤット通り沿いに公道の下を通し、私有地の補償等が生じないように配慮した。これまでの調査の結果、フィリピン国では、地下の土地所有に関する明確な法律はないものの、私有地の下の地下空間を利用した場合、訴訟となった事例もある。今回の検討では、地下貯留管のレイアウトは基本的に公道・公有地の下を利用する計画を基本方針としたが、貯留管の規模と道路幅員から一部で私有地の占用が生じる結果となった。

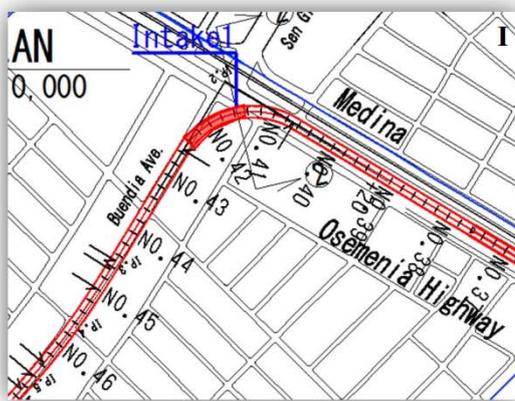
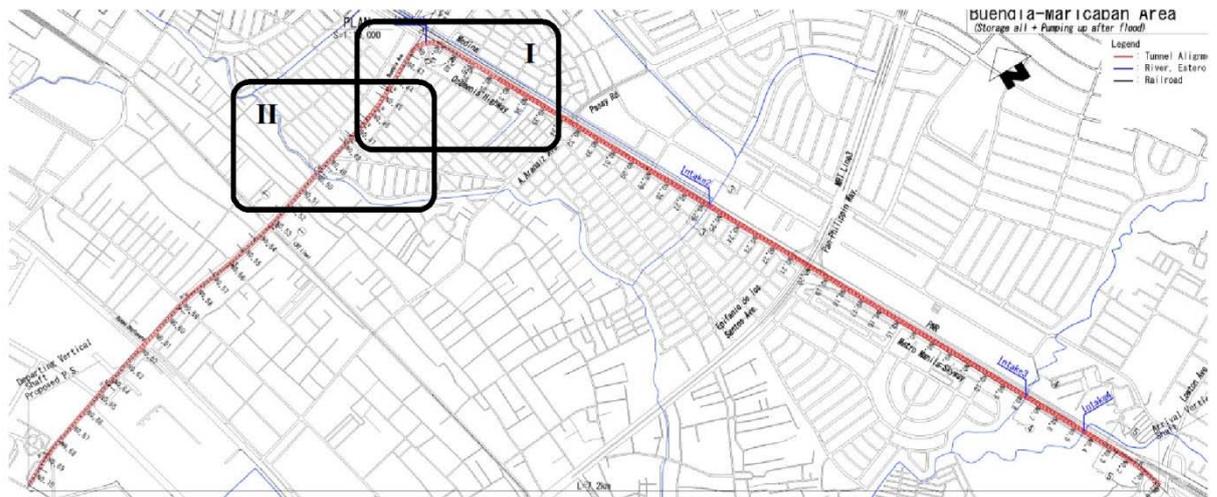
貯留管はニコラス・インターチェンジを起点とし、オスマニア高速道路沿いに北方へ 4.1 km 敷設した後、PNR（国鉄）ブエンディア駅付近でほぼ直角に曲がり、セン・ヒル・プヤット通り沿いにマニラ湾へ向けて約 3.1 km、合計約 7.2 km 敷設するレイアウトとした。平面線形計画の特徴を次に示す。

- 平面線形はオスマニア高速道路に沿った線形であり、ブエンディア駅付近で曲線半径 120m の急曲線施工を行う。
- 各 Intake 付近では Intake 側によせている。
- 急曲線区間では私有地を占用する。私有地占用規模は図 4.4.2、表 4.4.2 のとおりである。

表 4.4.2 私有地占用一覧

No.	Ch.	私有地占用規模
I	No.41+60~ No.42+40	延長 80m, 幅 17.83m
II	No.43+60~ No.48+60	延長 500m、幅 3.53m

出典：JICA 調査団



No.41+60-No.42+40



No. 43+60-No.48+60

出典：JICA 調査団

図 4.4.2 私有地占用位置

- 既存構造物に対する平面安定離隔の確保は計画トンネル規模から困難である。対象とした既設構造物の調査結果を表 4.4.3 に示す。

表 4.4.3 対象既設構造物一覧

No.	Ch.	対象構造物	資料受領の可否
1	No.2+80~No.34	Metro Manila Skyway	×
2	No.20	MRT Line3	×
3	No.39~No.41+40	Flyover	×
4	No.53+40	LRT Line1	○
5	No.61+80	Roxas Boulevard	×

出典：JICA 調査団

(2) 縦断線形の検討

既設の水道管、ガス管、その他の埋設ケーブルなどの地下埋設構造物、高架道路、橋脚、高層ビルの基礎杭などの情報を DPWH 等より入手し、それらの配置を考慮し、縦断線形を検討した。貯留管の縦断図を図 4.4.4 に、他の地下埋設構造物との位置関係を示した標準断面図を図 4.4.5 に示す。

入手可能な情報をもとに検討した結果、図 4.4.4 に示す通り、敷設する地下貯留管は、ニコラス・インターチェンジの到達立坑地点での高架橋の基礎杭の深さを考慮し、地表面からの土被り厚を 33.6 m とした。また、地下貯留管がタフト通り (Taft Avenue) にて LRT ラインと交差する地点では、LRT の基礎杭の深さが 23.9 m であることから、トンネルの必要離隔距離 (外径 17.8 m x 1.0) をとり、41.7 m の土被り厚とした。オスマニア高速道路高架橋の基礎杭の深さについて、現在のところ、DPWH から情報提供を受けていないが、基礎杭の深さが 16.3 m 以下であれば、現在のレイアウトを適用できる。

縦断勾配は到達立坑 (ニコラス・インターチェンジ) から PNR ブエンディア駅へ向けて 0.15% の下り勾配とし、PNR ブエンディア駅付近の湾曲点から発進立坑までは、0.1% の下り勾配とした。貯留管終点 (発進立坑) での土被り厚は地表から 43.6 m 程度となる。



図 4.4.3 Buendia-Maricaban 候補エリア 平面図

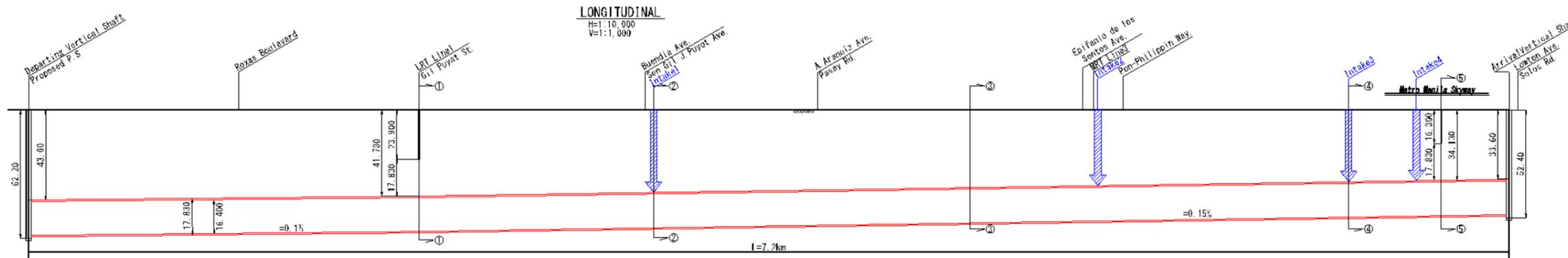


図 4.4.4 Buendia-Maricaban 候補エリア 縦断面図

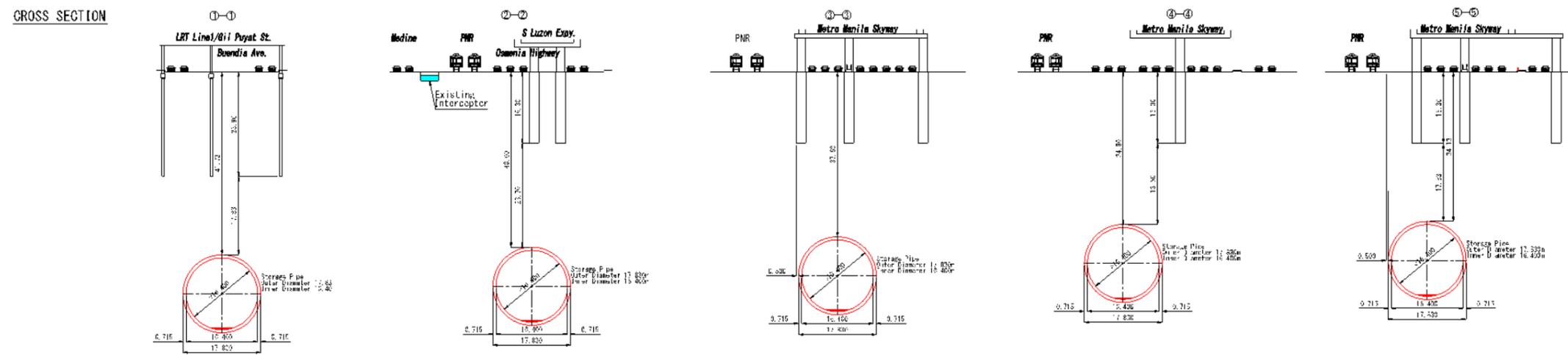


図 4.4.5 Buendia-Maricaban 候補エリア 横断面図

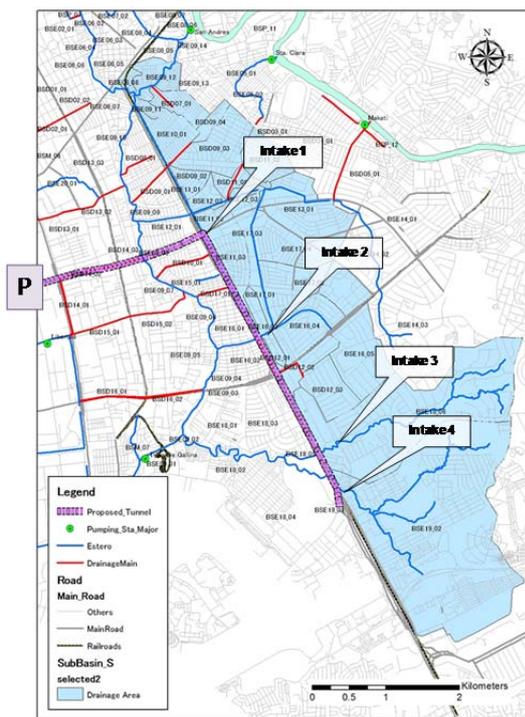
出典：JICA 調査団



#### 4.4.5 流入施設の検討

DPWH 調査における浸水被害が大きな地点を考慮し、同調査で提案されている排水計画を参照しつつ、効果的に貯留管へ洪水を導くことを念頭におき、現地踏査の結果を踏まえて流入施設位置を選定した。流入施設位置は、既存水路（エステロ、暗渠等）等を利用することとし、以下の4カ所を計画した。

- Buendia 駅付近のオスメニア高速道路において既存水路ペリタ・クリークから取水（Intake 1）
- オスメニア高速道路がマカティ分水路 I と交わる地点（Intake 2）
- オスメニア高速道路がマリカバン川右支川と交わる地点（Intake 3）
- オスメニア高速道路がマリカバン川左支川と交わる地点（Intake 4）



出典：JICA 調査団

図 4.4.7 排水施設整備案

#### (1) 取水方式、ならびに流入量の検討

それぞれの流入施設地点では、4.3.5 節、図 4.3.14 に示した日本の流入施設の例（環状 7 号線地下調節池 妙正寺川流入施設）のように水路の側面に横越流方式の取水口を設置し取水を行う方式とする。

4.3.5 節(1)の記述同様、以下の流れで検討を行う。

具体的な検討の流れは以下のとおりである。

- 1) それぞれの計画地点において、既存水路の 10 年確率洪水量、ならびに 25 年確率洪水量を算定し、それぞれの洪水量に対応する水位を求めた。
- 2) 既存水路による 10 年確率洪水が流下可能で、かつ、10 年確率洪水位を越えた時に、取水口から地下貯留管への取水が可能となるように取水口に越流堰を設置し、その堰頂を決めた。
- 3) 越流堰の幅は 25 年確率洪水を流下可能な越流幅とし、50 年確率洪水対応のための拡張が出来るよう配慮した。

それぞれの取水口における 10 年確率洪水量、25 年確率洪水量は表 4.4.4 のとおりである。これらの数値の差分が今回施設整備案策定の対象取水量となる。

表 4.4.4 各流入施設における取水量

	Intake 1 (m <sup>3</sup> /s)	Intake 2 (m <sup>3</sup> /s)	Intake 3 (m <sup>3</sup> /s)	Intake 4 (m <sup>3</sup> /s)
25 年確率洪水量	68.4	21.8	39.1	67.7
10 年確率洪水量	54.8	16.9	30.3	52.5
対象取水量	13.6	4.9	8.8	15.2

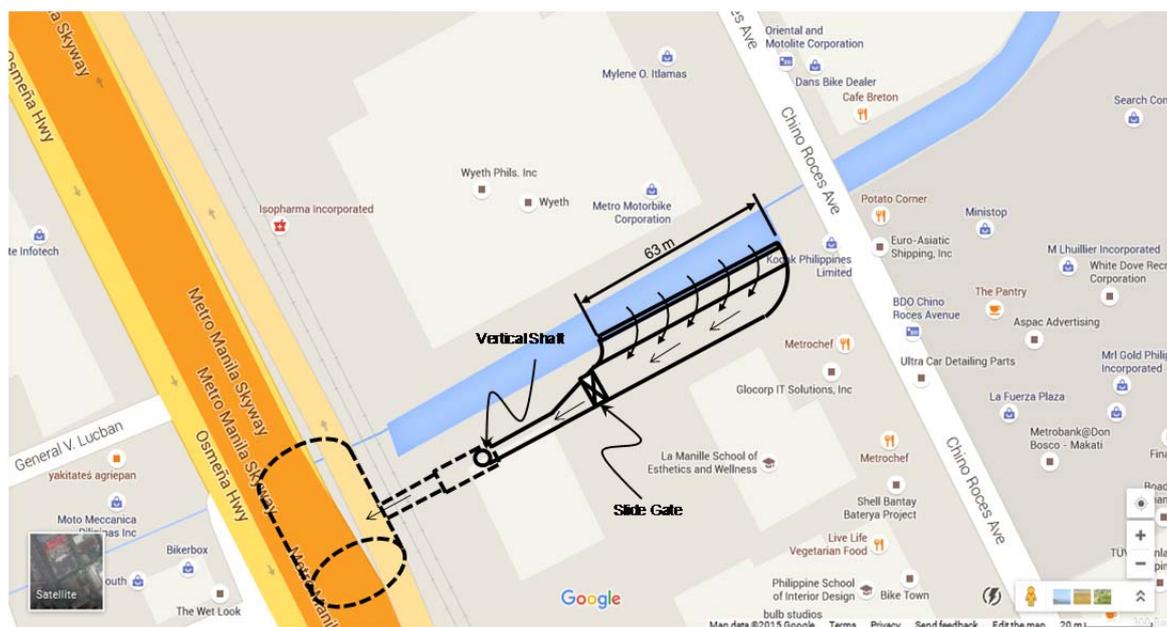
出典：JICA 調査団

## (2) 取水施設レイアウトの検討

上記(1)にて検討した対象取水量の取水を行うためのレイアウトを検討し、現地視察により構造物の諸元の妥当性を確認した。

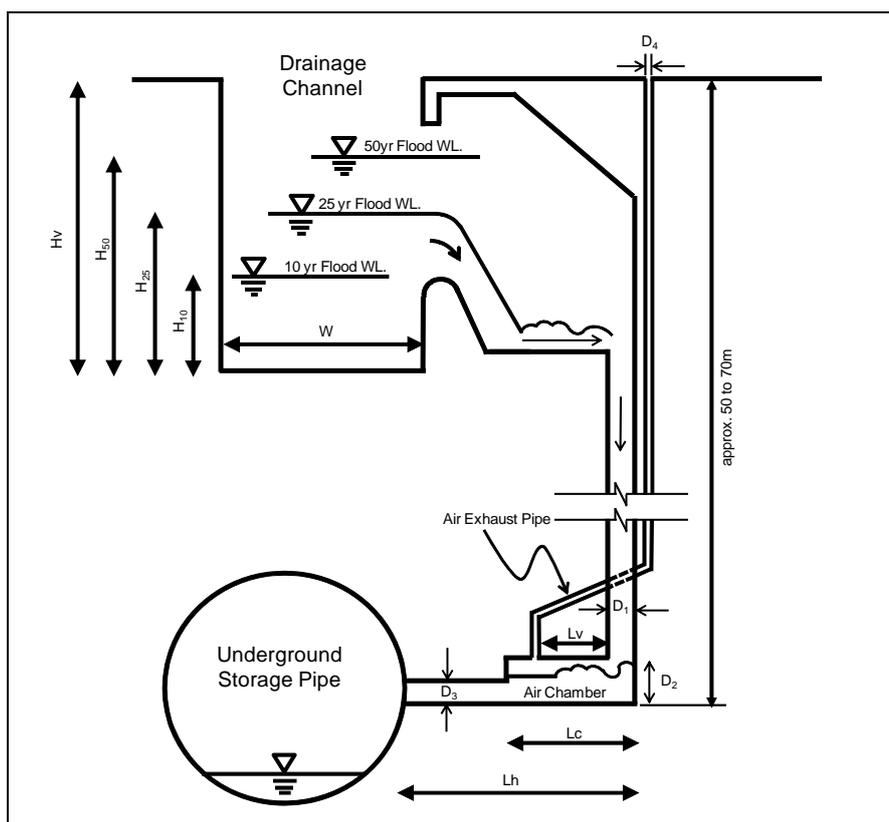
取水施設から貯留管への接続部までは約 70 m の落差がある。所定の取水量を円滑に導水し、減勢しながら貯留管へ導くために落差減勢システムを考慮した。4.3.5 節での検討と同様、省スペース性、ならびに経済性を考慮して、渦流式ドロップシャフトを適用し、レイアウトを検討した。

4カ所の取水施設のレイアウト、ならびに諸元を、Intake 2 のレイアウトを参考例として以下に示す。



出典：JICA 調査団

図 4.4.8 Intake 2 における取水施設レイアウト案（平面図）



出典：JICA 調査団

図 4.4.9 Intake 2 における取水施設レイアウト案（断面図）

図 4.4.9 に示したレイアウトにおける Intake 1 から Intake 4 の諸元をまとめると表 4.4.5 のとおりである。

表 4.4.5 Buendia-Maricaban 候補エリア各取水施設の諸元一覧

		Intake 1	Intake 2	Intake 3	Intake 4
1	計画取水量（25 年確率対応）(m <sup>3</sup> /s)	13.6	4.9	8.8	15.2
2	既存排水路の深さ H <sub>v</sub> (m)	3	4	4	6
3	既存排水路の幅 W (m)	9	12	6	5
4	50 年確率洪水流下時の水位 H <sub>50</sub> (m)	2.9	1.1	2.9	5.4
5	25 年確率洪水流下時の水位 H <sub>25</sub> (m)	2.6	1.0	2.5	4.7
6	10 年確率洪水流下時の水位 H <sub>10</sub> (m)	2.2	0.8	2.1	3.8
7	取水堰の幅 B (m)	63	63	40	22
8	接続管の長さ L <sub>h</sub> (m)	95	50	320	250
9	排気管と立坑の離隔距離 L <sub>v</sub> (m)	12	8	10	12
10	空気分離室の長さ L <sub>c</sub> (m)	40	26	33	41
11	立坑径 D <sub>1</sub> (m)	2.4	1.6	2.0	2.5
12	空気分離室径 D <sub>2</sub> (m)	4.2	2.8	3.5	4.3
13	接続管径 D <sub>3</sub> (m)	2.1	1.4	1.8	2.2
14	排気管径 D <sub>4</sub> (m)	1.2	0.8	1.0	1.2

出典：JICA 調査団

### (3) 除塵スクリーン

流入施設の入口には既存水路内の浮遊物等が貯留管に流入することを防ぐために除塵スクリーンを設置する。除塵スクリーンへ浮遊物が蓄積されると、取水口が塞がれ、所定の流入量が確保できないおそれがあるため、浮遊物を下流に流下可能な形式の除塵スクリーン（例えば、横掻き式除塵機など）を考慮する。

## 4.4.6 排水施設工の検討

### (1) 貯留後、48時間以内排水の場合

貯留管に溜まった水を排出するために、発進立坑に排水機場を設置する。貯留水に含まれる土砂が沈殿し、固化する前に排水を行うことが施設の管理上重要であること、また、貯留水による臭気の発生を抑制することが重要であることに鑑み、排水時間を決定しポンプの容量を決定する。

一般に貯留後48時間を超えると沈降した貯留水内の土砂分の固化が始まり、また臭気が発生すると言われている。このため、48時間以内の排水を行うことを念頭にポンプ容量を決定する。

貯留量が最大で1,310,000 m<sup>3</sup>であることから、必要な排水容量は以下のとおりとなる。

$$\text{排水容量 } Q_{\text{out}} = 1,310,000 \text{ m}^3 \div (48 \times 60 \times 60) = 7.58 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 8.0 \text{ m}^3/\text{s}$$

またポンプ総揚程は立坑の深さが62.2 mであることから、排水管内水頭損失を考慮し80 mを仮定する。ポンプ形式はEspana-UST 候補エリアと同様、揚程、排水量、ポンプ敷地面積コンパクト化の観点から立軸渦巻きポンプ2.0 m<sup>3</sup>/sを4台設置する。ポンプ駆動は排水時の限られた期間であるため維持管理費用軽減のため商用電源によらないディーゼル機関を採用する。原動機出力は前述のとおり次式で与えられる（揚排水ポンプ設備技術基準（案）設計指針（案）同解説 p.79 参照）。

$$P = \frac{\rho \times g \times Q \times H}{1,000 \times \eta_p \times \eta_g} \times (1 + \alpha) = \frac{1,000 \times 9.8 \times 8.0 \times 80}{1,000 \times 0.84 \times 0.95} \times (1 + 0.15) = 9,038$$
$$\approx 9,000 \text{ kW}$$

したがって、揚程80 m、出力9,000 kWクラスのポンプを用意する。

ここに

P	: 主原動機出力 (kW)
$\rho$	: 水の密度 1,000 (kg/m <sup>3</sup> )
g	: 9.8 (m/s <sup>2</sup> )
Q	: 排水量 (8.0 m <sup>3</sup> /s)
H	: 全揚程 (80.0m)
$\eta_p$	: ポンプ効率 (0.84)
$\eta_g$	: ポンプと原動機の伝達装置効率 (0.95)
$\alpha$	: 余裕率 (0.15)

ディーゼル式ポンプ場は立坑底部に設置するため完成後の維持管理は貯留管土砂搬出用昇降設備の利用を想定する。排水は配管設備により地上部へ揚水後、沈砂池を経て河川に放流する。

## (2) 早期排水開始の場合

「4.4.1 地下貯留管の管径の検討」の項でも述べたが、貯留管内へ流入した洪水の早期排水を行うことにより、貯留管の容積を減らし、建設費を縮減することを試みた。排水開始時期は、計画降雨による貯留管への流入量（計画流入量のハイドログラフ）が上記で想定したポンプの排水容量（8.0 m<sup>3</sup>/s）を越えた時点で排水を開始するように設定した。

計算の結果、必要貯留量は 844,000 m<sup>3</sup> となった。

この場合、貯留管路長を 7.2 km と仮定した場合の貯留管必要断面積 A は、

$$A = 844,000 \text{ m}^3 / 7,200 \text{ m} = 117.23 \text{ m}^2 \text{ となる。}$$

「都市河川計画の手引 ー立体河川施設計画編ー」を参照し、開水路方式の地下河川の空面積として必要断面積の 15% を確保すると、貯留管の断面積は  $117.23 \times 1.15 = 134.82 \text{ m}^2$  となる。この断面積に対応する管径は以下のとおりである。

$$D = \sqrt{(4 \times A / \pi)} = \sqrt{(4 \times 134.82 / \pi)} = 13.11 \text{ m} \Rightarrow 13.2 \text{ m。}$$

仕上がり内径が 13.2 m となるので、貯留管の容積 V は、

$$V = \pi \times D^2 / 4 \times L = \pi \times 13.2^2 / 4 \times 7,200 = 985,000 \text{ m}^3 \text{ となる。}$$

以降、4.4.1 節にて検討した洪水終了後の排水を想定した内径 16.4 m、総容量 1,521,000 m<sup>3</sup> のケース（ケース 1）と上述の内径 13.2 m、総容量 985,000 m<sup>3</sup>（ケース 2）の双方について検討する。

### 4.4.7 遠方監視システムの検討

洪水時に排水施設の各部分が確実に機能していることを確認するために、遠方監視システムを設置する。遠方監視システムは、監視カメラと照明からなり、夜間や荒天時でも施設の状況が把握できるようにする。監視カメラは Buendia 候補エリアの 4 カ所の流入施設地点に設置し、取水口の閉塞や溢水などの問題がないか監視を行う。監視カメラは通信ケーブルを備えた可動式で、取水口全体、ならびに上下流の状況が把握できるよう可動式とする（監視システムの例は、4.3.7 節、図 4.3.7 を参照）。

### 4.4.8 換気・脱臭対策の検討

4.3.8 節での Espana-UST 候補エリアでの検討と同様、以下の 2 点に留意して検討を行う。

- (1) 洪水排水後の貯留管内の沈殿汚濁物排出、清掃作業等に従事する作業員の良好な労働環境の維持を図るために換気設備を設ける。
- (2) 沈殿物から発生する臭気による近隣住民などへの公害発生防止のため、脱臭設備を検討する。

Buendia-Maricaban 候補エリアでは、概略検討段階での施設整備案として、換気設備、脱臭設備を以下の様に考慮した。

- 換気施設は、雨水貯留管（トンネル）が 7.2 km と長く、またトンネル容量が 1,521,000 m<sup>3</sup>（ケース 1）、985,000 m<sup>3</sup>（ケース 2）と大きいことから、確実に計画風量を換気できる方式として、強制給気強制排気方式とする。
- 換気時間は、「都市河川計画の手引 ー立体河川施設計画編ー」にある通り、日本道路協会「共同溝設計指針」を参照し、換気所要時間 30 分以内に設定する。

- トンネル容量が 1,521,000 m<sup>3</sup> であるので、30 分換気のために、給気ファンを発進立坑側に、同容量の排気ファンを到達立坑側に設置する。ケース 1、ケース 2 の場合、それぞれ以下の容量を有する換気施設を整備することとする。  
 (ケース 1) 1,521,000 m<sup>3</sup> ÷ 30 分 = 50,700 m<sup>3</sup>/分  
 (ケース 2) 985,000 m<sup>3</sup> ÷ 30 分 = 32,833 m<sup>3</sup>/分 → 32,900 m<sup>3</sup>/分  
 トンネル長が 7.2 km に対して 30 分換気を行った場合の風速は 4 m/s 程度であり、適切な値であるといえる。
- 脱臭設備は、「都市河川計画の手引 ー立体河川施設計画編ー」を参照し、可能な限り少風量で高濃度の臭気を捕集するという観点から、現時点では活性炭吸着法を採用する。
- 脱臭設備は、到達立坑に設置する排気ファンに直結する構造とする。脱臭装置の例は、図 4.3.18 に示したとおりである。

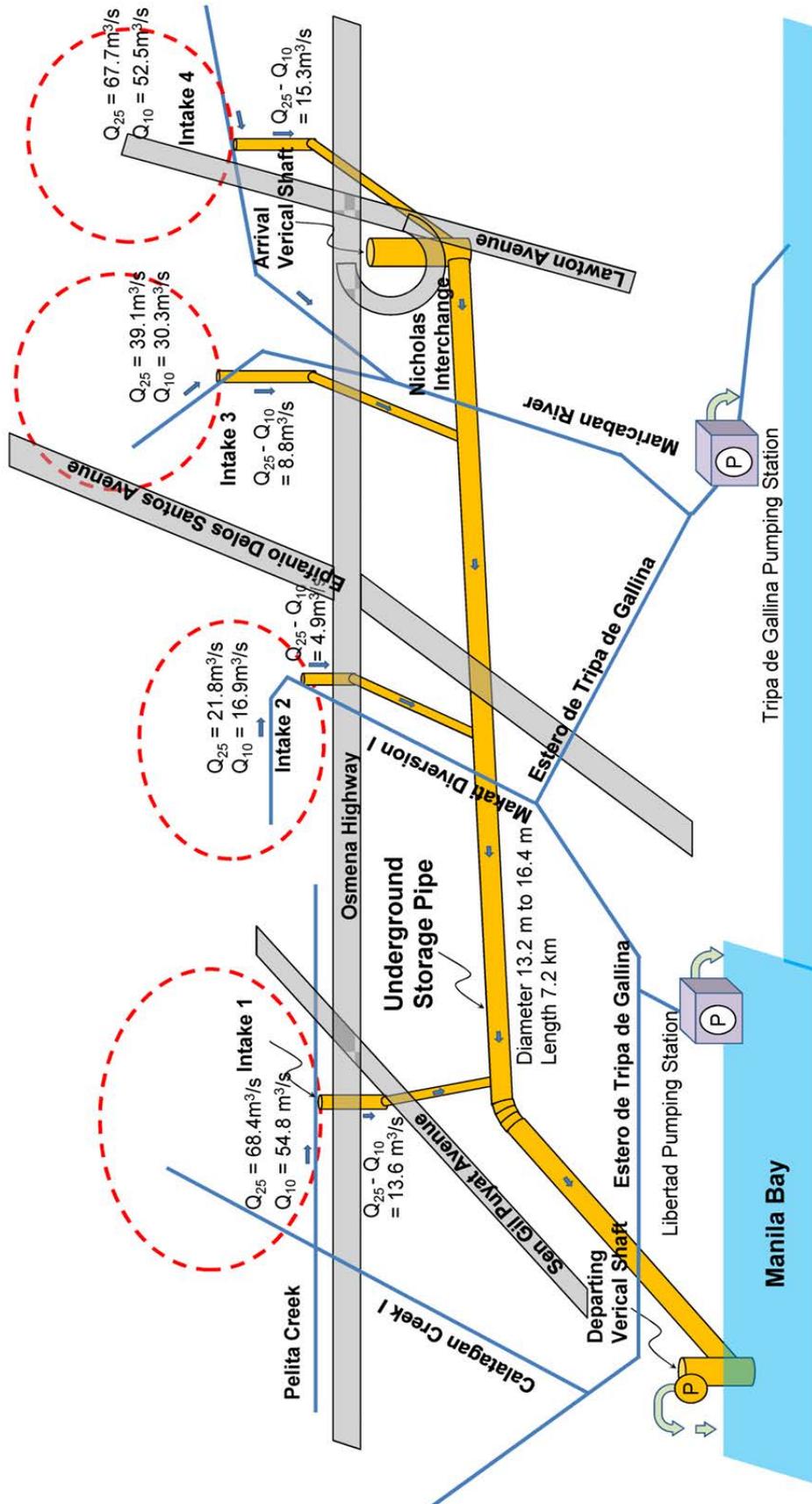
#### 4.4.9 計画諸元のまとめ

上述 4.4.1～4.4.8 節で検討した排水施設整備案の諸元を一覧表にまとめると表 4.4.6 のとおりである。また、施設整備案の概念図を図 4.4.10 に示す。

**表 4.4.6 Buendia-Maricaban 候補エリアの概略排水施設整備案の概要**

事業名	代替案	貯留管延長 (km)	貯留管内径 (m)	貯留量 (m <sup>3</sup> )
Buendia-Maricaban 貯留管	貯留案	7.2	16.4	1,310,000
	早期排水案		13.2	844,000

出典：JICA 調査団



Schematic Diagram of Buendia - Maricaban Underground Storage Pipe

出典：JICA 調査団

図 4.4.10 Buendia-Maricaban 候補エリアにおける施設整備案の概念図

## 4.5 各候補エリアにおける概略施工計画案

### 4.5.1 計画概要

施工計画の内容は、これまでの検討結果から貯留管の施工法にシールド工法を採用した場合の概略工程を提示する。検討結果が示す計画概要を表 4.5.1 に示す。

**表 4.5.1 計画概要一覧**

事業名	代替案	貯留管延長 (km)	貯留管内径 (m)	貯留量 (m <sup>3</sup> )
España-UST 貯留管	貯留案	3.5	17.050	690,000
	早期排水案		13.750	446,000
Buendia-Maricaban 貯留管	貯留案	7.2	16.400	1,310,000
	早期排水案		13.200	844,000

出典：JICA 調査団

[施工法]

- 貯留管施工法：シールド工法
- 立坑築造工法：ニューマチックケーソン工法

### 4.5.2 工程計画

工程計画は、表 4.5.1 に示した排水施設整備案の諸元を基に、日本国内での標準的なシールド工程にフィリピン国での施工を考慮して概略工程表を作成した。概略工程表が示す工事期間は6年～9年で、早期に対策が可能なのは各早期排水案であり、España-UST の場合で6.1年程度である。概略工期を表 4.5.2 に示す。

**表 4.5.2 概略工期**

事業名	代替案	貯留管延長 (km)	貯留管内径 (m)	工事年数
España-UST 貯留管	貯留案	3.5	17.050	7.3
	早期排水案		13.750	6.1
Buendia-Maricaban 貯留管	貯留案	7.2	16.400	8.9
	早期排水案		13.200	7.6

出典：JICA 調査団

概略工期は、概略検討段階の工程計画から算出した結果である。工程計画は近年の日本国内での標準的なシールド工事工程を基本に、流入工建設と排水機場建設を考慮した結果である。各工程計画を図 4.5.1～図 4.5.4 の通り策定した。工程計画は、工事の施工順序や所用時間を示した表である。貯留管工事はシールドマシンの制作から始まり、排水機場建設（付帯工含む）で完了する工程である。工程計画が示すようにクリティカルな施工はシールド工事であり、期間を要するのはマシン制作と掘進である、これらの期間設定内容は以下のとおりである。

- マシン制作：日本国内シールドメカへの聞き取りを行った結果である。日本国内で作成し、フィリピン国に輸送する計画とした。
- シールド掘進量：シールド工程の基本となる日進量は、概略検討で定めたセグメント幅、分割数に標準的な掘進量 25mm/分と施工拘束時間を加えて計画ごとに算出を行った。平均日進量は 8.0m～10m 程度である。算出した日進量と月進量を表 4.5.3 に示す。工程計画は算出した日進量をサイクルタイムの基本に施工条件（初期掘進、本掘進など）別に作成を行った。

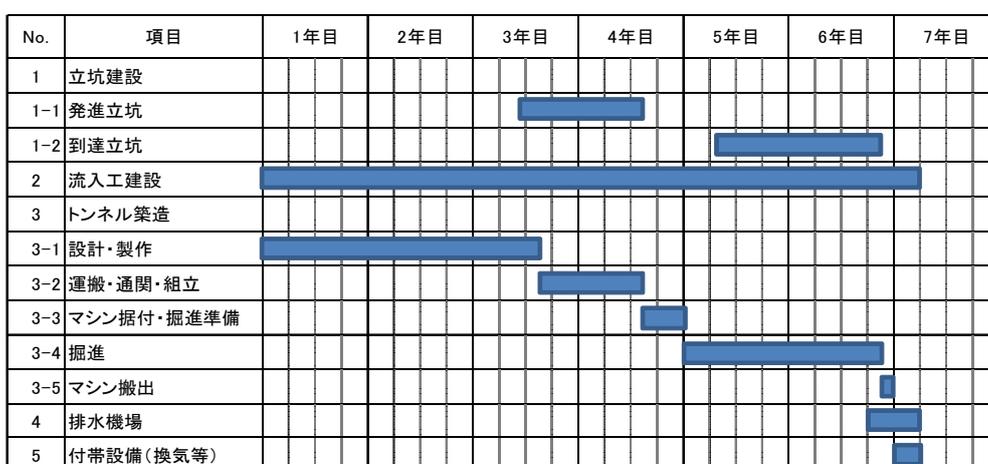
表 4.5.3 概略日進量 (月進量)

事業名	代替案	貯留管延長 (km)	貯留管内径 (m)	日進量 (m/日)	月進量 (m/月)
Espana-UST 貯留管	貯留案	3.5	17.050	8.4	168
	早期排水案		13.750	10.8	216
Buendia-Maricaban 貯留管	貯留案	7.2	16.400	8.3	166
	早期排水案		13.200	10.3	206

出典：JICA 調査団

(1) Espana-UST 貯留管施工計画案

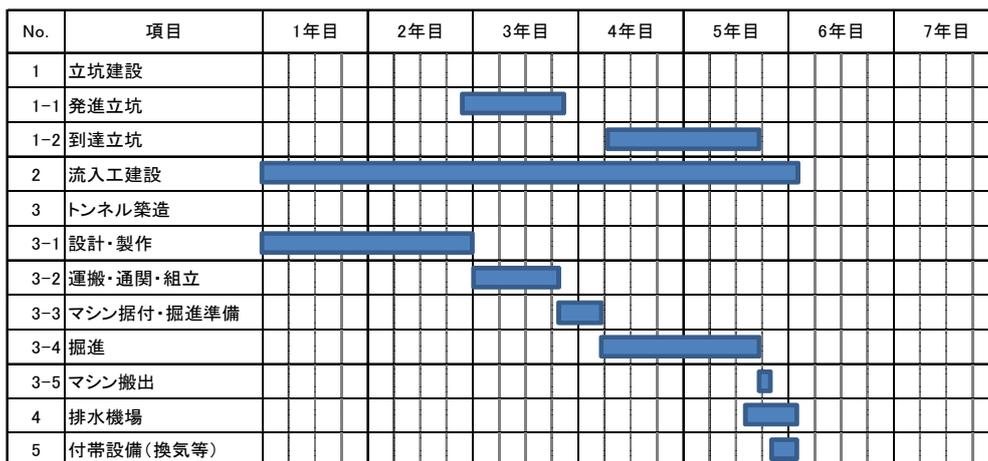
1) 貯留案の場合



出典：JICA 調査団

図 4.5.1 Espana-UST 候補エリアの施工計画案 (貯留案)

2) 早期排水案の場合



出典：JICA 調査団

図 4.5.2 Espana-UST 候補エリアの施工計画案 (早期排水案)

(2) Buendia-Maricaban 貯留管施工計画案

1) 貯留案の場合

No.	項目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目
1	立坑建設									
1-1	発進立坑			■	■					
1-2	到達立坑						■	■	■	
2	流入工建設	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	トンネル築造									
3-1	設計・製作	■	■	■						
3-2	運搬・通関・組立			■	■					
3-3	マシン据付・掘進準備				■					
3-4	掘進				■	■	■	■	■	■
3-5	マシン搬出								■	
4	排水機場								■	■
5	付帯設備(換気等)									■

出典：JICA 調査団

図 4.5.3 Buendia-Maricaban 候補エリアの施工計画案（貯留案）

2) 早期排水案の場合

No.	項目	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目
1	立坑建設									
1-1	発進立坑		■	■						
1-2	到達立坑						■	■	■	
2	流入工建設	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3	トンネル築造									
3-1	設計・製作	■	■	■						
3-2	運搬・通関・組立			■	■					
3-3	マシン据付・掘進準備				■					
3-4	掘進				■	■	■	■	■	■
3-5	マシン搬出								■	
4	排水機場								■	■
5	付帯設備(換気等)									■

出典：JICA 調査団

図 4.5.4 Buendia-Maricaban 候補エリアの施工計画案（早期排水案）

#### 4.6 概略事業費積算

検討したレイアウトに基づいて概算事業費を求めた。

概略検討の段階であるため、掘削量、コンクリート量などの工事数量による積み上げ計算は行わず、日本における類似工事の建設費を参照し、当該工事の規模に合わせて概算コストを算定することを試みた。検討ではフィリピン国を想定した概算コストを算出し、コストレベルの把握を行った。また、参考として日本国内での既存施設が示す事業費を用いてコストレベルを把握する資料とした。本章で算出した概算事業費を表 4.6.1 と表 4.6.2 に示す。

**表 4.6.1 概算事業費（日本円）**

(Unit: million JPY)

	フィリピン国想定		日本国内想定		摘要
	早期排水案	貯留案	早期排水案	貯留案	
España-UST	56,408	84,179	84,700	131,100	
Buendia-Maricaban	95,103	138,158	160,400	248,900	

出典：JICA 調査団

**表 4.6.2 概算事業費（フィリピンペソ）**

(Unit: million PHP)

	フィリピン国想定		日本国内想定		摘要
	早期排水案	貯留案	早期排水案	貯留案	
España-UST	22,033	32,880	33,100	51,200	
Buendia-Maricaban	37,147	53,963	62,700	97,200	

出典：JICA 調査団

なお、今回の早期排水の場合は、貯留後、48 時間以内で排水するケースに必要なポンプ排水能力を固定し検討を行ったものである。3.5.2 および 3.5.3 で述べたように、ポンプ能力をより一層増強することで、トンネルの管径を小さくすることが可能である。非常に簡便に概算すると、たしかに総工事費が数十億円規模で下がる結果となった。

##### 4.6.1 費目に分割した工事費の分析とフィリピン国を想定したコストレベルの算定

貯留施設工事における工事費算出は、建設工事における工事費の中身・内訳がどのようになっているかの観点から、工事費の構成を踏まえ算出することが必要である。そこで、貯留管工事のコストの構造を明らかにし主要なコストを把握するにあたり、日本国内での貯留施設事業費の内訳を参考に工種別の算出を行った。

ここでは、日本国内での貯留管工事、トンネル工事を基に建設工事コストの構成を階層的に明らかにし、積算に利用したコストの構成要素に関する分析を行った結果と、分析結果を用いてフィリピン国を想定した工事費の算定結果を示す。

###### (1) 費目に分割した工事費の分析

貯留施設工事における工事費について、費目の分割と算出を行った。

日本国内での貯留施設の工事の内分けを主たる工種区分別に整理を行った。主たる工種区分は、トンネル工事、排水施設工事、取水接続施設工事、用地・補償、調査・設計等を設定した。この費目に基づき、日本国内での価格を参考に算出した概算工事費を表 4.6.3 に示すが 1,530 億円となる。これは Buendia-Maricaban 貯留案を用いて算出した結果である。

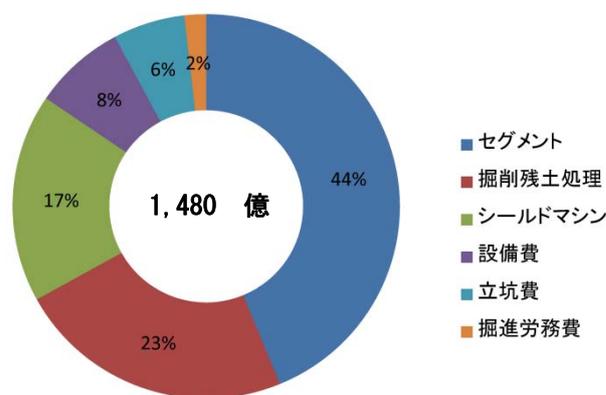
表 4.6.3 概算工事費 (Buendia-Maricaban 貯留案)

費目	規格・寸法	金額 (億円)
トンネル工 (立坑含む)	内径 16.400m、延長 7,200m	1,480
排水施設工事	排水量 8.0m <sup>3</sup> /s	50
取水接続工事	4 箇所 (排水施設工事に含む)	
<b>工事費</b>		<b>1,530</b>
間接費(事務費・補償費・設計費・税金等)		765
<b>事業費(工事費+間接費)</b>		<b>2,295</b>

出典：JICA 調査団

また、工事費の大部分を占めるトンネル工事について工種区分の整理を行った結果を図 4.6.1 に示す。

図 4.6.1 に示すようにトンネル工事ではセグメントと掘削土処分費が占める割合が大きく (トンネル工事の 67%)、貯留施設全工事費で示すと 64% を示す結果となる。日本国内におけるトンネル工事では材料費 (セグメント) と処分費 (掘削残土) が全体コストに与える影響が大きいという結果である。なお、セグメント費と処分費については以下に示す内容で設定した。



出典：JICA 調査団

図 4.6.1 トンネル工事費区分一覧

- ・ セグメント単価：2014 年の m<sup>3</sup> 単価。
- ・ 処分費：産業廃棄物処理。

(2) フィリピン国を想定したコストレベルの算定

フィリピン国での貯留施設工事のコストレベルについて上述した工事費内訳を参考に算定を行った。フィリピン国でのコストレベル算定作業は、日本国内単価と違う工種を抽出し、その単価を想定し、それを元にフィリピン国での工事費を想定した。工事費算出ケースは最も高額な Buendia-Maricaban 貯留案を採用した場合とし、表 4.6.4 に示す。

表 4.6.4 フィリピン国を想定した場合の工事費

	概算工事費 (億円)	
	日本	フィリピン国想定
貯留管案	1,530	916

出典：JICA 調査団

フィリピン国での工事費は 916 億円 (貯留管案) であり、表 4.6.3 に示した日本国内コストの 60% 程度となる。この内容は、コストの大半を占めるセグメント単価、掘削土処分費について調査した結果と労務単価にフィリピン国内単価を想定して設定を行った結果である。工事費の算定内訳および単価設定内容を表 4.6.5～表 4.6.6 に示す。

表 4.6.5 工事費算出内訳一覧

種類	日本	フィリピン国想定	備考
シールドマシン	100	100	(億円)
セグメント	525	387	〃
掘進労務費	22	5	〃

表 4.6.5 工事費算出内訳一覧

種類	日本	フィリピン国想定	備考
設備費	91	91	〃
掘削土処分工	278	7	〃
立坑築造工	38	28	〃
直接工事費計	1,054	618	〃
トンネル工事価格	<b>1,480</b>	<b>866</b>	経費率 40%
排水施設工	50	50	(億円)
概算工事費	<b>1,530</b>	<b>916</b>	〃
(m <sup>3</sup> /円)	<b>117,500</b>	<b>70,000</b>	/貯留量 1,310,000m <sup>3</sup>
間接費(事務費・補償費・ 設計費・予備費・税金等)	<b>765</b>	<b>466</b>	事業費内訳より
事業費	<b>2,295</b>	<b>1,382</b>	
(m <sup>3</sup> /円)	<b>≒176,000</b>	<b>≒105,000</b>	

出典：JICA 調査団

表 4.6.6 単価設定一覧

1	セグメント単価	フィリピン国でのセグメント単価は 2011 年の日本単価を採用した（日本国内では 2014 年単価を想定）。採用理由は、セグメントの現地生産を前提に、トンネル工事を進めている他国の計画などを参考比較し設定した。2014 年の日本国内単価は、建設ラッシュに伴い 2011 年単価よりも高騰している（1.4 倍程度）。フィリピン国内でのセグメント製作の実績も少ないことから、フィリピン国内の日本企業への聞き取り調査で得られた情報（コンクリート単価は日本国内とそれほど相違がない）を加え、設定した。
2	掘削土処分費	フィリピン国内での掘削土の処分基準は、有害物質が検出された場合にかぎり、処分費を計上し処理を行っている。そのためトンネル掘削土を試験し、有害物質が抽出されない場合は、所定の処理地までの運搬費のみを計上するのみである。この内容から本調査の時点では処分費なしを想定した。なお、実際の工事では地質調査結果をもとに、立坑掘削時の掘削土を使用し、試験を実施することとなる。
3	労務単価	フィリピン国での労務単価として日本国内労務単価の 10%を計上した。10%の根拠は 2014 年 GDP 比較（6%）と 2011 年の作業員の月額基本給比較（8.2%）であり、それらの数値をもとに端数処理を行った結果である。日本国内単価は国土交通省が示す東京 2015 の労務単価である。なお、工事の指導的な役割も含め、主要な作業員（例：トンネル世話役、トンネル特殊工）には日本人を配置し、日本国内単価を計上した。

出典：JICA 調査団

なお、各排水計画別の概算工事費を表 4.6.7 と表 4.6.8 に示す。

**表 4.6.7 Espana-UST のフィリピン国を想定した場合の工事費**

	概算工事費 (億円)	
	日本	フィリピン国想定
貯留管案	921	<b>580</b>
早期排水開始案	623	<b>394</b>

出典：JICA 調査団

**表 4.6.8 Buendia-Maricaban のフィリピン国を想定した場合の工事費**

	概算工事費 (億円)	
	日本	フィリピン国想定
貯留管案	1,539	<b>916</b>
早期排水開始案	1,050	<b>637</b>

出典：JICA 調査団

#### 4.6.2 代替案の事業費

事業費は、工事費、間接費（管理費、設計・施工管理費、補償費）、予備費（物価上昇・物理的予備費）、税金で構成される。表 4.6.9～表 4.6.12 に示されるように各比較案は、概算工事費加えて、管理費などの間接費は、設計・施工管理費と土地補償費が含まれます。以下の条件で間接費を推定した。

- 1) 管理費：工事費、設計・施工管理費、物価上昇と物理的予備費を加えた物の 3.5%
- 2) 設計・施工管理費：設計・施工管理費は、施工監理：8%、詳細設計：10%とする。
- 3) 土地補償費：必要な土地面積に基づき、表 4.6.13 に示す。（詳細な内訳は、第 7 章 環境を参照）
- 4) 物理的予備費：工事費+間接費の合計の 3%とする。
- 5) 税金：事業費の 5%とする。

表 4.6.9 Espana-UST の貯留管案

*Espana-UST (Storage all + Pumping of after flood)* (Unit: million\*JPY, million PHP)

Work Item	Total		Equivalent (JPY)	Equivalent (PHP)	Note
	F.C.(JPY)	L.C.(PHP)			
Sub-total I	32,700	9,882	58,000	22,654	
II.Non-construction Cost					
II.1 Administration Cost	---	1,056	2,704	1,056	(I+II.2+III+IV)*3.5%
II.2 Consultancy Services Cost	7,308	1,223	10,440	4,078	8%(D/D), 10%(SV)
II.3 Land Compensation	---	77	197	77	
Sub-total II	7,308	2,356	13,340	5,211	
Sub-total for [I] + [II]	40,008	12,238	71,340	27,865	
Price Escalation Rate					
III.Price Escalation	2,609	1,613	6,740	2,632	
IV.Physical Contingency	1,151	367	2,091	817	
Sub-total for [I] + [II] + [III] + [IV]	43,768	14,219	80,170	31,314	
V.VAT	2,188	711	4,009	1,566	VAT=5%
VI. Project cost ([I] + [II] + [III] + [IV] + [V])	45,956	14,929	84,179	32,880	

出典：JICA 調査団

表 4.6.10 Espana-UST の早期排水開始案

*Espana-UST (Pumping Start during flood)* (Unit: million\*JPY, million PHP)

Work Item	Total		Equivalent (JPY)	Equivalent (PHP)	Note
	F.C.(JPY)	L.C.(PHP)			
Sub-total I	22,900	6,445	39,400	15,389	
II.Non-construction Cost					
II.1 Administration Cost	---	707	1,810	707	(I+II.2+III+IV)*3.5%
II.2 Consultancy Services Cost	4,964	831	7,092	2,770	8%(D/D), 10%(SV)
II.3 Land Compensation	---	74	190	74	
Sub-total II	4,964	1,612	9,092	3,551	
Sub-total for [I] + [II]	27,864	8,057	48,492	18,941	
Price Escalation Rate					
III.Price Escalation	1,522	880	3,775	1,475	
IV.Physical Contingency	836	242	1,455	568	
Sub-total for [I] + [II] + [III] + [IV]	30,223	9,179	53,722	20,984	
V.VAT	1,511	459	2,686	1,049	VAT=5%
VI. Project cost ([I] + [II] + [III] + [IV] + [V])	31,734	9,638	56,408	22,033	

出典：JICA 調査団

表 4.6.11 Buendia-Maricaban の貯留管案

*Buendia-Maricaban area (Storage all + Pumping of after flood)* (Unit: million\*JPY, million PHP)

Work Item	Total		Equivalent (JPY)	Equivalent (PHP)	Note
	F.C.(JPY)	L.C.(PHP)			
I. Construction cost (Direct cost)	43,000	18,983	91,600	35,778	
II.Non-construction Cost					
II.1 Administration Cost	---	1,707	4,370	1,707	(I+II.2+III+IV)*3.5%
II.2 Consultancy Services Cost	11,484	1,922	16,406	6,408	8%(D/D), 10%(SV)
II.3 Land Compensation	---	920	2,355	920	
Sub-total II	11,484	4,549	23,131	9,035	
Sub-total for [I] + [II]	54,484	23,532	114,731	44,813	
Price Escalation Rate					
III.Price Escalation	4,011	2,757	11,070	4,324	
IV.Physical Contingency	1,883	1,521	5,778	2,257	
Sub-total for [I] + [II] + [III] + [IV]	60,378	27,810	131,579	51,394	
V.VAT	3,019	1,391	6,579	2,570	VAT=5%
VI. Project cost ([I] + [II] + [III] + [IV] + [V])	63,397	29,201	138,158	53,963	

出典：JICA 調査団

表 4.6.12 Buendia-Maricaban の早期排水開始案

*Buendia-Maricaban area (Pumping Start during flood)* (Unit: million\*JPY, million PHP)

Work Item	Total		Equivalent (JPY)	Equivalent (PHP)	Note
	F.C.(JPY)	L.C.(PHP)			
I. Construction cost (Direct cost)	32,000	12,382	63,700	24,881	
II.Non-construction Cost					
II.1 Administration Cost	---	1,165	2,984	1,165	(I+II.2+III+IV)*3.5%
II.2 Consultancy Services Cost	7,986	1,337	11,409	4,456	8%(D/D), 10%(SV)
II.3 Land Compensation	---	917	2,348	917	
Sub-total II	7,986	3,419	16,739	6,538	
Sub-total for [I] + [II]	39,986	15,801	80,439	31,419	
Price Escalation Rate					
III.Price Escalation	2,711	1,957	7,722	3,016	
IV.Physical Contingency	1,200	474	2,413	943	
Sub-total for [I] + [II] + [III] + [IV]	43,897	18,232	90,575	35,378	
V.VAT	2,195	912	4,529	1,769	VAT=5%
VI. Project cost ([I] + [II] + [III] + [IV] + [V])	46,092	19,144	95,103	37,147	

出典：JICA 調査団

表 4.6.13 土地収用面積と補償費

(1) Espana-UST Area

Facility	Occupation area (sq.m.)	Land Status (Government / Private)	Zonal Value (PhP. / m <sup>2</sup> )	Land Purchase Cost in Zonal Value (PhP.)	Nos. of existing houses	Compensation cost for houses (PhP./unit w/ 40m <sup>2</sup> )	Compensation for Residential buildings	Total (PhP.)
<b>a. Storage all +Pumping after flood</b>								
Departing Shaft	620	Private	26,410	16,374,200	0	-	0	16,374,200
Arrival Shaft	620	Government	6,000	3,720,000	0	-	0	3,720,000
Intake 1	544 (17 x 32 m)	Private	-	6,510,000	0	-	0	6,510,000
Intake 2	1,100 (55 x 20 m)	Private	6,600	7,260,000	40	400,000	16,000,000	23,260,000
Intake 3	648 (27 x 24 m)	Private	-	26,950,000	0	-	0	26,950,000
<b>Total</b>				<b>60,814,200</b>	<b>40</b>		<b>16,000,000</b>	<b>76,814,200</b>
<b>b. Pumping Start during flood</b>								
Departing Shaft	560	Private	26,410	14,789,600	0	-	0	14,789,600
Arrival Shaft	560	Government	6,000	3,360,000	0	-	0	3,360,000
Intake 1	544 (17 x 32 m)	Private	-	5,880,000	0	-	0	5,880,000
Intake 2	1,100 (55 x 20 m)	Private	6,600	7,260,000	40	400,000	16,000,000	23,260,000
Intake 3	648 (27 x 24 m)	Private	-	26,950,000	0	-	0	26,950,000
<b>Total</b>				<b>58,239,600</b>	<b>40</b>		<b>16,000,000</b>	<b>74,239,600</b>

(2) Buendia-Maricavan Area

Facility	Occupation area (sq.m.)	Land Status (Government / Private)	Zonal Value (PhP. / m <sup>2</sup> )	Land Purchase Cost (PhP.)	Nos. of ISFs	Unit cost for ISFs relocation (PhP./ISF)	Relocation Cost of ISFs (PhP.)	Total (PhP.)
<b>a. Storage all +Pumping after flood</b>								
Departing Shaft	600	Government	22,000	13,200,000	0	-	0	13,200,000
Arrival Shaft	600	Private	15,000	9,000,000	0	-	0	9,000,000
Intake 1	3,266 (71 x 46 m)	Government	150,000	489,900,000	0	-	0	489,900,000
Intake 2	2,000 (100 x 20 m)	Private	70,000	140,000,000	0	-	0	140,000,000
Intake 3	3,200 (80 x 40 m)	Government	55,000	176,000,000	0	-	0	176,000,000
Intake 4	1,568 (56 x 28 m)	Government	55,000	86,240,000	180	30,000	5,400,000	91,640,000
<b>Total</b>				<b>914,340,000</b>	<b>180</b>		<b>5,400,000</b>	<b>919,740,000</b>
<b>b. Pumping Start during flood</b>								
Departing Shaft	530	Government	22,000	11,660,000	0	-	0	11,660,000
Arrival Shaft	530	Private	15,000	7,950,000	0	-	0	7,950,000
Intake 1	3,266 (71 x 46 m)	Government	150,000	489,900,000	0	-	0	489,900,000
Intake 2	2,000 (100 x 20 m)	Private	70,000	140,000,000	0	-	0	140,000,000
Intake 3	3,200 (80 x 40 m)	Government	55,000	176,000,000	0	-	0	176,000,000
Intake 4	1,568 (56 x 28 m)	Government	55,000	86,240,000	180	30,000	5,400,000	91,640,000
<b>Total</b>				<b>911,750,000</b>	<b>180</b>		<b>5,400,000</b>	<b>917,150,000</b>

出典：JICA 調査団

4.6.3 既存の雨水貯留施設事業費との比較によるコストレベルの把握

日本国内で供用されている雨水貯留施設の諸元と事業費のうち、一般的な資料から入手可能なものを調査し、比較した。

(1) 神田川・環状七号線地下調節池

表 4.6.14 神田川・環状七号線地下調整池

	全体	第1期	第2期
貯留量	54 万 m <sup>3</sup>	24 万 m <sup>3</sup>	30 万 m <sup>3</sup>
トンネル延長	4.5 km	2.0 km	2.5 km
トンネル内径	12.5 m (土被り約 40 m)		
事業費	約 1,030 億円	約 540 億円	約 490 億円

出典：東京都建設局ホームページ [http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr\\_content/content/000001296.pdf](http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000001296.pdf)

貯留量あたりの事業費：1,030 億円 ÷ 54 万 m<sup>3</sup> = 190,741 円/m<sup>3</sup>

(2) 京都府桂川右岸流域下水道雨水対策事業 (いろは呑龍トンネル)

表 4.6.15 京都府桂川右岸流域下水道雨水対策事業

	全体	北幹線	南幹線
貯留量	238,200 m <sup>3</sup>	107,000 m <sup>3</sup>	131,200 m <sup>3</sup>
トンネル延長	9.2 km	4.9 km	4.3 km
トンネル内径	3 m~8.5 m	3 m~8.5 m	3.5 m
事業費	約 450 億円	約 250 億円	約 200 億円

出典：日刊建設工業新聞 2012年2月29日付記事

貯留量あたりの事業費：450 億円 ÷ 238,200 m<sup>3</sup> = 188,917 円/m<sup>3</sup>

事業費には、トンネル本体の建設費のほかに、立坑、排水機場などの建設費も含まれるため、単純に比較は出来ないものの、上述の神田川、桂川の2例から、貯留量あたりの建設費は、概算で貯留量1立法メートルあたり、約19万円（19万円/m<sup>3</sup>）のオーダーであると言える。

貯留量あたりのこの単価を用いて、現在計画している、España-UST貯留管、Buendia貯留管の概算事業費を算定すると、表4.6.16と表4.6.17が示す事業費水準となる。

**表 4.6.16 España-UST Area 概算事業費**

	貯留案	早期排水案
貯留量	690,000 m <sup>3</sup>	446,000 m <sup>3</sup>
トンネル延長	3.5km	3.5km
トンネル内径	17.05m	13.75m
事業費	1,311 億円	847 億円

出典：JICA 調査団

**表 4.6.17 Buendia-Maricaban Area 概算事業費**

	貯留案	早期排水案
貯留量	1,310,000 m <sup>3</sup>	844,000 m <sup>3</sup>
トンネル延長	7.2km	7.2km
トンネル内径	16.40m	13.20m
事業費	2,489 億円	1,604 億円

出典：JICA 調査団

## 第5章 運営維持管理計画

本調査で提案した排水施設整備案に基づいて候補エリアに施設を築造した場合、その施設の運営維持管理に必要な事項について整理し、概略の運営維持管理費用を算出した。

また、今後の更なる調査及び事業実施に際して、本調査を通じて認識した課題及び留意点についてまとめた。

上記2項目について以下に記載する。

### 5.1 運営維持管理計画の概要

第4章で述べた排水施設整備案の概略検討時に想定した施設（地下貯留管）の機能や運用方法をもとに施設の運営維持管理計画を検討した。また、現地での聞き取り調査や資料収集により既存排水路や排水機場の運営維持管理の状況を把握し、運営維持管理費用算定の参考とした。運営維持管理費用の算定にあたっては、作業の頻度を想定し、概略コストを算定した。

#### 5.1.1 運営維持管理の項目と作業の流れ

運営維持管理計画では、提案の排水施設（地下貯留管）の機能が十分に発揮されるように、必要な維持管理を行う。運営維持管理の作業範囲は、それぞれの取水口、貯留管、ならびに立坑を含むが、取水口に接続する既存排水路の維持管理は従来実施されている管理業務の範囲で対応するものと仮定する。運営維持管理に必要な作業項目は、洪水時、ならびに平常時の2つの場合に分けて記述する。

##### (1) 洪水時の運営維持管理

現時点で想定する洪水時の運営維持管理の項目と作業の流れは以下のとおりである。

ここでは、洪水発生により既存排水路から取水口を通じて施設（地下貯留管）への洪水の流入開始後、次の洪水への対応準備を行うまでの一連の作業について記述する。

- 1) 遠隔監視装置による取水口への円滑な流入状況の監視
  - a) 洪水の取水口への流入開始後、浮遊物などにより取水口の閉塞が起こることなく、既存排水路から貯留管への円滑な流入が確保されていることを確認する。
- 2) 貯留水の排水、換気、清掃
  - a) 貯留案の場合は、洪水終了後、早期排水案の場合は流入量が一定値を越えた段階で排水を開始する。
  - b) 排水終了後、当面、洪水の再来が予想されないことを気象情報等により確認後、貯留管内の換気を行う。貯留管内の安全な酸素濃度が確保できた段階で、作業車を投入し、清掃作業を開始する。
  - c) 清掃作業は高圧洗浄作業車により貯留管の壁面を清掃し、壁面に付着した浮遊物や沈殿物を排除することを目的に実施する。
  - d) 高圧洗浄作業車による清掃によって除去された浮遊物や沈殿物は貯留管のインバート部に設置した溝により貯留管下流端の立坑部に設置されたピットに集められ、液状のものは排水ポンプにより排出し、固形物はコンテナ等に入れて立坑内に設置されたエレベータにより搬出する。

洪水発生後、上述の運営維持管理のための作業を行うことにより、次の洪水への対応準備が整う。

## (2) 平常時の運営維持管理

現時点で想定する平常時の運営維持管理の項目と作業の流れは以下のとおりである。

ここでは、洪水時の運営維持管理作業に備えて、提案の排水施設（地下貯留管）の機能が十分に発揮されるために重要となる、平常時（非洪水時）の点検について記載する。

### 1) 貯留管内の点検と計測

- a) 貯留管内全体を目視により点検し、変状、ひび割れ、漏水などの異常がないことの確認を行う。
- b) 異常が認められた場合は、詳細な計測や評価を行い、原因を特定し、必要な対策を講じる。詳細については次段階で検討する。

### 2) 設備機器の保守・点検

- a) 遠隔監視装置、エレベータ、排水ポンプなどの設備機器の動作確認を行い、設備機器の機能に問題のないことを確認する。
- b) 問題が認められた場合は、修理・調整などの必要な作業を行い、再度確認を行う。

## 5.1.2 現地での聞き取りによる現状調査

マニラ首都圏における排水路、排水機場の管理は2002年よりマニラ首都圏開発庁（MMDA）が担当している。提案した排水施設の運営維持管理の参考とするため、MMDA担当者と同面談し、5.1.1節で記述した運営維持管理の項目と作業の流れについて説明し、既存排水路、排水機場の監理の実態について聞き取り調査を実施した。

結果は以下のとおりである。

- 1) 排水路の定期的な清掃と浚渫については、浮遊ゴミの除去等の清掃業務は3カ月に1度、土砂の浚渫作業は年に1度の割合で実施している。
- 2) MMDAは、排水機場へつながる排水路の管理を担当している。
- 3) 排水路と排水機場を合わせの年間維持管理予算はおよそ260百万ペソである。
- 4) 排水路の清掃と浚渫のために年間予算50百万ペソにて、500名の契約職員を雇用している。
- 5) これらの契約職員は主な台風や豪雨の後に排水路の浚渫と固形ゴミの清掃を実施している。
- 6) 排水機場に集積された固形ゴミの廃棄のための予算は、排水路・排水機場の維持管理予算と別に年間500百万ペソ確保されている。
- 7) 排水機場の固形ゴミは、1立法メートルあたり172ペソにて処分場へ運搬されている。
- 8) MMDA管轄の排水機場32カ所、ならびに関連する水門、機材庫、橋梁等の年間維持管理費の実績のデータを入手した。表 5.1.1に総額のみを示す。

**表 5.1.1 MMDA 排水機場等の運営維持管理費の実績**

年	運営維持管理費総額（ペソ）
2010年	112,495,321.46
2011年	132,065,471.22
2012年	155,433,456.58
2013年	141,458,438.17
2014年	129,937,017.99
2015年（1-8月）	68,437,252.50

出典：MMDA

- 9) 上記データには、排水機場のポンプの年間稼働時間、発電機の年間稼働時間、燃料消費量、燃料代、電気代、水道代、電話代、労務費、その他スぺアパーツ・潤滑油等の費用などが記載されている（後述 表 5.1.2参照）。

### 5.1.3 想定される運営維持管理の体制と予算

#### (1) 運営維持管理体制

現在、マニラ首都圏地域の排水路、排水機場の管理はマニラ首都圏開発庁（MMDA）が担当している。しかしながら、提案されている排水施設（地下貯留管）については、フィリピン国において初めての導入であり、DPWH、MMDA のいずれの機関も施設の運営維持管理に関するノウハウを持ち合わせていないと思われる。一方で、提案排水施設の建設事業の実施主体が DPWH となることが想定されていること、ならびに、現時点で DPWH が提案施設の運営維持管理予算の確保と管理業務担当の意向を有していることから、DPWH を運営維持管理の担当機関と想定し、運営維持管理計画を考慮する。

なお、MMDA が有している既設排水路と排水機場の維持管理に関するノウハウを活かすため、事業実施段階から MMDA が DPWH の事業実施に関与し、提案施設並びに既存施設の効率的な運営維持管理を行うことが期待される。今後の事業計画段階において運営維持管理体制に関する調整を DPWH、MMDA 双方を交えて行うことが望まれる。

#### (2) 運営維持管理予算

5.1.2 節で述べた 32 カ所の排水機場の年間維持管理費用実績データから、調査期間中に視察を実施した排水機場のデータを抜粋すると以下の通りである。

表 5.1.2 視察した主要排水機場の年間維持管理費用実績

Pump Station Name (unit capacity)	Year	TOTAL NO. OF OPERATING HOURS (hr.)		TOTAL DIESEL FUEL / GASOLINE CONSUMPTION	liter per hour	peso per liter	TOTAL COST OF DIESEL FUEL / GASOLINE	TOTAL AMOUNT PAID TO MERALCO FOR POWER SERVICES	TOTAL AMOUNT PAID TO MWSS/ MAYNILAD FOR WATER SUPPLY	TOTAL COST OF LABOR	TOTAL COST OF MISCELLANEOUS	TOTAL
		Pump (hr)	Generator (hr)	Liters								
1 Aviles (3.625 m <sup>3</sup> /s)	2010	1,726.56	38.37	82,360	2,146	32	2,671,347.00	436,126.35	87,105.80	2,511,009.75	922,906.63	6,628,495.53
	2011	2,026.95	69.07	94,510	1,368	45	4,209,302.80	481,178.68	91,491.70	2,650,197.73	709,655.05	8,141,825.96
	2012	2,023.65	84.44	99,435	1,178	46	4,583,744.92	428,788.50	148,207.42	2,711,189.24	263,116.32	8,135,046.40
	2013	2,213.03	60.75	103,350	1,701	45	4,642,829.75	425,535.65	135,761.78	2,937,162.68	207,753.95	8,349,043.81
	2014	1,300.06	351.42	69,360	197	44	3,074,052.10	508,290.88	291,952.78	3,446,531.24	80,840.96	7,401,667.96
	2015 (1-8)	243.63	82.62	11,825	143	39	462,265.05	1,272,597.82	97,872.30	2,199,721.76	1,950.46	4,034,407.39
2010-2014 Ave. Ope. Hrs		1,858.05					2010-2014 Ave.	2,279,920.06		2010-2014 Ave. Ope. Cost		7,731,215.93
2 Libertad (7.000 m <sup>3</sup> /s)	2010	1,375.26	134.19	93,740	699	34	3,142,480.20	1,288,863.30	409,356.65	2,688,681.18	227,778.77	7,757,160.10
	2011	1,493.50	46.08	102,860	2,232	45	4,611,501.90	1,331,916.64	604,290.57	2,728,309.71	203,651.05	9,479,669.87
	2012	1,884.82	152.09	131,640	866	43	5,711,425.00	1,397,773.21	1,180,730.14	2,688,041.15	84,121.17	11,062,090.67
	2013	1,746.23	17.47	108,790	6,227	45	4,891,156.50	1,207,066.44	1,733,635.34	2,649,346.30	179,841.86	10,661,046.44
	2014	1,617.18	363.47	114,970	316	43	4,960,955.50	1,265,150.36	1,096,178.92	2,064,251.27	80,027.01	9,466,563.06
	2015 (1-8)	725.25		50,050		36	1,789,467.50	556,660.66	498,428.14	1,502,422.06	47,754.80	4,394,733.16
2010-2014 Ave. Ope. Hrs		1,623.40					2010-2014 Ave.	6,490,769.95		2010-2014 Ave. Ope. Cost		9,685,306.03
3 Quiapo (2.375 m <sup>3</sup> /s)	2010	1,259.46	65.58	46,700	712	32	1,502,206.00	410,986.80	36,786.77	1,978,350.07	1,403,280.35	5,331,589.99
	2011	1,315.66	58.91	47,065	799	43	2,033,829.50	479,928.33	47,430.68	1,915,999.98	205,163.77	4,682,352.26
	2012	1,782.78	87.28	64,535	739	45	2,875,888.80	481,144.25	56,329.02	1,909,626.52	69,675.01	5,392,663.60
	2013	1,245.77	97.48	46,155	473	44	2,019,456.25	461,112.93	70,859.46	2,016,375.25	273,405.25	4,841,209.14
	2014	1,391.33	170.85	48,035	281	43	2,076,153.00	474,663.46	87,933.01	2,063,801.60	156,013.53	4,858,564.60
	2015 (1-8)	163.41	488.71	17,040		35	6,076,624.00	246,389.46	57,155.21	1,440,911.37	26,288.98	2,377,349.02
2010-2014 Ave. Ope. Hrs		1,399.00					2010-2014 Ave.	2,307,835.77		2010-2014 Ave. Ope. Cost		5,021,275.92
4 Tripa de Gallina (7.000 m <sup>3</sup> /s)	2010	2,132.62	69.46	131,360	1,891	32	4,213,040.50	1,161,038.20	140,064.95	3,546,252.16	735,956.37	9,796,352.18
	2011	1,903.12	47.24	114,820	2,431	44	5,079,461.00	1,492,136.24	180,617.14	3,335,213.39	645,042.27	10,732,470.04
	2012	2,507.83	11.08	147,000	13,267	44	6,479,231.50	1,689,748.70	424,286.37	3,545,106.44	1,090,361.85	13,128,734.86
	2013	2,240.27	72.59	137,670	1,897	45	6,151,011.50	1,592,317.64	213,931.90	3,812,926.86	846,548.32	12,616,736.22
	2014	2,417.42	43.48	142,630	3,280	43	6,118,603.50	1,572,091.49	567,112.61	3,282,674.04	236,986.74	11,777,468.38
	2015 (1-8)	501.55	319.83	73,210	229	36	2,640,437.50	757,733.42	508,814.06	2,001,071.32	12,343.30	5,920,399.60
2010-2014 Ave. Ope. Hrs		2,240.25					2010-2014 Ave.	7,407,332.27		2010-2014 Ave. Ope. Cost		11,610,352.34
5 Valencia (2.625 m <sup>3</sup> /s)	2010	2,473.71	30.94	70,030	2,263	33	2,323,923.40	268,929.15	44,886.40	2,307,252.33	367,651.78	5,312,643.06
	2011	2,751.98	66.98	78,280	1,169	44	3,430,511.10	239,830.12	52,963.03	2,326,949.57	459,162.12	6,509,415.94
	2012	2,194.45	118.13	66,370	562	44	2,891,004.50	192,424.05	217,490.97	2,451,316.44	111,399.13	5,863,635.09
	2013	1,700.99	66.00	51,600	782	45	2,297,136.50	186,163.60	57,775.66	2,513,250.63	227,967.50	5,282,293.89
	2014	3,073.50	38.45	61,100	1,589	42	2,594,698.50	185,638.72	182,402.60	2,587,063.94	107,487.06	5,657,290.82
	2015 (1-8)	914.61	23.67	10,050	425	37	374,362.52	1,011,110.78	65,565.33	1,667,420.54	23,066.44	3,141,525.61
2010-2014 Ave. Ope. Hrs		2,438.93					2010-2014 Ave.	1,072,985.64		2010-2014 Ave. Ope. Cost		5,725,055.76

出典：MMDA

上記の排水機場のうち、平均的な年間の維持管理予算規模を有し、ポンプの出力がわかっている排水機場として、Aviles 排水機場のデータを用い、本調査にて提案している施設整備案についての運営維持管理費用の推定を試みた。

Aviles 排水機場のポンプは、2015 年 1 月に改修するまでは、出力 230 kW クラスの縦型軸流ポンプを使用していた。Aviles 排水機場の 2010 年から 2014 年の 5 年間の平均運転時間は約 1,860 時間であるので、消費電力量に換算すると、 $230 \text{ kW} \times 1,860 \text{ hr.} = 427,800 \text{ kWh}$  である。

この運転時間水準を達成するために年平均 7,731,216 ペソの予算を消化している。消費電力量換算すると  $7,731,216 \div 427,800 = 18.07$  ペソ/kWh となる。

この単価は、表 5.1.3 に記載のポンプの運転やその他の重機の稼働に必要な燃料代、電気代、水道代、労務費、スペアパーツ代などを含んでいる。したがってここでは、配備予定のポンプの使用電力量が排水コストの大半を占め、その他必要となる換気や排泥、清掃のコストも排水ポンプの運転コスト換算の運営維持管理費ひてカバーできるものと仮定し、必要コストを算定する。

施設整備案を提案している 2 カ所の候補エリアでは、それぞれ以下の出力を有するポンプを配備予定である。(4.3.6 節、4.4.6 節参照。)

(1) Espana-UST候補エリア：ポンプ出力4,500 kW

(2) Buendia-Maricaban候補エリア：ポンプ出力9,000 kW

揚程と流量は算定したポンプ出力に考慮されていると仮定すると、排水時間を 48 時間と想定し、フルに貯留した場合のそれぞれの候補エリアにおける必要電力量、ならびにフル排水 1 回あたりの運営維持コストは以下のように推定される。

(1) Espana-UST候補エリア：ポンプ出力4,500 kW

$$4,500 \text{ kW} \times 48 \text{ hr} \times 18.07 \text{ ペソ} \approx 3,903,000 \text{ ペソ}$$

(2) Buendia-Maricaban候補エリア：ポンプ出力9,000 kW

$$9,000 \text{ kW} \times 48 \text{ hr} \times 18.07 \text{ ペソ} \approx 7,806,000 \text{ ペソ}$$

フルに貯留した場合の候補エリアの貯留量が、それぞれ  $690,000 \text{ m}^3$ 、 $1,310,000 \text{ m}^3$  であることから、貯留量あたりの排水コスト（洪水時のオペレーションコスト）は、 $5.7 \sim 6.0$  ペソ/  $\text{m}^3$  となる。

1 回のフル排水に必要なコスト（3,903,000～7,806,000 ペソ）は MMDA の全ての排水機場の年間維持管理予算（2010 年～2014 年の平均で 134,277,941 ペソ）の 3～6%にあたる。

#### 5.1.4 想定される作業の頻度と概略予算

提案の排水施設（地下貯留管）の概略検討時に想定した条件のうち、洪水規模は、第3章で述べたとおり、25年確率洪水である。また、排水施設整備の前提条件として、DPWHの整備計画により10年確率洪水への対応は既存排水路整備により対応するものと仮定している。このため、提案の排水施設の使用頻度は、確率計算上は10年に一度以上、25年に一度以下の割合となる。

一方で、維持管理費用算定のために施設の使用頻度を仮定する必要がある、ここでは、10年に一度、50%の貯留が発生し、25年に一度100%の貯留が発生するものと仮定する。

(1) 洪水時の運営維持管理コスト

5.1.3 節で算出した運営維持管理コストに上記頻度を適用すると、25 年の間に 100%の貯留が 1 回、50%の貯留が 2.5 回発生することになり、各候補エリアでは、25 年間で以下の運営維持管理コストとなる。事業期間（50 年間）に必要となる運営維持管理コストも併せて示した。

1) Espana-UST候補エリア：

$$100\% \text{貯留 } 3,903,000 \text{ペソ} \times 1 \text{回} + 50\% \text{貯留 } 3,903,000 \text{ペソ} \times 50\% \times 2.5 \text{回} \\ = 8,781,750 \text{ペソ} / 25 \text{年間。事業期間} 50 \text{年間で、} 17,563,500 \text{ペソ。}$$

2) Buendia-Maricaban候補エリア：

$$100\% \text{貯留 } 7,806,000 \text{ペソ} \times 1 \text{回} + 50\% \text{貯留 } 7,806,000 \text{ペソ} \times 50\% \times 2.5 \text{回} \\ = 17,563,500 \text{ペソ} / 25 \text{年間。事業期間} 50 \text{年間で、} 35,127,000 \text{ペソ。}$$

提案する排水施設の使用頻度は、厳密には氾濫解析等を実施して、その頻度を推定するべきであるが、ここでは、確率年から上記のように仮定した。詳細については、次段階で検討する必要がある。

(2) 平常時の運営維持管理コスト

平常時の運営維持管理は、目視点検や設備機器の動作確認などの作業が主体となり、そのコストは、5.1.1 節 (2)で参照した Aviles 排水機場の年間維持管理コストの平均値をもとに、Espana-UST 候補エリアでは、Aviles 排水機場の年間維持管理コストの 3/365 (3 日分) を計上し、Buendia-Maricaban 候補エリアでは、Espana-UST 候補エリアに比べて貯留管の規模がほぼ 2 倍であることから、2 倍のコストを計上し、以下のように算定した。

1) Espana-UST候補エリア：

$$\text{Aviles排水機場年平均維持管理コスト} 7,731,216 \times 3/365 = 63,445 \text{ペソ} / \text{年}$$

2) Buendia-Maricaban候補エリア：

$$\text{Aviles排水機場年平均維持管理コスト} 7,731,216 \times 3/365 \times 2 = 126,890 \text{ペソ} / \text{年}$$

上記の数値は最低限の点検コストであり、今後の詳細検討段階でしせつの概略設計を行う際に詳細な検討を行う必要がある。

(3) 年間運営維持管理コスト

上述の洪水時、平常時の維持管理コストをまとめると以下のとおりである。

候補エリア	洪水時維持管理コスト (事業期間50年間の必要予算)	平常時維持管理コスト (ペソ/年)
Espana-UST候補エリア	17,563,500	63,445
Buendia-Maricaban 候補エリア	35,127,000	126,890
合計	52,690,500	190,335

出典：JICA 調査団

## 5.2 今後の課題・留意点の整理

第4章にて検討した施設整備案策定に際し、検討過程で浮かび上がった課題、留意点について以下のとおり取りまとめた。次段階の協力準備調査、概略設計の段階で留意が必要である。

### (1) 効率的で確実な取水の確認

今回の調査では、DPWH が実施している洪水調査の結果を参照し、浸水被害の顕著な地域の被害を解消すべく、施設整備案を作成した。2005 年マスタープラン調査において提案された分割排水区域をもとに排水区域を決め、それぞれの取水施設が受け持つ排水区域の洪水を地下貯留管へ分流する計画とした。

取水地点は、Google Earth 上で用地の確保が可能と思われる場所を想定し、施設の概略レイアウトを検討し、現地視察によりその妥当性を確認した。

場所によっては、取水施設を建設するのに十分な土地が確保できず、取水堰の構造や諸元に工夫が必要な箇所がいくつかあった。次段階で省スペース型の取水施設となるよう詳細な検討が必要である。また、着実な取水が達成できるよう、氾濫解析モデルや不等流計算などによる水理現象の把握、また、水理模型実験などを通じた構造物の諸元と所定の分流量の確認が重要である。

### (2) 既存排水路の浮遊ゴミ、土砂の確実な排除

提案した地下貯留管はその取水施設にスクリーンを設置し、浮遊ゴミの流入を防止している。既存排水路の定期的な清掃により、洪水時に取水口が浮遊ゴミで塞がれることの無いよう、平常時の排水路の清掃作業が重要である。

また、既存排水路に堆積した土砂の排除も重要である。取水施設に設置したスクリーンは、浮遊ゴミの侵入を防ぐことはできるが、土砂の流入を避けることは出来ない。一旦地下貯留管へ土砂が流入すると、対象となる排水の土砂濃度が大きくなり、排水時にポンプへの負荷が大きくなるため、処理費用が増大する。

この点からも、平常時の既存排水路の浮遊ゴミ、土砂の確実な排除が極めて重要である。

### (3) 地下埋設物の再確認と縦断レイアウトの決定

提案した施設整備案のレイアウトは入手した地下埋設物の情報をもとに作成した。今後地下埋設物の情報を詳細に確認し、トンネル径に基づく、必要離隔距離を算定し、トンネルの縦横断方向の配置を決定することが必要である。その配置に基づいて地質調査を行い、掘削に必要な機械の選定、工事費と工期の算定を精緻化することが重要である。

### (4) 拡張性を考慮したレイアウトの決定

提案した施設整備案は 25 年確率対応となっており、50 年確率降雨に対しては、必要貯留量を有していない。次段階での詳細な検討が必要であるが、25 年確率以上（例えば 50 年確率）に対応するためには、現在の施設整備案において、例えば、貯留管の流れを圧力流れとし、随時排水を行うことなどが必要となる。この場合、地下貯留管を圧力流れに対応できるよう、当

初から内水圧対応型のセグメントで設計しておく必要がある。また、圧力流れとする場合には、調圧水槽や換気塔などの検討を行い、円滑な圧力流れとなるような配慮が必要となる。次段階の概略設計において詳細な検討が望まれる。

(5) Maricaban 川の護岸構造物整備の必要性

今回の施設整備案にて Buendia-Maricaban 候補エリアの Intake 3 および Intake 4 は、Maricaban 川から取水することになる。Maricaban 川は提案している取水施設の地点において、一部、護岸構造物などが十分に整備されていない区間がある。所定の取水量（分流量）を確保するため、必要な護岸工事を行い、確実な取水を行えるよう配慮する必要がある。

(6) 氾濫解析による貯留管の使用頻度の推定、ならびに浸水区域解消の確認

提案した排水施設整備案では、排水区域を大まかに設定し、取水施設における分流量を仮定している。次段階では、取水施設の諸元を細かく設定し、実際の洪水や内水氾濫の幾つかのパターンを想定し、氾濫解析シミュレーションを行い、いずれの場合においても着実に洪水や内水氾濫を防止できることを確認しておくことが必要である。

## 第6章 プロジェクトの概略経済評価

### 6.1 概略経済評価の方法

#### 6.1.1 EIRR および NPV

National Economic and Development Authority (NEDA)のガイドラインを参考に、本調査で提案された排水改善対策は以下の手順で経済評価を実施する。

- (1) 洪水被害の項目を確認する
- (2) 被害項目ごとに、基本被害単価を設定する
- (3) 事業の評価のため、現況の洪水被害を算定する
- (4) 事業有り/事業無しで、確率年洪水ごとに被害額を算出し、年平均被害額を算定する
- (5) 事業有り/事業無しの年平均被害額の差を経済便益（年平均便益額）として算出する。
- (6) 経済便益と経済費用から比較し、経済的内部収益率(EIRR)、純現在価値(NPV、すなわち B-C)等の指標により事業の実行可能性を検証する

EIRR はプロジェクトライフ全期間にわたっての経済コストと経済便益のキャッシュフローを用いて計算する。このEIRR は次式を成立させる割引率と定義されている。

$$\sum_{t=1}^{t=T} \frac{C_t}{(1+R_e)^t} = \sum_{t=1}^{t=T} \frac{B_t}{(1+R_e)^t}$$

ここで、

T = プロジェクトライフの最終年

C<sub>t</sub> = プロジェクトライフ t 年時点の事業の経済コストのキャッシュフロー

B<sub>t</sub> = プロジェクトライフ t 年時点の事業の経済便益のキャッシュフロー

R<sub>e</sub> = 現在価値で経済コストと経済便益を等しくするような割引率

純現在価値(NPV)は「B-C」であることを意味しており、次式によって与えられる。

$$NPV = B - C = \sum_{t=1}^{t=T} \frac{B_t}{(1+R_e)^t} - \sum_{t=1}^{t=T} \frac{C_t}{(1+R_e)^t}$$

EIRRの場合には、実施が妥当とされる目標割引率との比較で、目標割引率によるNPVの算定では、便益の現在価値からコストの現在価値を差し引いた値が正の値であれば、検討中のプロジェクトは実施するに十分な経済価値があることと結論される。

#### 6.1.2 With/Without Project

経済評価は、プロジェクトのみの経済的影響を抽出して、コストと便益を比較することが基本である。より精緻に定義すると、プロジェクトが実施されない場合 (Without Project) とプロジェクトが実施される場合 (With Project) を比較、便益と費用の双方の差分 (Δ) = With Project - Without Project、を求めることになる。単体のプロジェクトが、地域社会に唯一の影響をあたえるという単純なプロジ

エクト設計の場合には、この差分の定義はわかりやすいが、単体プロジェクトが広範な影響をもたらしたり、複数のプロジェクトが平行して実施される場合には、その影響範囲の分割がコストと便益で整合性を保つことは細心の注意が必要である。本プロジェクトの場合には、2005年排水MPが存在している。DPWHは、2005年排水MP（10年確率対応）に基づきつつ、25-50年確率対応を目指し、一部地域において計画を修正しつつ対策を開始した。今回、「フィ」国が目指す25-50年対応を実現するために、本調査において、その計画の一部として、1)「フィ」国で整備する集水路網を考慮し、2)排水メインとしての地下トンネル技術を活用した貯留管を提案している。つまり、1)集水路網整備と2)排水メインの整備ができて初めて25-50年対応が可能となる計画としている。従って本調査においては、排水事業の一部として地下トンネルを取り込んだ計画についての経済評価を行う。

### 6.1.3 評価対象プロジェクト

今回の評価対象プロジェクトはBuendia-MaricabanエリアおよびEspaña-USTエリアにおける洪水対策であるが、プロジェクトのコストと便益のスコープが完全に一致している洪水期間中から放水を始める計画のものだけを対象とする。

## 6.2 経済便益

### 6.2.1 便益の構成要素

洪水制御における経済便益は大別すると、直接的被害の回避からなる直接的経済便益と間接的経済便益の2つに大別される。下図に示すように、詳細には、直接的便益は、1) 家屋等資産への被害減少、2) 避難対策コスト回避：洪水から逃れる住民のケア、3) 清掃コスト回避があり、他方、間接的経済便益は、1) 交通迂回・渋滞費用減少、2) 所得機会逸失減少、3) 土地利用価値増加から構成される。

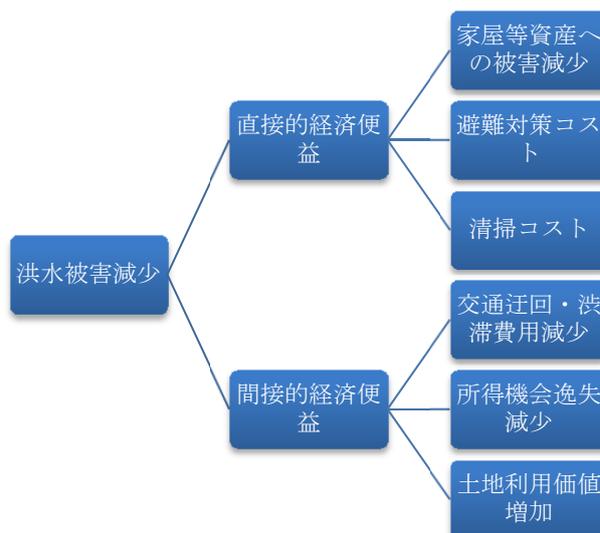


図 6.2.1 洪水被害軽減の経済便益

## 6.2.2 経済便益算定のための基本単価の設定

基本的には既往調査（パッシング-マリキナ川河川改修事業フェーズIV&V）<sup>1</sup>の情報および単価（2015年値）を使用している。

(1) Built-up Area の建物および建物内の家財・耐久資産・在庫品

Built-UP-Area 内の建物群を下記の通りに分類している。

表 6.2.1 建物種類別数量割合

REGION / PROVINCE / CITY / MUNICIPALITY	Industry Major Division												Residence
	B	D	E	F	G	H	I	J	K	M	N	O	
MANILA	0.01	0.74	0.00	0.02	5.25	1.17	0.38	0.44	1.13	0.19	0.45	0.60	89.62
MANDALUYONG CITY	0.00	0.63	0.00	0.06	3.06	0.85	0.07	0.26	0.60	0.19	0.63	0.44	93.21
MARIKINA CITY	0.00	0.86	0.00	0.09	4.72	1.37	0.18	0.30	1.35	0.15	0.41	0.60	89.96
PASIG CITY	0.00	0.80	0.00	0.06	3.12	0.59	0.04	0.22	0.39	0.18	0.33	0.41	93.84
QUEZON CITY	0.00	0.81	0.03	0.08	4.21	1.14	0.11	0.33	1.33	0.23	0.51	0.50	90.70
SAN JUAN	0.00	1.03	0.00	0.11	6.42	1.38	0.15	0.48	1.44	0.25	0.67	0.83	87.24
MAKATI CITY	0.02	1.15	0.07	0.12	6.19	2.70	0.35	1.05	3.59	0.40	0.70	1.12	82.56
PATEROS	0.00	1.42	0.00	0.00	2.65	0.79	0.05	0.22	0.48	0.12	0.52	0.54	93.20
TAGUIG	0.01	0.53	0.00	0.01	1.93	0.62	0.04	0.09	0.30	0.13	0.18	0.27	95.89
PARANAQUE CITY	0.00	0.88	0.01	0.06	4.17	1.18	0.15	0.38	1.18	0.20	0.49	0.59	90.69
KALOOKAN CITY	0.00	0.88	0.01	0.06	4.17	1.18	0.15	0.38	1.18	0.20	0.49	0.59	90.69
NAVOTAS	0.00	0.88	0.01	0.06	4.17	1.18	0.15	0.38	1.18	0.20	0.49	0.59	90.69
PASAY CITY	0.00	0.49	0.00	0.02	3.42	0.94	0.20	0.31	0.47	0.10	0.25	0.40	93.41
MALABON CITY	0.00	0.49	0.00	0.02	3.42	0.94	0.20	0.31	0.47	0.10	0.25	0.40	93.41
VALENZUELA CITY	0.00	0.49	0.00	0.02	3.42	0.94	0.20	0.31	0.47	0.10	0.25	0.40	93.41
LAS PINAS CITY	0.00	0.49	0.00	0.02	3.42	0.94	0.20	0.31	0.47	0.10	0.25	0.40	93.41

B: FISHING

D: MANUFACTURING

E: ELECTRICITY, GAS AND WATER

F: CONSTRUCTION

G: WHOLESALE/RETAIL TRADE AND REPAIR SERVICES

H: HOTELS AND RESTAURANTS

出典：パッシング-マリキナ川河川改修事業フェーズ IV&V

I: TRANSPORT, STORAGE AND COMMUNICATIONS

J: FINANCIAL INTERMEDIATION

K: REAL ESTATE, RENTING AND BUSINESS ACTIVITIES

M: EDUCATION

N: HEALTH AND SOCIAL WORK

O: OTHER SERVICE ACTIVITIES

被害額推定の原単位としては、下表に示す値を採用することとした。

表 6.2.2 被害額推定の原単位（経済価格）

Assets	Total Sample	Building (*1) (Pesos/ unit)	Durable Assets (Pesos/unit)	H. Effects/ Inv. Stock(*2) (Pesos/unit)	Value Added (*3) (Pesos/day)
1. Residence					
A. Residential Unit		155,765		99,248	
2. Industrial, Educational and Medical Facilities(*5)					
B. Fishery	31	1,802,474	5,949,956	6,146,798	135,412
D. Manufacturing	15,229	1,910,265	2,459,588	22,419,920	61,497
E. Electricity, Gas and Water	12	1,131,865,727	343,180,557	89,638,170	4,753,056
F. Construction	651	1,910,013	3,548,461	23,148,315	129,735
G. Wholesale & Retail Trade	82,074	560,054	326,313	8,782,541	17,756
H. Hotels & Restaurants	19,382	2,252,393	471,710	163,253	11,700
I. Transport, etc.	4,841	7,720,985	10,204,521	2,485,306	319,141
J. Financial Intermediation	12,392	7,063,874	1,242,379	262,409	281,983
K. Real Estate & Business Activities	18,915	2,080,328	736,221	16,408,026	54,416
M. Private Education	6,052	6,345,506	878,587	149,227	45,668
N. Health & Social Work	6,202	2,374,027	1,422,910	903,628	25,420
O. Other Community, Social and Personal Services	2,196	4,295,673	843,818	391,871	39,671

出典：パッシング-マリキナ川河川改修事業フェーズ IV&V

<sup>1</sup> Supplemental Agreement No.1 for the Consulting Engineering Services for Assistance to Procurement of Civil Works and Construction Supervision on the JICA Assisted Pasig-Marikina River Channel Improvement Project, Phase III (PH-P252) Upper Marikina River Channel Improvement Works (PMRCIP Phase IV and Phase V)

被害率については、下表に示す通り。

**表 6.2.3 浸水深別各種被害率**

Item	Inundation Depth					
	Below Floor /Ground Level	0.15-0.49 m	0.5-0.9 m	1.0-1.9 m	2.0-2.9 m	More than 3.0m
1 Building						
a. Building* <sup>1</sup>	0.000	0.092	0.119	0.266	0.38	0.834
2 Residence						
a. Household Effects	0.000	0.145	0.326	0.508	0.928	0.991
3 Industrial, Educational and Medical Facilities						
a. Depreciable Assets	-	0.232	0.453	0.789	0.966	0.995
b. Inventory Stock	-	0.128	0.267	0.586	0.897	0.982

Note: \*1 In case of all buildings, floor level is 15cm higher than the ground level, because t almost all buildings have the threshold of around 15cm in height in front of their entrances according to the field investigation.

出典：国土交通省治水経済評価マニュアル(案)

## (2) 浸水建物による営業停止損

いったん洪水が発生して家屋等が浸水を受ければ、一般世帯については清掃のために何日か費やさなければならない。浸水による経済活動の停止はおよびその現象による便益は 6.2.7 で推計する。

**表 6.2.4 浸水深別の清掃に要する日数**

Item	Inundation Depth					
	Below Floor Level	Less than 0.5m	0.5-0.99 m	1.0-1.99 m	2.0-2.99 m	More than 3.0m
1 Residence						
Cleaning (days)	-	2.5	4.3	8.7	14.1	16.7
2 Business Facilities* <sup>2</sup>						
Suspension of Business (days)	-	1.5	2.1	3.4	5.6	7.5
Stagnant Days of Business after Suspension* <sup>1</sup>	-	0.7	1.1	1.7	2.8	3.8
Total	-	2.2	3.2	5.2	8.4	11.3

Note: \*1 Businesses shall be suspended during the stagnant days.

出典：国土交通省治水経済評価マニュアル(案)より JICA 調査団作成

日数の根拠としては日本の治水経済マニュアル(案)で定められる数字を、今回の氾濫携帯(内水氾濫)を考慮し、その1/3としている。

## (3) 社会基盤(道路、橋梁、排水側溝等)被害

洪水が発生すれば、道路、橋梁、排水側溝等の社会基盤も甚大な被害を受けることになる。このような場合、各地域(ムニシパリティ)の社会厚生開発局(MSWDO)は州の社会厚生開発局(MSWDO)に対して被害の報告を行い、必要な災害復旧費を要請することになる。よってこの社会基盤被害は既往の治水対策調査では殆どの場合、上記の(1)~(2)の被害額の比率によって想定している。マニラ首都圏の既往調査<sup>2</sup>において 35%としているため、本調査でも 35%とする。

<sup>2</sup>フィリピン国パッシング・マリキナ川河川改修事業(Ⅲ)準備調査 JICA, 2013



## 6.2.4 間接便益の機会費用

### (1) 所得機会費用

洪水の被害の機会費用を推計するためには、数値的な被害に対し、価値を定めて被害額を推計する必要がある。浸水中および暫くの間は、洪水地域へのアクセスあるいは出発が不可能となり、その期間中実現するはずだった生産・商業・サービスといった経済活動の機会を逸失する。その損害額を単位時間あたりの経済価値として推計するために、国民一人一日当たりどの程度経済価値を生み出しているのかを知る必要がある。そのために、地域国内総生産（Gross Regional Domestic Product:GRDP）およびその分母としての、生産人口を用いることとした。

機会費用として一般的な平均賃金を用いず、GDPを用いた理由は以下の通りである。所得では基本的に労働対価に限定されるが、経済の原動力は労働とともに資本である。どんなサービスも人件費、運転費、機械・建物等の損料が原価を構成する。例えばタクシーでは大きく運転手の賃金、燃料費、メンテ費および乗用車の機会費用である。GDPには所得・利益・減価償却が含まれており、経済全体の費用の指標として単純な労働対価より優っている。2014年のGRDPは全国で12.6兆ペソ、首都圏（NCR：National Capital Region）で約4.7兆ペソであった。

フィリピンでは、労働力を算出する場合は、一般的に15歳以上の人口から、就業しているあるいは職を探している人口が推計されており、本調査でも同様に推計した。2015年4月のデータでは、15才以上の人口は全人口の65%、更に労働人口は、15才以上人口に対して全国平均で65%、NCRで63%である。

以上の想定から導き出された首都圏労働人口一人当たりのGRDPは2014年で、890,000 Peso/Worker/Yearである。

表 6.2.6 フィリピン全国および首都圏における人口、労働力、GRDP および一人当たりのGRDPの推移

	Unit	Area	2010	2011	2012	2013	2014
GRDP	Million Php	NCR	3,650,000	3,790,000	4,050,000	4,420,000	4,679,830
		Philippines	10,110,000	10,430,000	11,130,000	11,920,000	12,642,736
Population	Number	NCR	11,855,975	12,070,000	12,290,000	12,510,000	12,740,000
		Philippines	92,337,852	94,090,000	95,880,000	97,700,000	99,560,000
Age 15+	Number	NCR	7,716,625	7,855,926	7,999,116	8,142,306	8,290,000
		Philippines	60,100,000	61,240,000	62,400,000	63,590,000	64,800,000
Labor Force	Number	NCR	4,880,000	4,960,000	5,060,000	5,150,000	5,240,000
		Philippines	37,980,000	38,700,000	39,440,000	40,190,000	40,950,000
GRDP Per Person	Php per person	NCR	310,000	310,000	330,000	350,000	370,000
		Philippines	110,000	110,000	120,000	120,000	130,000
GRDP Per Age15+	Php per person	NCR	470,000	480,000	510,000	540,000	560,000
		Philippines	170,000	170,000	180,000	190,000	200,000
GRDP Per Worker	php per person	NCR	750,000	760,000	800,000	860,000	890,000
		Philippines	270,000	270,000	280,000	300,000	310,000

出典: \*1 Philippines Statistical Authority, Regional Accounts of the Philippines with JICA Study Team Estimates

\*2 Philippines Statistical Authority, Employment Situations in April 2015 (Final Results) with JICA Study Team Estimates

Buendia-Maricaban の対象地域であるマカティ地区はマニラ首都圏の中核部と言っても良いビジネスハブである。他方、España-UST は昔ながらの下町と大学等の教育機関が混在する地区である。当然ながら、この2つの地区の生産能力には大きな差があるが、正確に地区の生産性を示す指標はない。次の表にあるように、ここでは簡便に、Buendia-Maricaban はマニラ首都圏の年間労働者当たり産出額 890,000 Peso に対して 20%プラス<sup>3</sup>、他方、España-UST 地区は平均値と設定した。更にこれらを経済評価価値に変換するために、6.3 節で設定した Standard Conversion Factor (SCF)及びシャドウ賃金比率を用いて変換を行っている。同様に便益も経済価値にするには市場の歪みを補正する必要がある。GRDP にも SCF を乗じ、さらに全体の3割が未熟練労働力と仮定し<sup>4</sup>、相当分はシャドウ賃金率（60%）を乗じて経済評価価値を求めた。

表 6.2.7 時間価値算定

	単位	Buendia	España-UST
地域間調整後の労働者当たり GRDP	peso/year/capita	1,068,000	890,000
経済評価用修正後の労働者当たり GRDP	peso/year/capita	892,848	744,040
	per day peso/day/capita	4,464	3,720
	per hour peso/hour/capita	558	465

出典：JICA 調査団

## (2) GDP の推移

過去 2004-2014 年の 10 年間にフィリピン経済は目覚ましい発展を遂げており、人口一人当たりでは年率 3.5%の成長を占めており、マニラ首都圏はそれ以上の速度で成長したことが推測される。ただその前の 10 年である 1994-2014 年の 20 年間の成長率は 2.6%と若干低い値を示している。とはいえ、上述の所得機会の単価も長期的には上昇していくため、その意味で洪水による経済被害規模は増大することが予測される。経済便益のパラメータとしての一人当たりの所得上昇率は 3%を 20 年間の長期上昇率として設定することとする。

## (3) 人口増加率

フィリピンの人口は 2014 年までの過去 20 年間、年率約 2%のスピードで増加を続けており、現在の人口は 9940 万人と推定されている<sup>5</sup>。これに対し、マニラ首都圏の人口<sup>6</sup>は、センサスによると、1990 年～2000 年に 2.3%、2000 年～2010 年では 1.8%で増加している。他方メガマニラとされる、ブラカン、リサル、ラグナ、カビテの隣接州は、同時期に各々 4.8%、3.4%の成長率を記録し、都市化が周辺に伝播していることが分かる。

本プロジェクトの対象地は、マカティ、パサイ、マニラ市という正に首都圏の中心であり、この地域の人口は既に過密の状況からして、徐々に鈍化しつつある。他方、今回の中核的なパラメータとなる昼間人口は、近隣州からの通勤、通学者の供給源として高い増加を継続する可能性は高いとみる必要がある。こうした状況を総合的に勘案して、基本昼間人口に関しては、

<sup>3</sup> 統計データはないため、ヒアリングから家賃等生活水準の差を保守的に推計した。

<sup>4</sup> Philippine Commission on Women, 2014-05-13 より採用

<http://www.pcw.gov.ph/statistics/201405/statistics-philipino-women-and-mens-labor-and-employment>

<sup>5</sup> IMF, World Economic Outlook, October 2015: <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2015/02/weodata/index.aspx>

<sup>6</sup> フィリピン国マニラ首都圏の持続的発展に向けた 運輸交通ロードマップ作成支援調査 JICA 2014

今後 30 年間に渡って年率 2% で成長を続けると前提する。上記の一人当たり GRDP と人口増加の伸びを合わせて、経済全体の伸びは年率 5% に設定する。

## 6.2.5 経済機会損失の減少便益

### (1) 洪水による経済期間損失の減少便益

今回の事業対象となるマニラ首都圏の中心街は、居住区というよりもビジネス街区という性格を持った場所である。Buendia エリアの位置するマカティには国際企業、機関、金融の本社機能が集中している。España-UST-España は大学をはじめとする高等教育機関と、昔ながらのマニラの下町の顔を残した商業地区である。ひとたび、これらの地区に洪水が氾濫すれば、地区の住民が足止めを受けて、職に赴くことができただけでなく、首都圏全体からこの地区への通勤、商用による訪問もできなくなる。そのために失われる経済損失は数日の洪水でも大きなものがある。洪水制御事業は、そうした雇用・ビジネス機会損失の回避を可能にすることになる。With/Without Project で経済機会損失を推計し比較するため、地域経済機会を次のように定義した。

地域経済機会（一日あたり）＝対象地域に集まる労働人口 X 労働者一人あたり所得  
なお、労働者一人あたり所得については 6.2.6(1) で推計を行った値を用いる。

### (2) 影響を受ける労働人口

域内の経済活動の洪水による停滞を求めるには、浸水地域の昼間労働人口をベースに先に求めた労働人口一人当たりの GRDP を乗じて地域経済生産を求める。しかしながら、対象地域の正確な労働人口に関する統計あるいは地理的に細分化された商業統計は存在しない。さらには、影響地域はマニラの中心街であり、ここに周辺から多くの労働者が通勤あるいは商用で訪問するという経済活動が行われている地域である。こうした流動人口も含めた経済活動への従事人口を求めるために、交通計画で行われるパーソントリップ調査の集計結果である目的別 Origin-Destination 表 (OD Matrix) を活用することとした<sup>7</sup>。ここでは簡便に 1 トリップを 1 人と置き換える。トリップの集計は次の算定式で行った。

出発トリップ算定式： $\sum_{i \in N} \sum_{j=1}^{432} X_{ij}$ ，N: 対象地域，

$X_{ij}$ ：i ゾーン i からゾーン j へのトリップ，全ゾーン数は 432

到着トリップ算定式： $\sum_{i \in N} \sum_{j=1}^{432} X_{ji}$ ，N: 対象地域，

$X_{ji}$ ：ゾーン j からゾーン i へのトリップ

上記の算定式で、洪水発生ゾーンへの他のゾーンからの通勤、商用による訪問トリップ数を求め、次にゾーン内での発生トリップを夜間労働人口の近似値として、洪水発生ゾーンからの通勤・商用トリップを用い、その比率で昼間・夜間労働人口比を推計した。算定式は次のようになる。

<sup>7</sup> フィリピン交通通信局 (DOTC) では 2013 年にマニラ首都圏を 432 ゾーンに分割して、広範なパーソントリップ調査を行っている。整理集計を行った OD 表の内、調査団では、目的別 OD 表を入手し、その中から、出勤、商用のトリップ表の対象ゾーンごとに再集計を行った。更には洪水氾濫地域を取り囲む地域から交通渋滞影響トリップもゾーンを指定して再集計を行った。

$$\text{昼間／夜間労働人口比率} = \frac{\sum_{i \in N}^{\text{all}} \sum_{j \in N}^{\text{all}} X_{ji}}{\sum_{i \in N}^{\text{all}} \sum_{j=1}^{\text{all}} X_{ij}}$$

その結果、昼間／夜間労働人口比率は、Espana-UST 地区で 2.07、Buendia/Maricaban 地区で 4.7 という推計値が得られた。

経済機会損失を推計するために、氾濫シミュレーションから算出される人口と浸水深に応じた浸水日数を基に、まずは活動不能な労働日数を推計した。影響人口の影響昼間労働人口への変換は

人口 X 15 才以上人口比率 (65%) X 労働参加率 (63%) X 昼間／夜間労働人口比率  
で算定している。

### (3) 経済機会損失の推計

活動不能な労働日数に、労働者当たり GRDP、洪水確率を乗じて、表 6.2.8～11 に示す通り、経済損失期待値をそれぞれの地区で推計した。対象となる洪水による Espana-UST 地区の年間経済機会損失期待値は 111 百万ペソ、Buendia-Maricaban 地区は 703 百万ペソと推計された。

表 6.2.8 氾濫域内人口の算定 (España-UST)

		洪水確率										日数
区分	浸水深	05yr	05y-w/Project	10yr	10y-w/Project	25yr	25y-w/Project	50yr	50y-w/Project	100yr	100y-w/Project	
浸水人口												2.07
												3,720
氾濫域内人口	0.15 - 0.5m	106,672	49,614	145,655	91,971	152,804	138,522	147,508	151,726	126,428	156,350	2.2
	0.5 - 1.0m	3,614	82	7,488	1,988	30,242	6,325	55,430	19,482	89,187	41,864	3.2
	1m - 2m	0	0	0	0	197	0	197	0	750	197	5.2
	2m - 3m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.4
	> 3.0m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11.3
氾濫域内昼間労働人口	0.15-0.5m	90,422	42,056	123,467	77,961	129,52	117,420	125,037	128,613	107,169	132,533	2.2
	0.5 - 1.0m	3,064	70	6,348	1,685	25,635	5,361	46,986	16,515	75,601	35,486	3.2
	1 - 2.0m	0	0	0	0	167	0	167	0	636	167	5.2
	2m - 3.0m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.4
	>3.0m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11.3
非稼働日数		208,629	92,743	291,728	176,849	367,000	275,301	424,734	335,245	478,459	404,810	
経済損失 (Peso million)		776	345	1,085	658	1,365	1,024	1,580	1,247	1,780	1,506	

出典：JICA 調査団

表 6.2.9 氾濫域内人口の算定 (Buendia-Maricaban)

		洪水確率										日数
区分	浸水深	05yr	05y-w/Project	10yr	10y-w/Project	25yr	25y-w/Project	50yr	50y-w/Project	100yr	100y-w/Project	
浸水人口												4.7
												4,464
氾濫域内人口	0.15 - 0.5m	156,148	106,385	190,590	144,047	204,173	185,891	192,147	200,684	169,887	196,092	2.2
	0.5 - 1.0m	55,471	22,607	91,935	54,010	131,353	115,040	179,575	156,692	221,611	190,940	3.2
	1m - 2m	8,124	4,552	10,863	8,124	20,343	13,641	29,781	21,637	39,050	33,527	5.2
	2m - 3m	0	0	0	0	0	0	0	0	820	0	8.4
	> 3.0m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11.3
氾濫域内昼間労働人口	0.15-0.5m	300,530	204,754	366,818	277,240	392,961	357,776	369,816	386,247	326,972	377,409	2.2
	0.5 - 1.0m	106,763	43,511	176,943	103,950	252,808	221,411	345,619	301,578	426,523	367,493	3.2
	1 - 2.0m	15,637	8,761	20,907	15,637	39,153	26,254	57,319	41,644	75,157	64,529	5.2
	2m - 3.0m	0	0	0	0	0	0	0	0	1,578	0	8.4
	>3.0m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11.3
非稼働日数		1,080,038	633,506	1,475,337	1,019,894	1,867,365	1,623,885	2,204,203	2,019,902	2,458,306	2,327,426	
経済損失 (Peso million)		4,821	2,828	6,586	4,553	8,336	7,249	9,840	9,017	10,974	10,390	

出典：JICA 調査団

以上で算定した With/Without Project の被害額の差分に確率を乗じて、プロジェクトの経済効果を以下のように算定した。

表 6.2.10 経済機会損失の減少便益 (España-UST)

Return Period	Occurrence Probability	Flood Damage			Average of Damage Reduction	Interval Provability	Annual Average Damage Reduction
		Without Project	With Project	Damage Reduction			
1/3	0.333	0	0	0			
					216	0.133	29
1/5	0.200	776	345	431			
					429	0.100	43
1/10	0.100	1,085	658	427			
					384	0.060	23
1/25	0.040	1,365	1,024	341			
					337	0.020	7
1/50	0.020	1,580	1,247	333			
					304	0.010	3
1/100	0.010	1,780	1,506	274			
					Annual Benefit :		105

出典：JICA 調査団

表 6.2.11 経済機会損失の減少便益 (Buendia-Maricaban)

Return Period	Occurrence Probability	Flood Damage			Average of Damage Reduction	Interval Provability	Annual Average Damage Reduction
		Without Project	With Project	Damage Reduction			
1/3	0.333	0	0	0			
					997	0.133	133
1/5	0.200	4,821	2,828	1,993			
					2,013	0.100	201
1/10	0.100	6,586	4,553	2,033			
					1,560	0.060	94
1/25	0.040	8,336	7,249	1,087			
					955	0.020	19
1/50	0.020	9,840	9,017	823			
					704	0.010	7
1/100	0.010	10,974	10,390	584			
					Annual Benefit :		454

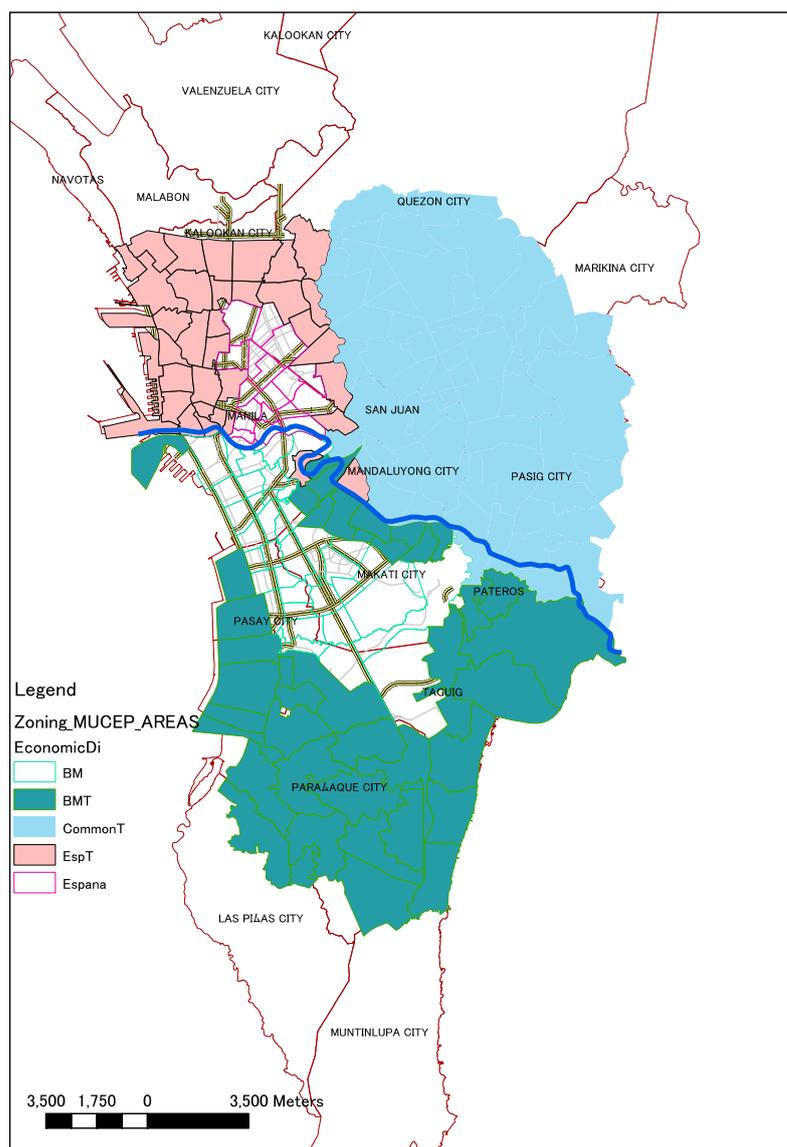
出典：JICA 調査団

## 6.2.6 交通迂回・渋滞費用減少

現在、マニラの一地域で大雨により洪水が起きると、中心街区全体の交通が麻痺すると言われており、洪水の影響は広域に広がる。

洪水のために、広範な街区が全くアクセス出来ない場合には、その地域を通常通り抜ける交通は、迂回を余儀なくされる。そうした迂回交通の時間ロス及び燃料、機械損料、更には迂回交通によって引き起こされる交通渋滞による洪水圏外交通の時間ロスも洪水の経済損失として計上されなければならない。そうした被害の減少相当も経済便益に相当する。交通渋滞がどの程度のインパクトを与えるかを正確に定量化するには、マニラ首都圏交通モデルを使って、シミュレーションを行う必要があるが、今回の業務範囲でこれを行うことは、時間的制限から困難である。そのため、今回は簡便な方法として、下記の通りの大まかな想定を用いて算定を行う。

今回の交通渋滞の地域は、次の図に示すようにBuendia-Maricanエリアの氾濫により影響を受けるのが、濃い緑色の地域（図のBMT地域）及び水色の地域（図のCommonT地域）と想定した。一方また、España-UST地域の氾濫により影響を受けるのが、淡赤色の地域（図のEspT地域）および水色の地域と想定する。水色地域は両方の影響を受けるとの想定である。それぞれの渋滞対象地域間のみを対象とした縮小版パーソントリップOD表を作成し、そこから、影響地域内全トリップ数を算出する。白抜きの地域は洪水による通行不可能との想定でそのトリップは既に経済機会損失計算で計上されているのでため対象範囲から除外している。



出典：JICA調査団

図 6.2.2 洪水による渋滞影響地域

最新のマニラ首都圏交通計画によれば、将来的にも、最善の都市交通開発が進められるという前提においても、下表にあるように、交通モード別の割合は、鉄道32%、道路交通70%となっている。この結果を適用して、洪水による影響対象となるトリップの7割が交通渋滞の影響を受けると想定する。

表 6.2.12 2030年マニラ首都圏における交通モードシェア

	Person-km	Share
Private Car	80,130	24%
Public Road Transport	145,956	44%
Rail	105,025	32%
Total	331,111	100%

出典：JICA/NEDA “Roadmap for Transport Infrastructure development for Metro Manila and its Surrounding Areas (Region III & Region IV-A), Technical Report No.2 Transport Demand Analysis”, March 2014

以上の想定を元に、次の表に示すように、影響地域内のトリップ数を求め、モードシェア70%から交通渋滞の影響を受けるトリップを算定する。

算出式は次のとおりである。

発生集中全トリップ算定式： $\sum_{i \in M} \sum_{j \in M} X_{ij}$ ，M: 対象地域，

$X_{ij}$ ：iゾーンiからゾーンjへのトリップ

さらに地域毎の洪水による追加交通地帯時間を2時間を限界影響（対象地区のみに限定した遅延影響<sup>8</sup>）と想定し、合計遅延時間数を算出する。この計算では、Buendia-Maricaban地区では約310万時間、España-USTで280万時間が失われることになる。この数量に、所得機会費用として用いた労働者・時間当たりのGRDPを掛けあわせて、機会費用を求める。Buendia-Maricaban地区では、1,753百万ペソの損失、España-UST地区では1,315万ペソの損失となることが推計される。同様に、毎年あたりの期待値に変換するために、確率係数29%を乗じて2015年の交通渋滞減少便益、人口増および経済成長を織り込んだ数値として2024年の値を求める。

表 6.2.13 交通渋滞緩和便益

	Unit	Buendia-Maricaban	España-UST
洪水周辺地区のトリップ発生数 通勤	Trips/Day	888,785	729,294
商用	Trips/Day	233,310	281,069
帰宅	Trips/Day	1,122,095	1,010,363
計	Trips/Day	2,244,190	2,020,726
道路交通トリップ数	Trips/Day	1,570,933	1,414,508
想定単位遅延時間	Hour	2	2
遅延総時間	Person-hour	3,141,866	2,829,016
洪水渋滞減少便益	Million peso /flood time	1,753	1,315
年平均便益期待値(2015)	Million peso /year	514	385
年平均便益期待値(2024)	Million peso /year	759	569

出典：JICA調査団

今回のプロジェクトはマニラ首都圏全域の洪水制御ではなく、市内の特定地域の対策事業の評価であることに留意する必要がある。一地域の改善を行っても、他の地域が同時に対処されるのでなければ、広域連関・ネットワーク効果により、他の地域での洪水が、対象地域での交通渋滞に繋がるという負の連鎖が残されることになる。他方、ここのプロジェクトの積み重ねによる洪水減少が限界的な交通渋滞の解消にも繋がることも事実である。

<sup>8</sup> 限界影響（Marginal Impact）とは、対象の事業がなかった場合のみの遅延影響である。従って、現状の交通渋滞、他の洪水事業（Buendia にとっては UST, UST にとっては Buendia 事業）がない場合（Without Project）の渋滞状況を更に悪化させる効果である。設定した2時間は現地でのインタビューにより雨が降った際の交通渋滞の影響は、1-3時間との感触得た。洪水の場合には渋滞は更に悪化すると予想されるが、事業ごとの影響を測定することはこの調査の業務範囲を遥かに超えている。これを正確に推計するには高度な都市交通シミュレーションが必要である。

## 6.3 経済費用

### 6.3.1 労務費

NEDAの諮問機関であるICC (Investment Coordination Committee) では、経済評価に際して、未熟練労働者の労働対価を市場価格の補正係数 (Shadow Wage比率) 0.6として経済費用を算出することを推奨しているため、この係数を用いる。

### 6.3.2 標準変換係数

NEDAの諮問機関であるICC (Investment Coordination Committee) では、経済評価に際して、シャドウ交換レートとして1.2を標準採用することを奨励しているが、最近の調査結果<sup>9</sup>より、今回はSCFとして0.95を用いる。

### 6.3.3 投資コストの経済価格変換

工事に関わる費用は、上述のShadow Wage 比率を未熟練労働費に、さらに国内費用の内、国際取引対象外となるものに対してSCFを乗じて、経済価格を求めた結果、Espana-USTエリアは15,078百万ペソ、Buendia-Maricabanエリアは24,335百万ペソが投資コストとなった。

これに加えてプロジェクトの実施には、アドミニストレーション、コンサルティングサービス、土地取得、価格上昇、コンティンジェンシー、VATが追加で必要となる。経済評価の実質価格評価原則に従い、物価上昇は排除する。また、経済評価の視点は国民経済的観点で行うため、国内での所得の移転にすぎない税金も除外する。以上のプロセスの後の、初期コストの支出スケジュールは次の表のようになる。

表 6.3.1 経済価値返還後の投資コストとその支出スケジュール (Espana-UST)

Work Item	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	TOTAL
I. Construction cost (Direct cost)	0	1,133	1,250	2,266	5,039	5,273	117	15,078
II.Non-construction Cost	0	0	---	---	---	---	0	---
II.1 Administration Cost	141	113	113	113	113	113	0	707
II.2 Consultancy Services Cost	1,086	326	326	326	326	326	0	2,714
II.3 Land Compensation	74	0	---	---	---	---	0	74
Sub-total II	1,301	439	439	439	439	439	0	3,495
Sub-total for [I] + [II]	1,301	1,572	1,689	2,704	5,478	5,712	117	18,573
Price Escalation Rate	0	0	---	---	---	---	0	---
III.Price Escalation	0	0	---	---	---	---	0	---
IV.Physical Contingency	39	47	51	81	164	171	4	557
Sub-total for [I] + [II] + [III] + [IV]	1,340	1,619	1,739	2,786	5,642	5,883	121	19,130
V.VAT	0	0	---	---	---	---	0	---
VI. Project cost ([I] + [II] + [III] + [IV] + [V])	1,340	1,619	1,739	2,786	5,642	5,883	121	19,130

出典：JICA調査団

<sup>9</sup> JICA「資金協力プロジェクト経済評価に係る経済価値への変換手法策定調査 (プロジェクト経済評価)」2012年

表 6.3.2 経済価値返還後の投資コストとその支出スケジュール (Buendia-Maricaban)

Work Item	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	TOTAL
I. Construction cost (Direct cost)	0	1,094	1,367	2,031	4,609	5,547	5,937	3,750	24,335
II. Non-construction Cost	0	0	0	0	0	0	0	0	---
II.1 Administration Cost	146	146	146	146	146	146	146	146	1,165
II.2 Consultancy Services Cost	1,752	372	372	372	372	372	372	372	4,358
II.3 Land Compensation	917	0	0	0	0	0	0	0	917
Sub-total II	2,815	518	518	518	518	518	518	518	6,411
Sub-total for [I] + [II]	2,815	1,612	1,885	2,549	5,127	6,065	6,455	4,268	30,776
Price Escalation Rate	0	0	0	0	0	0	0	0	---
III. Price Escalation	0	0	0	0	0	0	0	0	---
IV. Physical Contingency	84	48	57	76	154	182	194	128	923
Sub-total for [I] + [II] + [III] + [IV]	2,899	1,660	1,942	2,626	5,281	6,246	6,649	4,396	31,699
V. VAT	0	0	0	0	0	0	0	0	---
VI. Project cost ([I] + [II] + [III] + [IV] + [V])	2,899	1,660	1,942	2,626	5,281	6,246	6,649	4,396	31,699

出典：JICA調査団

#### 6.3.4 再投資と残存価値

再投資は、後述する電気・機械の耐用年数である操業開始後25年目に電機／機械を更新するものとする。また、残存価値はプロジェクト評価機関の最後年に計上するが、この時に価値が残されているのはトンネルの残り50年分の使用価値である。

#### 6.3.5 O&M 費用

操業に関わる費用は、洪水後の放水路の清掃コストが主なものとなる。

Buendia-Maricabanは、その費用が7.8百万ペソ／回、España-USTは3.9百万ペソ／回と算定されている。この値に、発生確率と利用率から、年あたり操業経費期待値を算定すると、Buendia-Maricabanは0.83百万ペソ、España-USTは0.41百万ペソとなった。ただし、操業経費も経済成長による、所得向上：賃金上昇を考慮して、年率3%の上昇を加算する。

## 6.4 経済評価

### 6.4.1 前提条件

経済評価は、経済便益とコストを設計準備段階から始めて、インフラプロジェクトの通常の設定期間である供用開始後、50年間を評価期間とする。それぞれの施設の耐用年数については、次のように想定し、更新と残存価値を算定した。

表 6.4.1 各施設の耐用年数

前提項目	設定
トンネル	100年
付帯機械	25年
付帯電気施設	25年

### 6.4.2 ベースケース

本来であれば、1)「フィ」国側プロジェクトの集水路網の事業費（DPWHやMMDAが取り組み始めている排水改善事業）+2)地下トンネルによる排水メイン（本調査で提案する地下トンネル事業）のコストを合わせた総コストと、これらの事業が完成した場合の便益によって評価されるべきである。しかしながら、今回は地下トンネルの可能性を検討する初期調査であるため、1)のコストについては詳細な調査が不可能であることから、現在の状況に於いて地下トンネル「あり」と「なし」の差分を便益とすることで評価を行った。現況から10年確率程度までの「フィ」国側のコストおよび便益はこの評価には含まれていない。

その結果、España-USTのEIRRは12%、Buendia-Marican のEIRRは14%となった。

なお、3.5.2、3.5.3および4.4.6で述べたように、ポンプと貯留管の組合せによってコストが下がる可能性が示唆された。コストが下がれば、結果的にEIRRは上昇する。

表 6.4.2 キャッシュフロー (Espana-UST エリア)

UST-Espana

Economic Evaluation Cash Flow

Million Pesos

Year	Investment (Peso million)	Operation Cost (Peso million)	Economic Benefit (Peso million)		Operation Net Cash Flow (Peso million)	Total Net Cash Flow (Peso million)	Note
			Direct Benefit	Indirect Benefit			
2016	1,340					(1,340)	Engineerig Start
2017	1,619			0		(1,619)	
2018	1,739			0		(1,739)	Construction Start
2019	2,786			0		(2,786)	
2020	5,642			0		(5,642)	
2021	5,883			0		(5,883)	
2022	121			0	0	(121)	
2023		0.53	1,599	724	2,322	2,322	
2024		0.54	1,679	761	2,439	2,439	Operation Start
2025		0.57	1,762	799	2,561	2,561	
2026		0.60	1,851	839	2,689	2,689	
2027		0.63	1,943	880	2,823	2,823	
2028		0.66	2,040	925	2,964	2,964	
2029		0.69	2,142	971	3,112	3,112	
2030		0.72	2,249	1,019	3,268	3,268	
2031		0.76	2,362	1,070	3,431	3,431	
2032		0.80	2,480	1,124	3,603	3,603	
2033		0.84	2,604	1,180	3,783	3,783	
2034		0.88	2,734	1,239	3,972	3,972	
2035		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2036		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2037		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2038		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2039		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2040		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2041		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2042		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2043		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2044		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2045		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2046		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2047	5,571	0.92	2,871	1,301	4,171	(1,400)	
2048		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2049		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2050		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2051		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2052		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2053		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2054		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2055		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2056		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2057		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2058		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2059		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2060		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2061		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2062		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2063		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2064		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2065		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2066		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2067		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2068		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2069		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2070		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2071		0.92	2,871	1,301	4,171	4,171	
2072	(4,700)	0.92	2,871	1,301	4,171	8,871	
Total	20,001	43		60,964	195,459	175,458	
NPV(@10%)	13,257	7	22,580	5,776	29,822	3,939	

EIRR = 12.1%

出典：JICA 調査団

表 6.4.3 キャッシュフロー（Buendia-Maricaban エリア）

Buendia/Maricaban  
Economic Evaluation Cash Flow

Million Pesos

Year	Investment (Peso million)	Operation Cost (Peso million)	Economic Benefit (Peso million)		Operation Net Cash Flow (Peso million)	Total Net Cash Flow (Peso million)	Note
			Direct Benefit	Indirect Benefit			
2016	2,899					(2,899)	Engineering Start
2017	1,660					(1,660)	
2018	1,942					(1,942)	Construction Start
2019	2,626					(2,626)	
2020	5,281					(5,281)	
2021	6,246					(6,246)	
2022	6,649				0	(6,649)	
2023	4,396				0	(4,396)	
2024		1.08	3,495	1,501	4,995	4,995	Operation Start
2025		1.08	3,670	1,673	5,342	5,342	Operation Start
2026		1.13	3,853	1,757	5,609	5,609	
2027		1.19	4,046	1,845	5,890	5,890	
2028		1.25	4,248	1,937	6,184	6,184	
2029		1.31	4,461	2,034	6,493	6,493	
2030		1.38	4,684	2,136	6,818	6,818	
2031		1.45	4,918	2,242	7,159	7,159	
2032		1.52	5,164	2,354	7,517	7,517	
2033		1.60	5,422	2,472	7,893	7,893	
2034		1.68	5,693	2,596	8,287	8,287	
2035		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2036		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2037		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2038		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2039		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2040		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2041		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2042		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2043		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2044		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2045		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2046		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2047		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2048	10,544	1.76	5,978	2,726	8,702	(1,842)	
2049		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2050		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2051		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2052		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2053		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2054		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2055		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2056		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2057		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2058		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2059		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2060		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2061		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2062		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2063		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2064		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2065		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2066		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2067		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2068		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2069		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2070		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2071		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2072		1.76	5,978	2,726	8,702	8,702	
2073	(9,300)	1.76	5,978	2,726	8,702	18,002	
Total	32,943	83		128,847	411,556	378,613	
NPV(@10%)	20,414	14	48,442	22,003	58,207	12,912	

EIRR = 14.2%

出典：JICA 調査団

### 6.4.3 感度分析

感度分析では投資額がベースケースよりも20%高騰、20%減少の2つのバリエーション、便益については、便益計量化の困難さを考慮してベースケースよりも50%上昇、50%低下の2つのバリエーションのシナリオで検証を行った。

感度分析の結果のEIRRはそれぞれ次のとおりである。

**表 6.4.4 感度分析**

#### Espana-UST

	Benefit +50%	Base Case	Benefit -50%
Investment Cost +20%	14%	11%	6%
Base Case	16%	12%	7%
Investment Cost -20%	18%	14%	9%

#### Buendia/Maricaban

	Benefit +50%	Base Case	Benefit -50%
Investment Cost +20%	16%	13%	7%
Base Case	18%	14%	9%
Investment Cost -20%	21%	16%	10%

出典：JICA調査団

### 6.5 その他のシナリオの検討

#### シナリオ：洪水制御により土地利用高度化が大きく進む

ベースケースでは採り上げられなかった土地利用促進の便益を追加したものである。

一般に洪水影響を排除することができれば、土地の利用価値が上昇し、より多くの経済活動が行われるようになる。今回の評価便益では、評価対象地域の土地利用が大幅に高度化するシナリオによる評価を行うが、土地利用高度化は、交通アクセスなど、他の要因が決め手となることもあり、洪水が主要な要因となるかどうかの判断は、場所毎にその不動産開発可能性を判断する必要がある。

土地利用が高度化した場合には高層マンション、ショッピングモールといった経済活動が行われるようになる。洪水制御事業を通じその土地における災害リスクが軽減されることによる経済活動の促進が期待される。そうした土地の付加価値は地価上昇として結実すると考えるのが妥当である。現在マニラ中心区では不動産価値が年率6%以上で増大しているとされ、ここでは、洪水制御による地価上昇が年率3%で10年間継続すると設定する。

表6.5.1のように、それぞれの事業地区で、洪水面積をWithおよびWithoutプロジェクトで求め、其々の地区の平均地価の3%を土地価値増加分と設定した。

その結果、表6.5.2および3に示すキャッシュフローとなり、Buendia-MaricabanエリアのEIRRは19%、Espana-USTエリアのEIRRは15%と算定された。

表 6.5.1 地価上昇

Espana-UST

Area(km2)	Inundation Areas			Price of Land (peso/m2)	Marginal Annual Incremental Value3%	Total Increases million pesos
	without	with	Benefit			
25-yr	3.35	2.08	1.27	50,000	1,500	1,905
50-yr	4.09	3.09	1	50,000	1,500	1,500
100-yr	4.57	3.82	0.75	50,000	1,500	1,125
Buendia Maricaban						
Area(km2)	Inundation Areas			Price of Land (peso/m2)	Marginal Annual Incremental Value3%	Total Increases million pesos
	without	with	Benefit			
25-yr	5.63	4.17	1.46	140,000	4,200	6,132
50-yr	6.65	5.61	1.04	140,000	4,200	4,368
100-yr	7.97	7.09	0.88	140,000	4,200	3,696

出典：JICA調査団

表 6.5.2 地価上昇シナリオのキャッシュフロー（Espana-UST エリア）

UST-Espana

Economic Evaluation Cash Flow

Million Pesos

Year	Investment (Peso million)	Operation Cost (Peso million)	Economic Benefit (Peso million)			Operation Net Cash Flow (Peso million)	Total Net Cash Flow (Peso million)	Note
			Direct Benefit	Indirect Benefit	Land Value Increase			
2016	1,340						(1,340)	Engineerig Start
2017	1,619			0			(1,619)	
2018	1,739			0			(1,739)	Construction Start
2019	2,786			0			(2,786)	
2020	5,642			0			(5,642)	
2021	5,883			0			(5,883)	
2022	121			0	0	0	(121)	
2023		0.53	1,599	724	1,500	3,822	3,822	
2024		0.54	1,679	761	1,500	3,939	3,939	Operation Start
2025		0.57	1,762	799	1,500	4,061	4,061	
2026		0.60	1,851	839	1,500	4,189	4,189	
2027		0.63	1,943	880	1,500	4,323	4,323	
2028		0.66	2,040	925	1,500	4,464	4,464	
2029		0.69	2,142	971	1,500	4,612	4,612	
2030		0.72	2,249	1,019	1,500	4,768	4,768	
2031		0.76	2,362	1,070	1,500	4,931	4,931	
2032		0.80	2,480	1,124	1,500	5,103	5,103	
2033		0.84	2,604	1,180		3,783	3,783	
2034		0.88	2,734	1,239		3,972	3,972	
2035		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2036		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2037		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2038		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2039		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2040		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2041		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2042		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2043		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2044		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2045		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2046		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2047	5,571	0.92	2,871	1,301		4,171	(1,400)	
2048		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2049		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2050		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2051		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2052		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2053		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2054		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2055		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2056		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2057		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2058		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2059		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2060		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2061		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2062		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2063		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2064		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2065		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2066		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2067		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2068		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2069		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2070		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2071		0.92	2,871	1,301		4,171	4,171	
2072	(4,700)	0.92	2,871	1,301		4,171	8,871	
Total	20,001	43		60,964		210,459	190,458	
NPV(@10%)	13,257	7	22,580	5,776		38,201	8,669	

EIRR = 15.0%

出典：JICA調査団

表 6.5.3 地価上昇シナリオのキャッシュフロー（Buendia-Maricaban エリア）

Buendia/Maricaban

Economic Evaluation Cash Flow

Million Pesos

Year	Investment (Peso million)	Operation Cost (Peso million)	Economic Benefit (Peso million)			Operation Net Cash Flow (Peso million)	Total Net Cash Flow (Peso million)	Note
			Direct Benefit	Indirect Benefit	Land Value Increase			
2016	2,899						(2,899)	Engineering Start
2017	1,660						(1,660)	
2018	1,942						(1,942)	Construction Start
2019	2,626						(2,626)	
2020	5,281						(5,281)	
2021	6,246						(6,246)	
2022	6,649					0	(6,649)	
2023	4,396					0	(4,396)	
2024		1.08	3,495	1,501	4,368	9,363	9,363	Operation Start
2025		1.08	3,670	1,673	4,368	9,710	9,710	
2026		1.13	3,853	1,757	4,368	9,977	9,977	
2027		1.19	4,046	1,845	4,368	10,258	10,258	
2028		1.25	4,248	1,937	4,368	10,552	10,552	
2029		1.31	4,461	2,034	4,368	10,861	10,861	
2030		1.38	4,684	2,136	4,368	11,186	11,186	
2031		1.45	4,918	2,242	4,368	11,527	11,527	
2032		1.52	5,164	2,354	4,368	11,885	11,885	
2033		1.60	5,422	2,472	4,368	12,261	12,261	
2034		1.68	5,693	2,596		8,287	8,287	
2035		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2036		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2037		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2038		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2039		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2040		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2041		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2042		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2043		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2044		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2045		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2046		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2047		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2048	10,544	1.76	5,978	2,726		8,702	(1,842)	
2049		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2050		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2051		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2052		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2053		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2054		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2055		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2056		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2057		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2058		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2059		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2060		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2061		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2062		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2063		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2064		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2065		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2066		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2067		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2068		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2069		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2070		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2071		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2072		1.76	5,978	2,726		8,702	8,702	
2073	(9,300)	1.76	5,978	2,726		8,702	18,002	
Total	32,943	83		128,847		455,236	422,293	
NPV(@10%)	20,414	14	48,442	22,003		80,388	25,432	

EIRR = 18.6%

出典：JICA 調査団

## 6.6 結語

今回の調査では、短期間であるために、現在進行中の排水事業も含め集水路網のコストと便益を確定しきれていない。事業間の連携、評価における互いのスコープの設定に限界があった。

次の調査への課題として、以下の通り取りまとめた。

- 通勤・商用人口の中心市街地への流入（昼間労働人口への影響）を交通調査のデータを利用して取り込むことには成功したものの、洪水は都市交通への影響が多岐で、今回の分析においては、単純な想定の域を出ていない。交通モデル等を用いた解析と連動した、より科学的なアプローチが求められる。
- 内水氾濫に対して25年～50年確率を対象とするような野心的な事業を評価するためには、それによる将来の開発や気候変動への適用も含めた評価方法の検討が引き続き必要である。

## 第7章 環境社会配慮

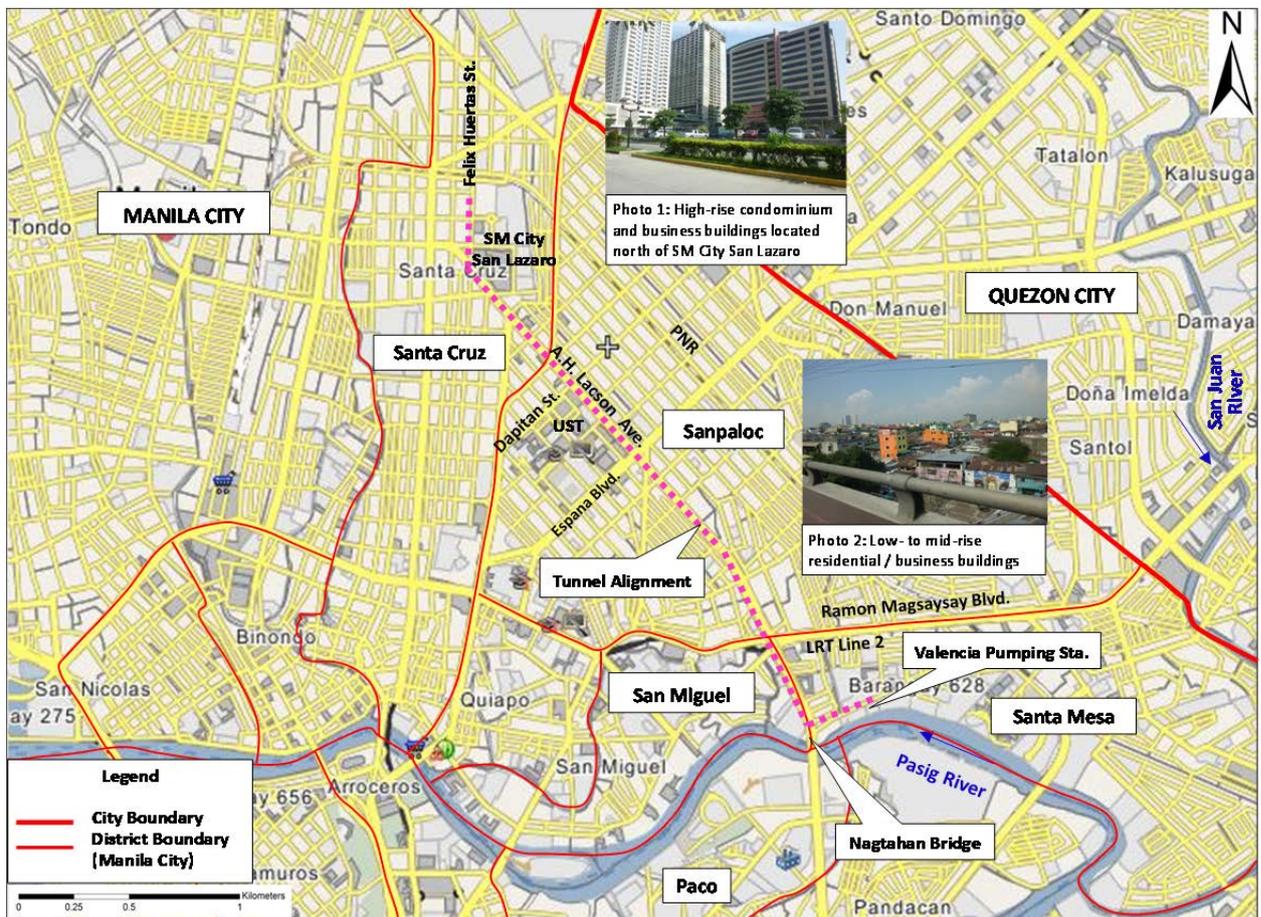
### 7.1 プロジェクト区域における概略排水施設整備案に係る自然・社会条件

#### 7.1.1 España-UST 区域

地下貯留施設を提案している区域はマニラ市の北部に位置している。地下貯留施設は、SM City San Lazaroの北側のFelix Huertas 通に始まり、A. H. Lacson 通、Aceite 通を通り、Valencia 排水機場の隣の敷地に至る線形として提案されている。対象地の自然・社会状況について以下に記述する。

##### (1) 行政区域・人口・土地利用

マニラ首都圏中央部に位置するマニラ市は17の行政区から構成されており、地下貯留施設は次の4つの行政区（Sta. Cruz, Sampaloc, San Miguel and Sta. Mesa）内を通っている（図 7.1.1）。



出典: JICA 調査団

図 7.1.1 プロジェクト区域周辺の状況（España-UST 区域）

表 7.1.1 は、プロジェクト区域、NCR およびフィ国全体における 2010 年の人口統計を示す。プロジェクト区域の東側一帯に位置する Sampaloc に人口が集中していることが分かる。

表 7.1.1 プロジェクト区域、NCR およびフィ国における人口統計 (España-UST 区域)

No. / Area		Nos. of Barangays	Population (2010)	Area (ha / km <sup>2</sup> )	Population Density (/km <sup>2</sup> )
Project area	Sta. Cruz	82	115,747	309.01 ha	37,457
	Sampaloc	192	341,461	513.71 ha	66,470
	San Miguel	12	15,992	91.37 ha	17,502
	Sta. Mesa	51	99,933	261.01 ha	38,287
Manila City		896	1,652,171	38.55 km <sup>2</sup>	42,858
NCR		-	11,855,975	619.54 km <sup>2</sup>	19,137
Philippines		-	92,337,852	300,000 km <sup>2</sup>	308

出典: National Statistics Office (NSO)

地下貯留施設沿いの現況土地利用は業務、商業および住宅の複合から構成されている（図 7.1.1 写真参照）。土地利用計画については、Official Zoning Map（City Planning and Development Office, Manila City, 2006）によれば、地下貯留施設提案区域の北側部分（UST 敷地まで）は High Intensity Commercial/Mixed Use Zone、その南側区域（Ramon Magsaysay Blvd.まで）では High Density Residential/Mixed Use Zone、更にその南側区域（Nagtahan 橋まで）では High & Medium Intensity Commercial/Mixed Use Zones と University Cluster Zone の複合区域となっている。

## (2) 構造物および施設立地状況

地下貯留施設沿いの主な施設としては、SM City San Lazaro (shopping mall), Caritas FCI Hospital and Collages, Complex of University of Santo Tomas, MMDA Valencia Pumping Station, GSIS Metrohomes, Polytechnic University of the Philippines (PUP) 等がある。また、Lacson 通を横切っている主な道路としては、Dapitan St., España Boulevard (Quezon Ave.), Ramon Magsaysay Boulevard 等がある。さらに鉄道として Philippine National Railways (PNR) が Lacson 通の北から東に通っており、LRT (Light Rail Transit) Line 2 が Lacson 通を横切っている（図 7.1.1）。

地下貯留施設沿いの主な埋設構造物としては、以下に示す構造物の基礎等がある。すなわち Esapana Flyover (計画中)、Nagtahan Flyover、Ramon Magsaysay Flyover、LRT Line 2、および Nagtahan Bridge である。これらの埋設構造物の基礎の深度として、Esapana Flyover が地下約 25m という情報を確認している。

## (3) 公害・汚染の状況

大気質については、Department of Environment and Natural Resources – Environmental Management Bureau (DENR-EMB)による総浮遊物質量 (TSP) の測定結果 (Annual Report, 2013) によれば、マニラ首都圏における TSP は、多くの地点において環境基準を超過している。プロジェクト区域に最も近い Manila 市内測定地点 (Lacson 通から約 300m 西側に位置) では、2004 年～2013 年の 10 年間において 101～138 $\mu$ g/NCM であり、基準値の 90  $\mu$ g/NCM を超えている。

環境騒音については、政府機関による公表されているデータはない。パッシング・マリキナ川河川改修事業 (PMRCIP) で得られているデータによれば、河川沿いの住宅地における騒音レベルは、大部分の測定地点において環境基準値を超過している。したがって、本プロジェクト区域においても、道路交通の状況を勘案すれば、同様の状態か、より悪化した状態となっているものと推定される。

水質については、貯留水の排水先となるパシグ川は、DENR Administrative Order (DAO) No. 1990-34 により Class C (Fresh Surface Waters/ Recreational Water Class II) に類型指定されている。

パシグ川の Nagtahan 橋地点における水質データ（PRRC 測定）によれば、環境基準値を超えているケースが多い。特に、大腸菌群数、Dissolved Oxygen (DO)、および Biochemical Oxygen Demand (BOD)等は、ほとんどのケースで基準値を超過している。原因としては、住宅や事業所からの廃水が未処理のまま河川に流れ込んでいることが挙げられる。

(4) 自然環境

地下貯留施設提案区域は人口密集区域にあり、まとまった植生は存在しておらず、限定的に樹木や草草が分布しているのみである。その例としては、SM City San Lazaro 北側の立坑候補地の東側区域や Lacson 通りの街路樹、UST 敷地内の樹木等である。

フィ国における保護区は、National Integrated Protected Areas System (NIPAS) Act と命名されている共和国令 (RA) No. 7586 (1992) により規定されている。本プロジェクトについては、地下貯留施設提案区域を含めたマニラ市内全域において保護区は設定されていない。

(5) 地下水利用

マニラ首都圏において、地下水利用は NWRB (National Water Resources Board) により一元的に管理されている。NWRB は、水利用に対して取水権 (Water Permit) を発行し料金を徴収している。マニラ市内において与えられている取水権数は合計 27 で、そのうち 26 が深井戸である (表 7.1.2)。表層地下水を対象とした浅井戸は取水権発行の対象外である。NWRB によれば、現在、マニラ首都圏においては、NWRB Resolution No.001-0904 および No. 020-1209 に基づき新たな取水権は発行されていない。なお、NWRB Resolution No.001-0904 は、マニラ首都圏内の重要区域 (Critical Area) 内において取水権を認める条件について規定しており、同 No. 020-1209 は、地下水資源の枯渇防止のため、取水権の申請を受理しない区域を規定している。

既存の地下水井戸が本プロジェクト区域の近傍に位置している場合、プロジェクトの実施に伴うトンネル掘削により影響を受けることがあるため、今後、井戸の詳細 (位置、深度、利用量等) を把握していく必要がある。

表 7.1.2 プロジェクト区域における既存の取水権数

Area (City)	No. of Issued Water Permits by NWRB		
	Deep Well	Others	Total
Manila City	26	1	27
Makati City	104	0	104
Pasay City	11	0	11
Taguig City	63	3	66

Source : National Water Resources Board (NWRB), Oct. 2015

(6) 立坑および氾濫水呑口建設候補地の状況

発進立坑の候補地である SM City San Lazaro の北側区域は私有地であり (図 7.1.2)、現在リサイクル用廃品置き場 (写真 1) として利用されている (表 7.1.3)。周辺には中・高層の住宅地が分布している。一方、到達立坑の候補地である Valencia 排水機場の東側敷地 (図 7.1.2) は、フィ国公務員保険機構 (GSIS) の敷地であり (表 7.1.3)、現在パシグ・マリキナ川河川改修事業 (PMRCIP) の資材置き場として利用されている (写真 2)。周辺には、GSIS 所有の住宅地および Polytechnic 大学等がある。

氾濫水呑口は 3 か所建設する計画であり、それらの位置、土地利用現況は、それぞれ図 7.1.2、表 7.1.3 に示すとおりである。呑口 No.1 については現時点で 4 か所の候補地がある。これらは、

呑口 No.2、No.3 地点を含めていずれも私有地である。



出典: JICA 調査団

図 7.1.2 プロジェクト施設候補地位置図 (España-UST 区域)

表 7.1.3 プロジェクト施設候補地の土地現況 (España-UST 区域)

地点/施設	土地の現況	土地所有者 (政府/私有地)	通り (Manila City)
発進立坑	オープンスペース	私有地(企業)	F. Huertas St.
到達立坑/揚水機場	オープンスペース	政府(GSIS)	Aceite St.
氾濫水呑口 No.1 (A), (B), (C), (D)	A: オープンスペース, B: 駐車場, C: 園芸地 D: 映画館(不使用)	A: 私有地(企業), B: 私有地(企業), C: 私有地, D: 私有地	A: Dos Castillas St. B: Dos Castillas St., C: España Ave., D: Florentino St.
氾濫水呑口 No.2	居住地(部分的にオープンスペース)	私有地	Brgy. 432, Manila,
氾濫水呑口 No.3	オープンスペース	私有地	Ramon Magsaysay Blvd.

出典: JICA調査団

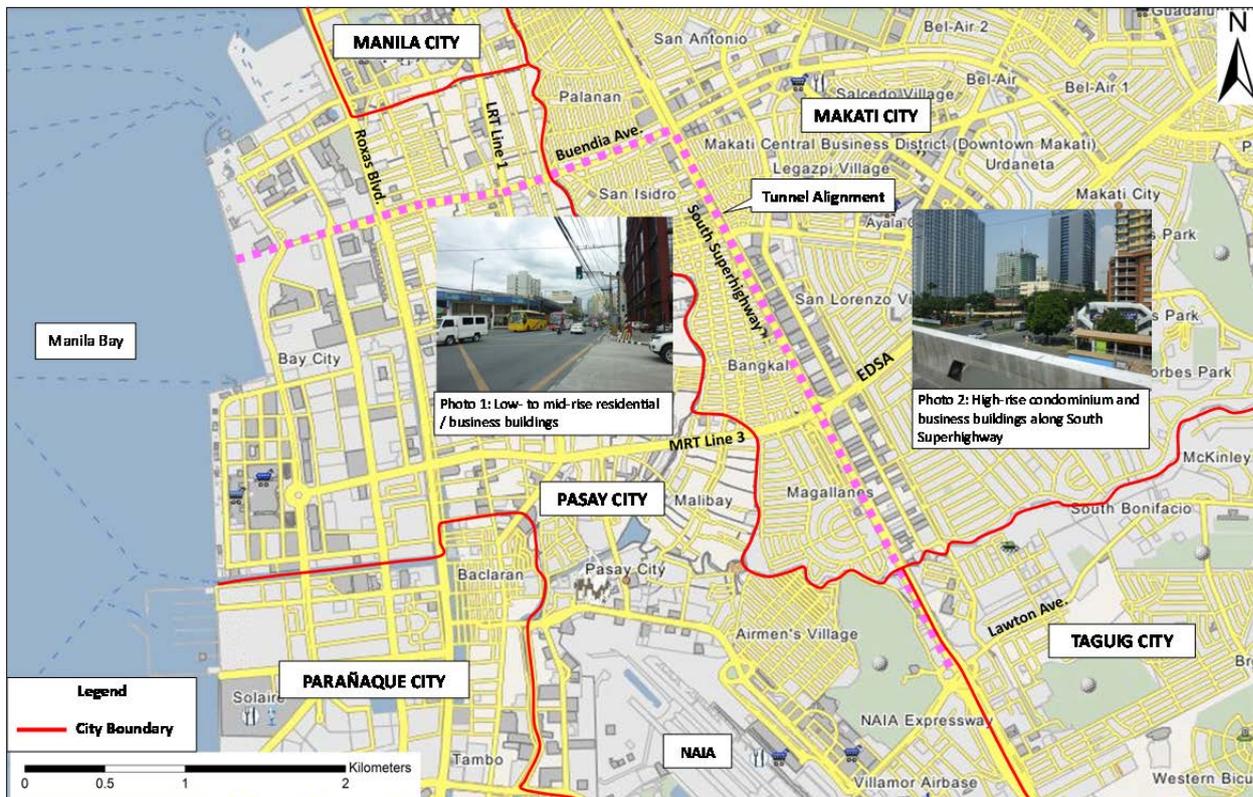
### 7.1.2 Buendia-Maricaban 区域

地下貯留施設を提案している区域はPasay市、Makati市およびTaguig市に位置している (図 7.1.3)。地下貯留施設は、Manila Bay沿岸からBuendia Ave.およびSouth Superhighway を通り、最終的にNichols Interchangeに至る線形として提案されている。対象地の自然・社会状況について以下に記述する。

#### (1) 行政区域・人口・土地利用

地下貯留施設は、Makati 市においては、8つの Barangay を通過あるいは接している。Taguig 市

においては、地下貯留施設の東端付近において2つの Barangay と接している。また、Pasay 市においては、地下貯留施設は市の北側区域を通過した後 Makati 市内に入り、再び Nichols Interchange 付近で市の区域と接している。



出典: JICA 調査団

図 7.1.3 プロジェクト区域周辺の状況 (Buendia-Maricaban 区域)

プロジェクト区域、NCR およびフィ国全体における 2010 年の人口統計を表 7.1.4 に示す。プロジェクト区域中央部の Makati 市内では、最大 26,600 人/(km<sup>2</sup>)の人口密度となっている。

表 7.1.4 プロジェクト区域、NCR およびフィ国における人口統計 (Buendia-Maricaban 区域)

Area		Population (2010)	Area (km <sup>2</sup> )	Population Density (/km <sup>2</sup> )
Project area	San Antonio	11,443	0.89	12,900
	Palanan	17,283	0.65	26,600
	San Ishidro	7,589	0.50	15,200
	Pio Del Pilar	27,035	1.20	22,500
	San Lorenzo	10,006	2.09	4,790
	Dasmariñas	5,654	1.90	2,980
	Magallanes	5,576	1.20	4,650
Makati City		529,039	21.57 km <sup>2</sup>	24,500
Project area	Fort Bonifacio	23,144	-	-
	Western Bicutan	72,926	-	-
Taguig City		644,473	45.21	14,255
Pasay City		392,869	13.97	28,122
NCR		11,855,975	619.54 km <sup>2</sup>	19,137
Philippines		92,337,852	300,000 km <sup>2</sup>	308

出典: National Statistics Office (NSO)

地下貯留施設沿いの土地利用状況は、Buendia Ave.沿いが中低層の業務、商業、住宅の複合であるのに対して、South Superhighway 沿いは、高層ビル(住宅、業務ビル)となっている(図 7.1.3 中の写真)。土地利用計画については、Official Zoning Map (Makati City, 2013)によれば、South Superhighway および Buendia 通沿いの土地利用は主として Medium & High Density Commercial Use として計画されているほか、一部に Medium Density Residential / Mixed Use が含まれている。Taguig 市内は、Official Zoning Map (2000-2020)により South Superhighway 沿いにおいて Institutional Zone として計画されている。また、Pasay 市内においては、Zoning Ordinance (2003)により Buendia 通沿いが商業用地、Roxas 通からマニラ湾側が Planned Unit Development (計画中の複合施設利用)として示されている。

## (2) 構造物および施設立地状況

地下貯留施設沿いの主な施設としては、Makati 市内では、South Superhighway の東側に立地している Federal Hardware, Coca-Cola, Universal Motors Co.等の業務施設のほか、South Superhighway の西側には、SM Hypermarket, Cash & Carry 等の商業施設がある。Taguig 市では、軍の施設(Armed Forces of the Philippines)が立地している。また、Pasay 市内の South Superhighway 沿いでは、Villamor Golf Course, Manilad Water Supply Service (MWSS), Philippine State College of Aeronautics, および Buendia Ave.沿いでは、Philippine Trade Center, Amazing Phil. Theater 等が立地している。

また主な道路としては、地下貯留施設が位置している South Superhighway および Buendia Ave. に接続している道路として、Antonio S. Amaiz Ave. (Pasay Road), EDSA, Lawton Ave. 等がある。加えて、South Superhighway 沿いには Philippine National Railways (PNR)、EDSA 通沿いの MRT (Metro Rail Transit) Line 3、そして Roxas 通沿いの LRT Line 1 がある。

地下貯留施設沿いの主な埋設構造物としては、以下に示す構造物の基礎等がある。すなわち Roxas Boulevard Flyover、LRT Line 1, South Superhighway Flyover (Buendia)、MRT Line 3、および Metro Manila Skyway である。これらの埋設構造物の基礎の深度は、LRT Line 1 が地下約 24m であるという情報を確認している。

## (3) 公害・汚染の状況

大気質については、DENR-EMB による TSP のモニタリング結果によれば、大部分の測定データが環境基準を超過している。プロジェクト区域に最も近い Makati 市内測定地点 (South Superhighway から約 1.0km 東側) では、2004 年～2013 年の 10 年間において 128～211 $\mu\text{g}/\text{NCM}$  であり、基準値 90  $\mu\text{g}/\text{NCM}$  を大きく超えている。

環境騒音については、パッシング・マリキナ川河川改修事業 (PMRCIP) で得られているデータによれば、河川沿いの住宅地における騒音レベルは、大部分の地点において環境基準値を超えている。したがって、South Superhighway および Buendia 通沿いにおいては、道路交通の状況を勘案すれば、同様の状態か、より悪化した状態となっているものと推定される。

河川水質については、プロジェクト区域内の中小の Estero においては、水質測定が行われていないため状況は不明である。目視による確認によれば、相当程度の水質汚濁が発生しているものと推察される。貯留水の排水先となるマニラ湾は、DAO No. 1990-34 により Class SB (Coastal and Marine Waters/ Recreational Water Class I) と類型指定がなされているが、水質汚染が指摘されている。DENR-EMB の測定結果 (2013) によれば、19 の測定地点のうち総大腸菌群数、糞

尿性大腸菌群数が基準値を満足しているのは、それぞれ3地点（16%）、および1地点（5%）のみであった。DOについても、11地点（58%）のみで満足しているだけである。

#### (4) 自然環境

地下貯留施設沿いには、比較的オープンスペースが多いため、ある程度まとまった植生が分布している。例えば、Villamor Golf Course 内、軍施設内の緑地等である。また、マニラ湾沿いのオープンスペースにも草地等の植生が分布している箇所が多い。しかしそれらは、人為的な影響を受けた植生であり自然度は高くない。なお、共和国令（RA）No. 7586（1992）により規定されている保護区は、Makati、Pasay および Taguig 市内には存在していない。

#### (5) 地下水利用

前述の通り、マニラ首都圏における地下水利用については、NWRB が一元的に管理している。NWRB によれば、Makati 市、Pasay 市、および Taguig 市内において、地下水取水権を与えられている深井戸は、それぞれ 104、11 および 63 あるが（表 7.1.2 ）、NWRB Resolution No.001-0904 および No. 020-1209 により現在新たな取水権は発行されていない。

#### (6) 立坑および氾濫水呑口建設候補地の状況

発進立坑および揚水機場の候補地であるマニラ湾に面するオープンスペースは、Cultural Center of the Philippines（CCP）所有の敷地である（表 7.1.5）。現在盛土搬入等が行われている最中で、土地利用がなされていない（図 7.1.4 の写真1）。周辺地域には DPWH の車両置場、Amazing Phil. Theater 等がある。一方、到達立坑の候補地である Nichols Interchange 内のオープンスペースは私有地であり、現在土地利用がなされていない（写真2）。周辺は、東側および南側が道路、西側はゴルフ場となっている。

一方、氾濫水呑口は4か所建設する計画であり（図 7.1.4）、候補地の土地現況、所有者等については表 7.1.5 に示すとおりである。そのうち、No.4 は、政府所有地（AFP）であるが、現在約 180 世帯の不法居住者に占拠された状態となっていることを確認した。



出典: JICA 調査団

図 7.1.4 プロジェクト施設候補地位置図 (Buendia-Maricaban 区域)

表 7.1.5 プロジェクト施設候補地の土地現況 (Buendia-Maricaban 区域)

地点/施設	土地の現状	土地所有者 (政府/ 私有地)	通り(市)
発進立坑/揚水機場	オープンスペース	政府(CCP)	J. Diokno Blvd. (Pasay City)
到達立坑	オープンスペース	私有地	Nichols Interchange (Pasay City)
氾濫水呑口 No.1	苗圃/ 駐車場	政府(Makati City)	Buendia Ave. (Makati City)
氾濫水呑口 No.2	業務地	私有地(企業)	Pasong Tamo St. (Makati City)
氾濫水呑口 No.3	オープンスペース	政府(AFP: Armed Force of the Philippines)	Pasong Tamo St. (Taguig City)
氾濫水呑口 No.4	オープンスペース (不法居住者)	政府(AFP: Armed Force of the Philippines)	Lawton Ave., (Taguig City)

出典: JICA調査団

## 7.2 自然環境・社会環境への影響可能性の確認

### 7.2.1 環境影響要因の抽出および想定される環境社会影響

本プロジェクトの実施に伴う主な環境影響要因、想定される環境社会影響および被影響対象は、表7.2.1に示すとおりである。

**表 7.2.1 本プロジェクトにより想定される主な環境社会影響**

段階	影響要因	想定される環境社会影響	被影響対象
<b>1. 建設前段階</b>			
(1)	用地取得等	用地買収に伴う、事業者と土地所有者間における軋轢	事業用地の土地所有者
		被影響住民(不法占拠者を含む)の移転、およびそれに伴う移転住民の生計への影響	事業用地内の居住者
		既設インフラ、公共施設、民間施設の取り壊し移転等、それに伴う生活利便性、経済活動等への影響	インフラ・施設の管理者、施設利用者、および経済活動実施者等
		プロジェクト施設建設に伴う私有地地下の占有に起因する軋轢	トンネル掘削地点の地上部の土地所有者
<b>2. 建設段階</b>			
(1)	資機材の搬出入	搬出入車両の発生による道路交通量の増加、交通渋滞、交通事故等の発生	搬出入経路にあたる道路の利用者、および周辺地域住民
(2)	建設労働者の動員	地域住民との軋轢、公共サービス、安全、防犯上の問題の発生	プロジェクト区域周辺のLGUおよび地域住民、公共施設の管理者等
(3)	コントラクター・ベースキャンプの設立・稼働	ゴミの発生、廃水の排出等による地域衛生の悪化	ベースキャンプ周辺の LGU および地域住民等
(4)	地上部における建設作業	建設重機の稼働による排出ガス、ダストの発生、騒音・振動の発生	立坑周辺の地域住民、学校、病院等の公共施設等
(5)	シールドトンネルの掘削	トンネル掘削に伴う低周波音の発生	地下貯留施設周辺地域住民等
		トンネル掘削に伴う地盤の変状、それに伴う既設構造物等への影響	既設構造物およびその管理者、利用者および地下貯留施設周辺地域住民等
		トンネル掘削に伴う地下水水位、地下水流の変化、および地下水利用への影響	地下貯留施設周辺に立地する井戸所有者、地下水利用者等
(6)	掘削土の搬出	搬出掘削土仮置き場による影響（用地取得、悪臭等）、運搬車両による交通への影響	搬出土砂の仮置き場の周辺居住者、搬出経路にあたる道路の利用者、および周辺地域住民等
(7)	掘削土の処分	処分地の確保に伴う影響（用地取得等）、土壌汚染の可能性	処分地の土地所有者、周辺地域の施設管理者および住民等
<b>3. 運営段階</b>			
(1)	地下貯留施設内への氾濫水の流入	氾濫水流入時における騒音（水の落下に伴う騒音）の発生	氾濫水流入口周辺の地域住民等
(2)	揚水機場の稼働	揚水機場の稼働に伴う騒音、悪臭の発生	揚水機場周辺の住民等

出典：JICA調査団

## 7.2.2 環境社会影響の可能性の確認

トンネル建設においてシールド工法は、一般に周辺に及ぼす影響が比較的少ないとされているが、適切な工法で実施しないと、負の環境影響を及ぼすことがある。前節で述べた環境社会影響の可能性について以下に検討する。

### (1) España-UST 区域

#### 1) 建設前段階

建設前段階において想定される環境社会影響としては、用地取得に伴う住民移転や既設構造物や施設の移転等が考えられる。

##### a) 用地取得に伴う事業者・土地所有者間等の軋轢

本プロジェクトにおいては、SM City San Lazaro北側の発進立坑建設地点、氾濫水呑込口建設地点、パング川河岸の到達立坑および揚水機場建設地点の用地取得を行う必要がある。DPWHが事業者となるプロジェクトについては、RA 8974 (2000)およびLand Acquisition, Resettlement, Rehabilitation and Indigenous Peoples Policy (LARRIPP) (2007) 等に基づいて用地取得交渉がなされる。用地取得交渉において、私有地を対象とする場合は、買収価格に関して利害が対立するため、事業者と土地所有者の間に軋轢が生じる可能性がある。買収価格に折り合いがつかない場合は、最終的に裁判所が提示した金額に基づく強制収用がなされることになる。現時点で私有地を対象として用地取得を行う必要があるのは、発進立坑建設地点、および氾濫水呑込口建設地点3か所（合計4か所）である。

##### b) 住民移転およびそれに伴う移転住民の生計への影響

現時点で、立坑候補地において不法居住者（ISF）を含めて居住者は確認されておらず、ISFの移転およびそれに伴う影響は発生しない。一方、氾濫水呑込口No.2地点においては、不法居住者は確認されていないものの、住宅地となっているため用地取得、建物への補償等が必要である。これらの手続きはRA 8974 (2000)およびLARRIPP (2007) 等に基づいて実施することになる。しかし、それが適切に行われなかった場合、被影響住民（PAPs）の生計、経済活動等への影響が及ぶ可能性がある。

##### c) 既設構造物、公共施設等の取り壊し・移設等に伴う影響

現時点で、立坑候補地において使用されている構造物、公共施設等は存在していない。したがって、既設構造物・施設等の取り壊し・移設の必要性はなく影響は発生しない。ただし、立坑候補地内には、リサイクル用廃品や使用されていない構造物等があるため、これらの撤去が必要である。

一方、氾濫水呑込口候補地においては、No.1 (D) 地点において、現在使用されていない建物があるため、地点(D)を選定する場合は、既設建物の撤去が必要である。また、同様にNo.1 (C) 地点はガーデンとして利用されており、敷地内には植物が生育しているため、地点(C)を選定する場合は、DENR等による査定に基づき、植物に対する補償を行う必要がある。

##### d) 地下貯留施設建設を私有地地下で実施する場合の補償金支払に起因する軋轢

「マニラ首都圏における排水施設整備に係る調査」（国交省ミッション現地調査報告書、平成27年9月）によれば、「トンネル建設のために私有地地下を利用する場合、その上部に

ある土地所有者に対して補償金を支払うことになると考えられる」ことが確認された。España-UST区域においては、発進立坑からLacson 通に至るFelix Huertas通、およびLacson 通からAceite 通へ至る屈曲部において、私有地地下を占有することとなり、地上部分の土地所有者への補償が必要になると考えられる。それに伴い、補償に関して事業者と土地所有者間における軋轢が生じる可能性がある。

## 2) 建設段階

建設段階における影響要因および想定される環境社会影響は、多岐にわたっている。それらは主に公害の発生による生活環境の悪化、地盤・地下水への影響、および地上への伝搬、あるいは汚染の発生等の影響である。以下、建設段階における影響の可能性について検討する。

### a) 建設資機材の搬出入に伴う道路交通への影響

本プロジェクトにおいて必要な建設機材としては、建設重機としてシールドマシン（トンネル掘削機）のほか、一般的な重機（杭打機、クレーン、バックホウ、クラムシェル等）、および換気設備等が挙げられる。また主たる建設資材としては、シールドトンネル覆工用のセグメントが挙げられる。

覆工用セグメントについては、トレーラーによる搬入とし、1日当たりの掘進量に基づく掘進に必要なセグメント数（8）、リング分割数（10または13）、および1台当たりの積載可能セグメントピースの数（2）に基づいて発生車両台数を予測すると、下記のとおり最大で52台/日（全貯留後排水の場合）または40台/日（早期排水の場合）と予測される。

- ・ ケース1（全貯留後排水）：車両台数（台/日）＝  $8 \times 13 / 2 = 52$  台/日
- ・ ケース2（早期排水）：車両台数（台/日）＝  $8 \times 10 / 2 = 40$  台/日

資機材の搬入車両は覆工セグメント搬入用だけでなく、他の建設作業に用いられる建設重機や資材の搬入および建設労働者の通勤等に必要な車両も発生するため、道路交通への影響は小さくないと考えられる。また、搬入に伴う交通事故発生の可能性が生じることは否定できない。したがって次の調査段階において、搬入ルートにおける交通量の実態を調査し、建設作業時における交通管理計画を策定する等の対策が必要である。

### b) 建設労働者の動員に伴う影響

本プロジェクトに必要な建設労働者は、SkilledとNon-Skilledに分けられる。労働者の雇用に当たっては、共和国令RA 6685（1988）に基づいて、Skilled Workerについては最低30%以上、Non-Skilled Workerについては最低50%以上、地域住民からから雇用する必要がある。これにより、プロジェクト区域内への非居住労働者の流入が抑制されるため、人口増加に伴う地域の公共施設等を圧迫する可能性は小さいと考えられる。

### c) コントラクター・ベースキャンプの設立・稼働に伴う影響

建設コントラクターが設立するベースキャンプ（事務所・宿舍を含めた複合施設）では、ゴミ（固形廃棄物）の発生、廃水の排出等が想定され、それに伴う衛生面や美観への悪化が生じる可能性がある。これらの影響への対策としては、事業者とコントラクター間の契約書において衛生、環境汚染の防止を規定すること、建設工事開始時に作成する建設コントラクター環境プログラム（CCEP）に、環境・衛生面の保全義務を規定し、施工監理（C/S）

コンサルタントがモニタリングすることにより最小化することができることから、影響の可能性は小さいと考えられる。

d) 立坑等建設時における建設重機の稼働に伴う公害の発生

立坑や氾濫水呑口等、地上で行う建設工事において、重機の稼働に伴う排気ガスの発生、ダスト（ほこり）の発生、建設作業騒音・振動の発生が考えられる。またプロジェクト施設の構造にも拠るが、杭打機の稼働も想定されることから、発生する騒音・振動は小さいものと考えられる。立坑候補地周辺には住宅や学校があることから、対策を講じなかった場合には、影響が大きくなる恐れがある。

e) トンネル掘削工事に伴う低周波音の発生

低周波音とは、日本騒音制御工学会により「可聴域の低域を含んだ1~80Hz以下の低周波の音」と定義されており、頭痛や吐き気等の生理的症状のほか、圧迫感等の心理的症状を引き起こすことが指摘されている。

シールドトンネル建設に関する低周波音としては、換気用送風機、汚泥処理プラントで使用する「振動ふるい」、真空ポンプの稼働等に伴い発生することが考えられる。これらに対しては、防音ハウスの設置、送風機についてはサイレンサーの設置等により発生を抑えることが可能であるが、真空ポンプからの低周波音については、発生源対策が難しい場合もあることから、周辺地域への影響の可能性は否定できない。

f) トンネル掘削に伴う地盤変状等への影響

トンネル掘削時に発生する環境影響としては、シールド掘削先端部（切羽）における地盤変状の可能性、およびそれに伴う地下構造物への影響が考えられる。一般に、地盤変状の範囲は地盤条件によって異なり、より軟弱な地盤ほど変状の範囲が大きくなる。España-UST区域における地下構造物としては、Lacson通上のフライオーバーの基礎があり、杭の深度は計画中のものを含めると、最深地下約25m程度である。現時点の計画では、埋設構造物(基礎)からトンネルの天端までの余裕高(クリアランス)は、トンネルの直径(D)以上としている。今後地質調査を行い、その結果に基づいて詳細な解析を行った上で設計していく必要がある。

さらに、トンネル標準示方書〔シールド工法〕(2006)によれば、トンネル掘削時において泥水式シールド工法を採用した場合の逸泥、圧気工法を採用した場合の噴発、酸欠空気の拡散等の可能性もある。

トンネル掘削に伴う地盤の変状の可能性は、環境影響であると同時に施工技術の問題でもあり、地盤条件に基づき必要な対策を講じることにより影響を回避すべき問題である。したがって、地盤条件が明らかとなった時点でそれに基づいて必要な対策を講じていくことにより、影響の可能性を回避することができると考えられる。

g) トンネル掘削に伴う地下水への影響

トンネル掘削時に発生すると考えられる地下水への影響としては、トンネル掘削時に切羽部分からの地下水流入による地下水位の低下、トンネル構造物による地下水の流れの遮断、およびそれらによる地下水利用への影響が考えられる。この場合、シールド掘削部の深度と地下水帯水層と一致した場合、トンネル内へ地下水が大量に流入することも考えられ、単に地下水位の低下を引き起こすだけでなく、人身事故につながることもある。また、

施工時において地盤改良が必要となる場合の薬液や裏込め充填剤等の逸泥に伴う地下水汚染が発生する可能性もある。しかし現時点で、シールドトンネルと地質条件および地下水帯水層の深度との関係に関するデータが得られていないため、影響の可能性について具体的に議論することは難しい。次の調査段階において、地下水位、間隙水圧等を含めた地質調査を実施した上で必要な対策を検討していく必要がある。

地下水位の低下、地下水流の遮断等に伴う地下水利用への影響については、7.1節で述べたとおり、マニラ首都圏では、National Water Resources Board (NWRB) が、地下水利用に関する取水権 (Water Permit) を管轄しているが、現在新たな取水権は発行していないものの、既存の井戸においては地下水利用がなされている。次の調査段階においては、トンネル周辺区域において、浅井戸を含めた井戸の揚水実態調査および利用している地下水帯水層等について明らかにし、本プロジェクトによる地下水利用への影響の可能性および必要な対策を検討する必要がある。

#### h) 掘削土の搬出に伴う影響

掘削土の搬出に伴う交通への影響の可能性については、上記a)と同様と考えることができる。ただし、掘削土の搬出をトラックによる搬出とし、1日当たりトンネル掘進量 (8.36 mまたは10.78m)、トンネル断面積 (269.966m<sup>2</sup>または175.538m<sup>2</sup>)、トラック積載量 (10t)、運搬可能時間 (昼間の12時間)、掘削土の単位体積重量 (1.8t/m<sup>3</sup>) と想定した場合、発生台数は下記のとおり、最大で204台/日 (全貯留後排水の場合) または171台/日 (早期排水の場合) と予測される。

- ケース1 (全貯留後排水) :

$$\text{車両台数 (台/日)} = 269.966\text{m}^2 \times 8.36\text{m} / 2 / (10/1.8) = 203.1 = 204 \text{ 台/日}$$

- ケース2 (早期排水) :

$$\text{車両台数 (台/日)} = 175.538\text{m}^2 \times 10.78\text{m} / 2 / (10/1.8) = 170.3 = 171 \text{ 台/日}$$

1日最大204台 (全貯留後排水の場合) の大型車両の付加による道路交通への影響は小さいと考えられ、また、搬入に伴う交通事故発生の可能性が生じることは否定できない。したがって、次の調査段階において、搬入ルートにおける交通量の実態を調査し、建設作業時における交通管理計画の策定・執行等の対策が必要である。

一方、掘削土の搬出に伴う影響として、仮置き場の確保に伴う土地取得の影響が考えられる。仮置き場の主な目的としては、トンネル内から掘削土の除去が必要であること (施工性の確保等)、および、掘削土の乾燥である。仮置き場の確保に伴う土地取得については、土地の借用による場合を含めて、前節で述べたとおり、事業者 (またはコントラクター) と土地所有者との間の用地交渉において軋轢が発生する可能性がある。また、仮置き場における環境影響としては、水分の多い掘削土砂からの悪臭の発生、都市景観の悪化等が考えられる。

#### i) 掘削土の処分に伴う影響

掘削土の処分のためには、まず最終処分地の確保が必要となる。トンネル掘削に伴う発生土量 (立坑および呑口建設に伴う土量を除く) は、前貯留後排水の場合約945,000m<sup>3</sup>、または早期排水の場合約614,000 m<sup>3</sup>と想定される。最終処分地の候補地としては、マニラ湾沿岸のオープンスペース、沿岸地の埋め立て、ラグナ湖沿岸地域等が考えられるが、

Philippine Reclamation Authority (PRA) からの情報収集結果によれば、フィリピン港港湾区域で進めている埋め立て事業地 (Baseco Reclamation Area) が、処分地の候補地として挙げられる。PRAによれば、候補地はマニラ港港湾地区内にあり、パシグ川河口の南側に位置している。埋め立て区域は20haの計画であり、埋め立て後はNational Housing Authority (NHA)による住宅開発を予定している。

本プロジェクトでの掘削土をPRAが進める埋め立て事業地に最終処分するには、掘削土の化学的特性に問題がないこと (土壌汚染等がないこと) および掘削土を無償で提供すること等の条件が必要であるが、それらをクリアすることができれば、処分地確保の問題は解決されることと考えられる。

掘削土の汚染の可能性としては、自然起源によるもの、および人為的な汚染によるものに分けられる。自然起源の典型的なものは、泥岩地域における高濃度ヒ素の問題である。また、人為的汚染としては、近隣の工場等からの有害物質や廃油等の流入による汚染がある。いずれも、施工前にトンネル掘削予定地周辺の地歴調査、地下貯留施設における土の採取による汚染の有無、程度等について調査し、DAO No.2013-22に規定されている危険廃棄物の基準に基づいて評価する必要がある。

### 3) 運営段階

運営段階における影響要因および想定される環境社会影響としては、地下貯留施設内への氾濫水の流入時における、水の落下に伴う騒音、揚水機場の稼働に伴う騒音・悪臭の発生等が考えられる。以下、運営段階における影響の可能性について検討する。

#### a) 地下貯留施設内への氾濫水の流入に伴う騒音 (水の落下音) の発生

何の対策も実施しない場合、氾濫水呑口において数十mの高さ (地表) から地下貯留施設内へ水が落下することになり、衝撃音が発生し周辺地域住民に騒音の影響が及ぶことがある。これに対しては、呑口の入り口部分に防音設備等を設置することにより、衝撃音が周辺に伝搬するのを最小化していくことが可能である。この対策により、本プロジェクトにおける騒音の影響の可能性は小さくなるものと考えられる。

#### b) 揚水機場の稼働に伴う公害の発生

地下貯留施設内に流入した氾濫水を排水するために、揚水機場において排水ポンプの稼働に伴う騒音が発生する。特にポンプの電源としてディーゼル発電機を使用する場合は、騒音の程度が大きくなる。この騒音は揚水機場の規模、被影響対象までの距離にもよるが、何の対策も施さない場合は、周辺地域の生活環境への影響が生じる可能性がある。それに対しては、揚水機場の建屋に防音対策を行うことにより影響程度を小さくすることが可能である。

また揚水機場の稼働に伴う影響として悪臭発生が挙げられる。悪臭の発生は調査期間中における排水機場の視察 (2015年10月17日) の際にも確認された。しかし本プロジェクトでは揚水機場に脱臭設備を設置することにより (第4章参照)、影響の程度は小さくなるものと考えられる。

## (2) Buendia-Maricaban 区域

### 1) 建設前段階

建設前段階における影響要因および想定される環境社会影響は、España-UST 区域と基本的に同様である。以下、影響の可能性について検討する。

#### a) 用地取得に伴う事業者・土地所有者間等の軋轢

España-UST区域と同様の影響の可能性が考えられる。Buendia-Maricaban区域においては、到達立坑建設地点、氾濫水呑込口建設地点、およびマニラ湾沿岸の発進立坑および揚水機場建設地点の用地取得を行う必要があるが、これらの施設候補地のうち、氾濫水呑口No. 2 地点および到達立坑地点は私有地であるため、用地取得交渉において事業者と土地所有者の間に軋轢が生じる可能性があり、最終的に強制収用につながる場合がある。

#### b) 住民移転およびそれに伴う移転住民の生計への影響

プロジェクト施設候補地内の氾濫水呑込口No.4地点（Maricaban 左支流）において不法居住者が確認されている。不法居住者は現地での情報収集結果によれば、約180世帯ということであり、居住者の移転に伴う生計、経済活動等への影響が予想される。ところで、この氾濫水呑み口No.4地点は、フィ国軍の所有地内に位置している。この区域におけるIFS移転計画について、Taguig市（City Planning and Development Office）は、軍施設内のISFの移転に関しては市の管轄外であり軍側で移転対策を実施すべきである、との見解であるのに対して、軍側は、ISFについては行政側の管轄である、との見解であった。したがって、本地点におけるISFの移転に関しては、責任主体を明確にするとともに、必要に応じてTaguig市と軍の間における調整を促すことにより、スムーズな住民移転につなげていく必要がある。

#### c) 既設構造物、公共施設等の取り壊し・移設等に伴う影響

現時点で、立坑候補地において使用されている構造物、施設等は存在していない。したがって、既設構造物・施設等の取り壊し・移設等の必要性はなく影響は発生しないと考えられる。呑込建設候補地においては、No. 1 地点内に既設の建物および植物があり、これらの取り壊し・補償が必要となる。また、No.2地点は私有地であり業務施設が立地しているため、取り壊し・補償が必要である。

#### d) トンネル建設を私有地地下で実施する場合の補償金支払に起因する軋轢

España-UST区域と同様、私有地地下利用に対する補償に関して事業者と土地所有者間における軋轢が生じる可能性がある。なお、Buendia-Maricaban区域において私有地地下を利用する必要があるのは、Buendia Ave.の一部（Makari市内の区間）からSouth Superhighwayへ至る区間である。

### 2) 建設段階

#### a) 建設資機材の搬入に伴う道路交通への影響

España-UST区域と同様の影響の可能性がある。同様の算定方法により、1日当たりの覆工用セグメントの搬入車両台数を予測すると、下記のとおり最大で48台/日（貯留後排水の場合）または36台/日（同時排水の場合）と予測される。

- ケース1（貯留後排水）：車両台数（台/日）＝  $8 \times 12 / 2 = 48$  台/日

- ケース2（同時排水）：車両台数（台/日）＝  $8 \times 9/2 = 36$  台/日

この台数はEspaña-UST区域における台数よりは少ないが、1日最大48台（貯留後排水の場合）の大型車両の付加による道路交通への影響は小さくないと考えられるため、搬入ルートにおける交通量の実態を調査し、建設作業時における交通管理計画を策定する等の対策が必要である。

b) 建設労働者の動員に伴う影響

España-UST区域と同様であり、影響の可能性は小さいと考えられる。

c) コントラクター・ベースキャンプの設立・稼働に伴う影響

España-UST区域と同様であり、影響の可能性は小さいと考えられる。

d) 立坑等建設時における建設重機の稼働に伴う排気ガス、ダスト、騒音・振動等の発生

España-UST区域と同様の影響の可能性が考えられる。しかし、立坑提案場所の周辺に住宅地や静穏を要する施設は立地していないことから、周辺住民への影響の程度は小さいと考えられる。

e) トンネル掘削工事に伴う低周波音の発生

España-UST区域と同様であり、影響の可能性があると考えられる。

f) トンネル掘削に伴う地盤変状等への影響

España-UST区域と同様である。トンネル掘削に伴う地盤等への影響は、環境問題でもあるが施工技術の問題でもあり、現場の状況に合わせた適切な工法と対策により影響の可能性を回避することができると考えられる。

g) トンネル掘削に伴う地下水への影響

España-UST区域と同様であり、今の調査段階において、帯水層および地下水利用の実態調査を行い、その結果に基づき対策を検討する必要がある。

h) 掘削土の搬出に伴う影響

España-UST区域と同様の影響の可能性が考えられる。ただし、搬出トラックの台数については、1日当たりトンネル掘進量（8.25mまたは10.27m）、トンネル断面積（249.685m<sup>2</sup>または161.731m<sup>2</sup>）、トラック積載量（10t）、運搬可能時間（昼間の12時間）、掘削土の単位体積重量（1.8t/m<sup>3</sup>）と想定した場合、下記のとおり、最大で186台/日（全貯留後排水の場合）または150台/日（早期排水の場合）と予測される。

- ケース1（全貯留後排水）：

$$\text{車両台数（台/日）} = 249.685\text{m}^2 \times 8.25\text{m} / 2 / (10/1.8) = 185.4 = 186 \text{ 台/日}$$

- ケース2（早期排水）：

$$\text{車両台数（台/日）} = 161.731\text{m}^2 \times 10.27\text{m} / 2 / (10/1.8) = 149.5 = 150 \text{ 台/日}$$

この台数はEspaña-UST区域の場合よりは少ないが、1日最大186台（全貯留後排水の場合）の大型車両の付加による道路交通への影響は小さくないと考えられ、次の調査段階において、搬入ルートにおける交通量の実態を調査し、建設作業時における交通管理計画を策定する等の対策が必要である。

i) 掘削土の処分に伴う影響

España-UST区域と同様であり、最終処分地の確保の問題が生じることとなる。Buendia-Maricaban 区域においてトンネル掘削に伴う発生土量（立坑および呑口建設に伴う土量を除く）は、前貯留後排水の場合約1,798,000m<sup>3</sup>、または早期排水の場合約1,164,000 m<sup>3</sup>と推定される。今後、PRA等との調整による処分地の確保、土質調査・化学分析の実施による掘削土の化学特性の評価（汚染の有無等）により、必要な対策を明らかにしていく必要がある。

3) 運営段階

運営段階における影響要因および想定される環境社会影響としては、地下貯留施設内への氾濫水の流入時における、水の落下に伴う騒音、揚水機場の稼働に伴う騒音・悪臭等が考えられる。影響の可能性についてはEspaña-UST区域と同様であり、影響の可能性は小さいものと考えられる。

### 7.3 排水施設整備案に必要な環境影響評価手続きの確認

#### 7.3.1 フィ国環境影響評価システムに係る根拠法令

フィ国では、環境に負の影響を及ぼす恐れのあるプロジェクトまたは事業は、環境アセスメント（EIA）を実施する必要がある。フィ国環境影響評価システム（PEISS）は、1977年に、フィリピン環境ポリシーの名で知られている大統領令（PD）No. 1511によって制度化されたのが発端である。それは、提案されたプロジェクトや事業については、環境に重大な負の影響を及ぼす恐れがある場合、環境影響評価書（EIS）を準備する必要があることを規定している。その翌年、大統領令（PD）No. 1511によって規定されたPEISSは、PD No. 1586によって正式なものとなった。

フィ国環境影響評価システムは、環境上重大な影響を及ぼすプロジェクト（ECPs）および環境上重要な地域（ECAs）に立地しているプロジェクトに対して適用される。ECPとECAは、大統領宣言（PP）No.2146（1981）及び同No. 803(1996)に、それぞれ定義および記載されている。環境影響評価制度の施行を強化する目的で、フィ国天然資源省は、1996年に環境天然資源省令 No.37（DAO No.96-37）を發布した。それは、行政命令（AO）No.42（2002）およびDAO No. 03-30（2003）によって部分的に修正され簡略化された。2011年11月には、天然資源省環境管理局から覚書（EMB MC 2011-005）が発行され、環境影響評価における要求事項を簡素化するとともに、環境影響評価制度の中に、気候変動への適応や災害リスク軽減の側面を取り入れた。2014年には、別の覚書（EMB MC 2014-005）によって、スクリーニングと必要事項の標準化がなされた。

#### 7.3.2 スクリーニング

プロジェクトや事業に対するフィ国環境影響評価制度の適用については、DAO No.03-30によって規定されており、その修正マニュアル（2007）によって詳細が定められている。その後、2014年に覚書（EMB MC 2014-005）によって、PEISSのスクリーニングと要求事項のガイドラインが示された。EMB MC 2014-005の第1節は、提案されたプロジェクトや事業は、次のカテゴリーに基づいてスクリーニングされることを規定している。

カテゴリーA：環境上重大な影響を及ぼすプロジェクト（ECPs）と分類されるプロジェクトや事業；  
カテゴリーB：ECPsには分類されないが、環境上重要な地域（ECAs）に立地しているという理由で、

環境質への重大な影響が生じるとみなされるプロジェクトや事業；

カテゴリーC：カテゴリーAまたはBには分類されず、環境質の改善を意図している、または、発生している環境問題に直接的に対処するプロジェクトや事業； および

カテゴリーD：スクリーニング・ガイドラインに規定されているパラメータから、環境質へ重大な影響を及ぼすことがないと見なされるプロジェクトや事業

カテゴリーA、またはBに分類されるプロジェクトの事業者は、環境応諾証明書（ECC）を取得する必要がある。環境改善を意図する、または、環境問題に対応するプロジェクトの事業者は、ECCを取得する必要はないものの、DENR-EMBにプロジェクト記述書（PD）を提出し、カテゴリーCに該当していることを確認する必要がある、それによってEMBから非該当証明書（CNC）が発行される。カテゴリーDの事業者は、DENR-EMBへ提出すべき資料はない。しかし、EMBから非該当証明書（CNC）を取得するためには、EMB MC 2014-005に添付されている形式的プロジェクト記述書を提出する必要がある。

本プロジェクトについては、EMB MC 2014-005の付属書Aの「3. インフラストラクチャープロジェクト」が該当している。しかしながら、付属書Aに記述されているトンネル建設プロジェクトは、目的が「3.4 道路・橋梁」の場合であり、「洪水防御」の欄には、トンネル建設事業の記述がない。そのためJICA調査団は、DENR-EMBのEIA管轄部署の見解を確認した。その結果、「当該トンネル建設の目的に照らし合わせると、本プロジェクトは洪水防御プロジェクトに該当するため、Category B：Non-ECPに該当する（表 7.3.1）。本プロジェクトにおけるトンネルの貯留量が500万m<sup>3</sup>未満であることから、ECCを取得するために必要な書類は、Initial Environmental Examination (IEE) チェックリストである。」との見解であった。さらに、複数のトンネル建設計画がある場合は、それぞれ個別にIEEチェックリストを準備する必要があるとの回答を得た。

表 7.3.1 PEISSに基づく洪水防御プロジェクトに係るスクリーニング

Projects/ Description	Covered (Required to secure ECC)			Not covered	Project size parameters / Remarks
	Category A: ECP	Category B: Non-ECP		Category D	
	EIS	EIS	IEE Checklist	PD	
<b>3. Infrastructure Projects</b>					
3.1.1 Dams, Water Supply and Flood Control Project	≥ 25 ha OR ≥ 20 million m <sup>3</sup>	< 25 ha, > 5 ha OR < 20 million m <sup>3</sup> , > 5 million m <sup>3</sup>	≤ 5 ha AND ≤ 5 million m <sup>3</sup>	None	Reservoir flooded/ inundated area and/or water storage capacity

出典: DENR-EMB MC 2014-005 (Extraction)

しかしながら、本プロジェクトにおけるコンポーネントには、トンネル建設だけでなく揚水機場の建設および掘削土の処分等も含まれている。さらに、本プロジェクトは内水氾濫のリスクを軽減する「環境問題に対処するプロジェクト」に該当するとも考えられ、その場合はECCを取得するためのEIAは要求されないこととなる。

これらの点を含めて本プロジェクトのEISスクリーニングについて再度EMBの見解を質した。その結果、「本プロジェクトは、基本的に『環境問題に直接的に対処するプロジェクト』であり、上記カテゴリーCに該当するものと考えられる。しかし、複数のコンポーネントが含まれていると考えられることから、事業者であるDPWHは施設計画内容が固まった段階でプロジェクト記述書を提出する必要がある、それに基づいてDENR-EMB内部で検討しEISに関する必要事項を決定する」との見解を確認した。

### 7.3.3 スコーピング

7.2節での検討結果に基づき、スコーピングおよび次の段階で必要となる調査・検討内容について表 7.3.2に示した。

表 7.3.2 スコーピング及び次の段階における調査・検討内容の確認

環境項目	評価結果	評価の説明	次段階における調査・検討内容	
汚染対策	大気汚染	B-	工事中における建設機械の稼働、工事用車両の走行に伴う排気ガスや埃の発生が考えられる。	プロジェクト区域における環境大気質の現状、プロジェクト実施に伴う排出ガス等の影響の程度
	水質汚濁	D	揚水機場からの排水は、雨水が集積した氾濫水であり、基本的に雨水排水と同様であることから新たな水質汚濁は発生しない。	排水先水域の水質の現状（一般情報として）
	廃棄物	B-	建設作業に伴う建設廃棄物の発生およびトンネル掘削に伴う掘削土の発生がある。	プロジェクト実施に伴う廃棄物および掘削土量の予測、処分計画の策定
	土壌汚染	C-	掘削土に重金属汚染等があった場合は、処分地周辺において土壌汚染の可能性はある。	トンネル掘削地点における土質の汚染状況の有無、程度に関する調査・化学分析（TCLP試験等）
	騒音・振動	B-	立坑等地上部における建設作業に伴う騒音・振動の発生、トンネル掘削に伴う低周波音の発生、および運営段階における揚水機場の稼働等に伴う騒音の発生が考えられる。	地上部建設作業区域周辺の環境騒音・振動の現状、建設作業・振動、低周波音の程度の予測、運営時の揚水機場稼働による騒音の程度等
	地盤変状	C-	トンネル掘削に伴う地盤変状の可能性、およびそれに伴う埋設構造物への影響の可能性はある。	ボーリング調査・土質試験等による地盤調査、埋設構造物インベントリー調査、施工技術に基づく地盤変状の可能性の検討
	悪臭	C-	運営段階における揚水機場の稼働に伴い悪臭が発生する可能性がある。	類似施設（既存揚水機場）に基づく悪臭発生の可能性の検討
自然環境	地形・地質	B-	トンネル掘削による地質の改変がある。	ボーリング調査・土質試験等による地盤調査、施工計画に基づく地質の改変程度
	地下水	C-	トンネル掘削に伴う地下水位や地下水流への影響の可能性はある。また、泥水や薬液等を使用する場合は、地下水汚染の可能性はある。	ボーリング調査、既存資料等に基づく地下水位調査、プロジェクト周辺井戸分布、地下水利用実態調査
	水象	D	本プロジェクトの実施により集水域を変更することはない、河川流量等が増加することはない。	放流先水域の水象に関する情報（水位、流量等、計画に必要な情報として）
	陸生動植物	D	プロジェクトの実施に伴う植生の除去・生息域の改変等は発生しない。	プロジェクト区域周辺の陸生動植物の現状（一般情報として）
	水生生物	D	プロジェクトの運営段階における揚水機場での排水は基本的に雨水排水と同様であり、排水先の水生生物へ新たな影響はない。	排水先水域における水生生物の現状（一般情報として）
	サンゴ礁/マングローブ林	D	本プロジェクト区域および排水先にサンゴ礁やマングローブ林は存在しない。	-

環境項目	評価結果	評価の説明	次段階における調査・検討内容	
保護区	D	プロジェクトおよび周辺区域に保護区は設定されていない。	プロジェクト区域周辺における新たな保護区設定の有無	
社会環境	用地取得・住民移転	C-	用地取得が必要となる。また、施設候補地の一部に不法居住者が存在するため、住民移転が必要となる。	プロジェクト施設計画等に基づく必要な用地取得の確認、ISFsの確認、住民移転計画、RAPの策定等
	土地利用	D	プロジェクト施設計画は、LGUの土地利用計画に反するものではない。	今後策定される土地利用計画等行政計画の内容
	地域経済・雇用・生計	C-	移転が必要な住民の雇用・生計への影響が考えられる。	移転住民を対象とした社会経済調査、RAPの策定等
	社会インフラ・サービス	D	域外からの建設労働者の大量動員が法令により制限されるため、影響の可能性は小さい。	施工計画に基づく建設労働者の雇用・動員数等の予測
	交通	B-	建設資材の搬入、掘削土の搬出に伴う道路交通、交通事故等への影響がある。	工事関係車両の搬出入計画（ルート設定）、現況交通量調査、施工計画に基づく付加交通量の予測等
	その他の社会影響	C-	現時点において、その他の社会影響を推定するデータ・情報が十分に収集・確認されていない。	その他の社会環境項目に関する現状調査、事業計画に基づく社会環境への影響予測

A+/-: 重大な正または負の影響が予測される。

B+/-: ある程度の、正または負の影響が予測される。

C+/-: 影響の有無およびその程度が不明である（更なる検討が必要であり、影響は調査の進捗が進むにつれて明らかとなる）。

D: 影響はないと予測される。

出典: JICA 調査団

## 7.4 土地取得と住民移転計画に係る政策および現状確認

### 7.4.1 土地取得、住民移転および不法居住者に係る根拠法令

#### (1) フィリピン憲法

住民移転政策に関する基本的な根拠法は、1987年フィリピン憲法の、次の条項に包含されている。

- 条項 III, 第9節: 私有財産は正当な補償なくして公共利用のため収用されることはない。
- 条項 III, 第11節: 貧困であることを理由に、何人も、裁判所または司法機関への訴え、および適切な法的支援を受けることを否定されない。
- 条項 XIII, 第10節: 都市または地方の貧困な居住者は、合法的、人道的な方法によるものを除いて、立ち退きまたは居住地の取り壊しが行われることはない。また移転者および移転対象地の地域住民への適切な相談・協議なしに、住民移転を実施することはない。

#### (2) フィリピン水法 (PD 1067, 1976)

この法律は、その第51条において河川区域を以下の通り管理している。すなわち、河川沿岸および海域や湖沼の沿岸は、その全域のほか、都市域においては境界から3mの範囲、農地においては20mの範囲、また森林区域においては40mの範囲は、公共利用のための Easement が設定される。この Easement の区域においては、何人もいかなる種類の構造物を建設し、またはレクリエーション、航行、遊泳、フィッシング、またはサルベージのために必要な時間以上滞在することは許されない。

(3) 都市開発・住宅法 (UDHA) (RA7279, 1992)

この法律は、地方政府に対して、中央政府の支援のもと、都市開発・更新、社会的・経済的困窮者、ホームレス等への配慮等を行うことを規定している。また、不法居住者の立ち退きや彼らの居住地の取り壊しの手続き・ガイドラインについて定めているとともに (第 28 節)、住民移転についても規定している (第 22、23 および 29 節)。

(4) 国家インフラストラクチャーおよびその他の目的のための ROW の取得の促進に係る法律 (RA 8974, 2000)

この法律は、インフラストラクチャーの建設のために必要な ROW、プロジェクト区域や移設のための不動産の取得を促進することを目的としており、その方法として、寄付、買収交渉、土地の没収または他の方法が規定されている (法第 3 節)。また、この法令およびその施工規則 (IRR) によって、プロジェクト用地、既設の建物や構造物の評価査定方法についても定めている (第 5 節)。

(5) DPWH 土地取得、住民移転、リハビリテーションおよび先住民に係る政策 (LARRIPP)

土地取得、住民移転、リハビリテーションおよび先住民に係る政策 (第 3 版、2007) は、DPWH のインフラストラクチャープロジェクトによって必要な土地取得、非自発的住民移転を司る指針とガイドラインについて規定している。特に LARRIPP は、移転に対する(1) 適格性、(2) 影響の重大性、(3) 補償を受ける権利、および(4) パブリック・コンサルテーションと住民参加について定めている。

(6) 不法居住者 (ISF) に対する国家プログラム

フィ国政府は、国家レベルにおいて都市開発・住宅法 (UDHA) に規定している不法居住者の地位を法的に保全するための対策を実施している。国家住宅局 (NHA) は、都市内 (in-city) および都市外(off-city)の移転地を ISFs へ供給した。コミュニティー抵当プログラム (CMP) では、社会住宅融資公社 (SHFC) の融資制度を利用して、ISF が住宅を所有することを許可した。これらの住宅プログラムが所有権の保証に対応しているのに対して、危険地域に居住している ISF を対象とした対策は最近まで実施されていなかった。しかし、2009 年台風 Ondoy の後、社会福祉開発省 (DSWD) は、災害の犠牲者に対する住宅援助を行うことを決定した。

危険区域に居住する ISF に対する住宅供給が行われていなかったことから、政府は、500 億ペソの資金を、ISF の危険区域から安全な場所への移転費用として用意した。2011 年から 2016 年の 5 か年に毎年 100 億ペソの資金を配分し、河川沿岸、Estero、および他の水路の危険区域居住者の移転費用として使用した。この施策は 2011-2016 のフィ国開発計画を支援するものであり、特にその開発計画のアジェンダ 16 で述べている「自然災害に対する地域住民の適応と回復」を達成するために必要な対策であると認識されている。さらにこの施策は、マニラ首都圏洪水防御マスタープランおよびマニラ湾クリーンアップに関する最高裁判所執行令 (Supreme Court Mandamus) (SC. Gov. Ph. 2011)」にも寄与するものである。<sup>1)</sup>

さらに政府は、ISF の移転を促すため、500 億ペソの資金 (前述) の一部を活用し、Oplan Likas Program を執行した。このプログラムは、移転先の不足を補うこと等を目的として Department of the Interior and Local Government (DILG) が DSWD と連携して実施しているもので、一世帯当た

り PhP.18,000 の移転費用を支援することで ISF の移転を促進する狙いを持っている。対象地域はマニラ首都圏内の 8 つの河川沿いの危険区域であり、その中に Maricaban 川が含まれている。

(出典<sup>1)</sup> : Housing subsidies as a viable alternative in solving problems of informal settlements in danger zones, Asia Pacific Sociological Association (APSA) Conference, 2014)

#### 7.4.2 プロジェクト区域に係る土地取得、住民移転の現状確認

##### (1) Manila 市プロジェクト区域周辺における ISF および移転状況の確認

Manila 市へのヒアリングによれば、マニラ首都圏洪水防御マスタープランおよびマニラ湾クリーンアップに関する最高裁判所執行令（前節参照）に基づいて、市内の河川沿いの危険区域を優先的に不法居住者の移転に取り組んでいることを確認した。また、España-UST 区域において ISF による占拠・居住地は分布していない、ことを確認した。

不法居住者の移転が進む一方、危険区域に残されている不法居住者もいる。Pasig 川沿いの排水機場への現地調査（2015 年 10 月 17 日実施）によれば、Quiapo Pumping Sta.の付近において、Pasig 川へ流入する Estero(Estero de San Migue)の下流域に ISF の居住区があり、Estero の左岸側が占拠されていることを確認した。また、Estero 内およびその周辺には、ISF から廃棄されたゴミが大量に散乱している状況にあった（図 7.4.1）。



出典: JICA 調査団

図 7.4.1 Quiapo 排水機場における不法居住者とゴミの集積状況（2015 年 10 月 17 日）

##### (2) Pasay 市 Maricaban 川における ISF および移転状況の確認

Maricaban 川沿岸では、LGU および関係機関による不法居住者の住民移転を実施している。実施主体は LGU（Pasay 市）および関係行政機関（NHA、DPWH、DILG 等）である。住民移転は 2013 年から 2015 までの 2 か年をかけて完了する予定であり、表 7.4.1 は、Maricaban 川における住民移転の実施状況を示す。図 7.4.2 は対象となっている Barangay の位置図である。

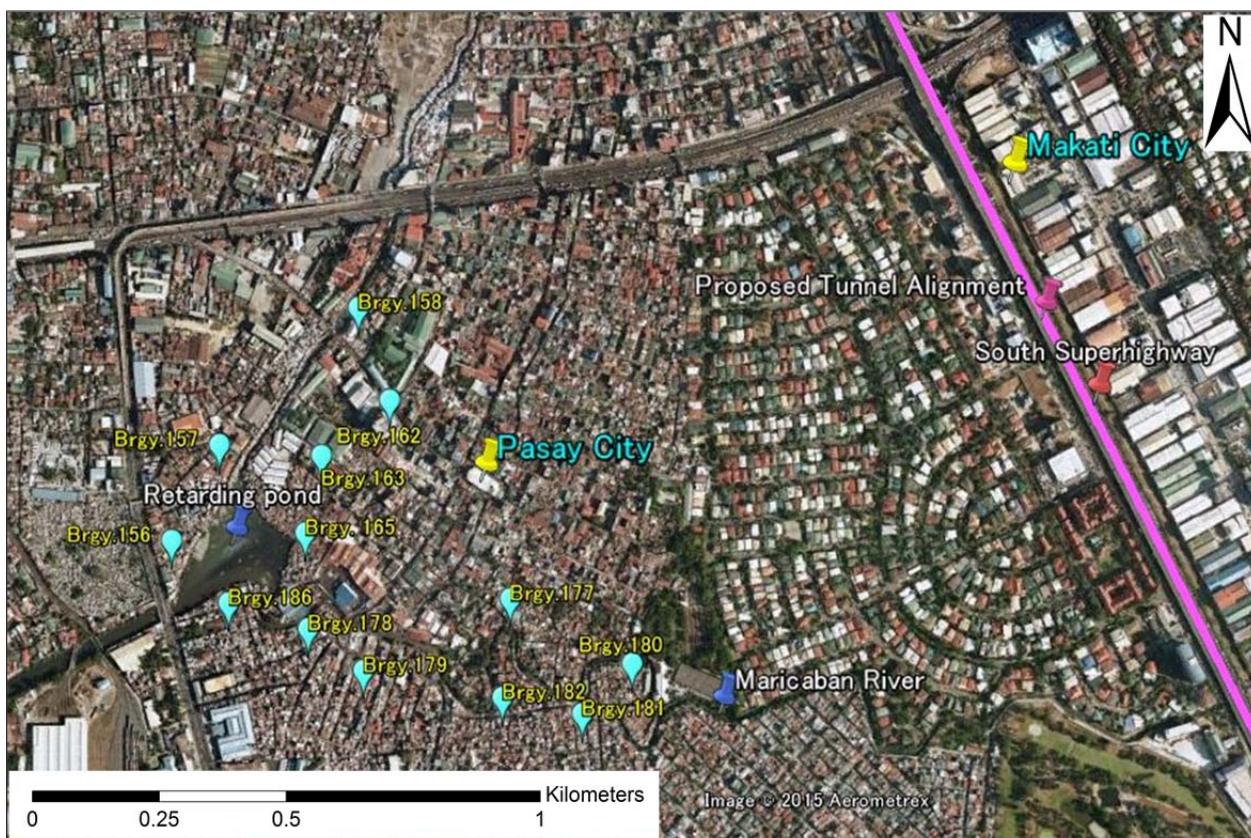
住民移転は、Maricaban 川沿岸において合計 1,421 世帯、下流側の貯水池周辺において 1,424 世帯を対象に実施しており、そのうち、1,070 世帯の移転が完了している（2015 年 9 月 23 日時点）。Pasay 市の Urban Development and Housing Office によれば、移転は、Easement（河岸より 3 m）等の、より危険な区域に居住している世帯を優先して行っており、まだ移転が完了してい

ない世帯についても、順次、移転を実施していく計画である。なお、表中には記載がないが、2015年10月8日、9日の2日間に、貯水池周辺における Barangay186 を対象として 200 世帯の移転を実施した。現在 DPWH は、Pasay 市に対して、Barangay165 の貯水池周辺区域における 86 世帯の移転を要請している。

表 7.4.1 Maricaban 川における不法居住者移転の実施状況

Area	Barangay	No. of ISFs in census	Non Residing (Absentee Structure Owners)	No. of Relocated. (as of Sep. 23,2015)	Balance (as of Sep. 23,2015)	With Holders (as of Sep. 23,2015)
Marikaban Creek	156	137	4	118	15	0
	157	151	15	71	65	0
	158	8	1	7	0	0
	162	244	10	86	148	0
	177	94	13	71	10	0
	178	95	11	75	9	0
	179	201	27	146	28	0
	180	276	28	167	81	0
	181	31	0	31	0	0
	182	184	28	133	23	0
	<b>Total</b>	<b>1,421</b>	<b>137</b>	<b>905</b>	<b>379</b>	<b>0</b>
Retarding Pond	165	620	54	165	401	1
	186	804	17	0	787	115
	<b>Total</b>	<b>1,424</b>	<b>71</b>	<b>165</b>	<b>1,188</b>	<b>116</b>
<b>Grand Total</b>		<b>2,845</b>	<b>208</b>	<b>1,070</b>	<b>1,567</b>	<b>116</b>

出典：Urban Development and Housing Office, Pasay City (Sep.2015)



出典: Urban Development and Housing Office, Pasay City (Sep.2015)

図 7.4.2 Maricaban 川沿岸における住民移転対象地域位置図

ISFの移転先は、Cavite州内の2市、4か所に分布しており、以下の通りである。

1. Bgry. Aguado, Trece Martires City;
2. Bgry. Hugo Perez, Trece Martires City;
3. Bgry. Cabuco, Trece Martires City;
4. Bgry. Halang, Naic City.

これら4移転地における、収容能力は合計約5,500世帯である。また、移転地の面積は1区画当たり40m<sup>2</sup>、また床面積は1世帯当たり22m<sup>2</sup>である。

### (3) Makati 市における ISF および移転状況の確認

Makati 市では ISF を対象としたインベントリーおよび移転事業を実施中である。表 7.4.2 はインベントリーの結果であり、確認された ISF は政府所有地内で 2,059 世帯（2015 年 10 月時点）、私有地内で 2,577 世帯（2015 年 9 月時点）であった。

**表 7.4.2 Makati 市内に存在する不法居住者インベントリーの結果**

Barangay	Street/ Area	Site Condition	No. of ISFs	Time of Inventory
<b>A. Government Land</b>				
La Paz	2016 Mola St.	Sidewalk	4	Oct. 2015
Magallanes	Pason Tamo Extension	Creekside	20	ditto
Tejeros	Kalayaan Ave. etc.	Creekside/ Sidewalk	446	ditto
Cembo	Guiho St. MCDA	Creekside/ Gov't property	926	ditto
Comembo	Apitong St., etc.	Creekside	62	ditto
Guadalupe Nuevo	San Jose St.	Creekside/ Riverbank	68	ditto
Northside	Progreso St., etc.	Creekside	125	ditto
Pembo	Waling-waling St., etc.	Creekside/ Riverbank	26	ditto
Pitogo	Kalayaan St., etc.	Creekside	31	ditto
Pinagkaisahan	Balabac St., etc.	Creekside/ ROW	88	ditto
Rizal	Quirino St.	Creekside	5	ditto
South Cembo	Pinos St.	Creekside	4	ditto
West Rembo	Napindan Area, etc.	River Bank	254	ditto
<b>Total</b>	-	-	<b>2,059</b>	ditto
<b>B. Private Land</b>				
La Paz	Caton St.	-	64	Sept. 2015
Olympia	8063 Hondradez St., etc	-	72	ditto
Palanan	Durango St., etc.	-	196	ditto
Poblacion	3172 Mabini St., etc.	-	22	ditto
San Antonio	Lumbayao St., etc.	-	183	ditto
San Isidro	Guatemala St., etc.	-	275	ditto
Singkamas	207 Sunrise St.	-	166	ditto
Sta. Cruz	3015 Kararong St., etc.	-	142	ditto
Tejeros	Kalayaan Ave. etc.	-	527	ditto
Valenzuela	9153 Pateros St., etc.	-	197	ditto
Guadalupe Nuevo	2363 Antipolo St.	-	70	ditto
Guadalupe Viejo	4050 Bemardino St., etc.	-	613	ditto
Pinagkaisahan	3703 Gabong St.	-	34	ditto
West Rembo	Napindan	-	16	ditto
<b>Total</b>	-	-	<b>2,577</b>	ditto

出典：Makati Social Welfare Department, Makati City (Oct. 2015)

ISF の移転は、河川沿いの危険区域（3m-easement）を優先として、NHA、MMDA、DSWD、

DPWH、DILG等の中央政府機関との協力により実施しているほか、Makati市独自のISF移転事業を2008年から行っている。本プロジェクトが関係する区域における移転事業としては、Maricaban川右支流の沿岸において、2015年10月に実施した23世帯の移転があるほか、11月には20世帯の移転が計画されている。しかし、プロジェクト区域を含むMakati市西部区域においては、Estero沿いにISFは確認されていない。Makati市の担当者によれば、今後、上表に示されているISFの移転を順次行っていく計画である。

Makati市が実施している移転事業におけるISFの移転先は、NHA所有の移転地(Barangay Cabuco, Trece Martirez, Cavite.)のほか、市独自に開発した移転地が2か所ある。市独自開発の移転地の諸元は以下の通りである。

1. 位置: Bgry. Dayap, Calauan City, Laguna Province, 区域面積: 40 ha, 容量: 6,000 戸, 収容現状 (as of Oct. 2015年10月時点): 1,031 世帯, 区画面積: 40-60 m<sup>2</sup>/区画.
2. 位置: Bgry. Dreamland, San Jose Del Monte City, Bulacan Province, 区域面積: 4.0 ha, 容量: 412 戸, 区画面積: 40-60 m<sup>2</sup>/区画

#### (4) Taguig市プロジェクト区域周辺におけるISFおよび移転状況の確認

本プロジェクト施設計画との関連でみると、氾濫水呑口地点No.3 (Maricaban側右支流) およびNo.4 (Maricaban側左支流) がTaguig市内に位置している。これらの区域の土地所有者はフィ国軍であり、区域内には軍の関連施設が分布しており、これら2地点も軍施設内に位置している。

本プロジェクトの氾濫水呑口No.4地点においては、図7.4.3に示す通り不法居住者によって占拠されている。現場でのヒアリングによれば、ISFの世帯数は約180とのことである。軍施設内におけるISFの状況および移転計画については、前術の通り、移転事業の責任主体についてTaguig市(City Planning and Development Office)とフィ国軍の見解が異なっている。本プロジェクトの氾濫水呑口施設の建設については、施設建設に必要な面積にもよるが、これらの不法居住者を移転させる必要があり、今後、責任主体を明確にするとともに、必要に応じてTaguig市と軍の間における調整を促すことにより、スムーズな住民移転につなげていく必要がある。



写真1: Maricaban川左支流沿いの呑口No.4地点周辺のISFの状況

写真2: 同左(川から離れた場所の状況)

出典: JICA 調査団

図 7.4.3 氾濫水呑口提案地点No.4周辺の不法居住者の状況(2015年10月24日)

## 第8章 今後の課題と提言

### 8.1 今後の課題

#### 8.1.1 提案するプロジェクトに向けての課題

##### (1) 技術検討について

今回は、短期間で成果が求められた初期的な調査であり、1)詳細な氾濫モデルの構築と既存排水路の効果の確認、2)設計・施工のための地質調査、3)立坑や取水施設の詳細検討、4)詳細なトンネルの条件設定、5)環境影響評価、6)ソフト対策も含めた提案、を実施するに至っていない。これらの項目は今後の調査において、詳細に検討する必要がある。

##### (2) 事業費について

3.5.2、3.5.3、4.6 および 6.4.2 で述べたように、ポンプと貯留管の組合せによって工事費が下がる可能性がある。今後上述した詳細な技術検討を行い、トンネル内の水理条件にも配慮しつつ、最適な工事費を設定する必要がある。

#### 8.1.2 排水事業全般に関する課題

##### (1) 排水機能回復と向上の推進

2005年 JICA M/P において、土砂・ゴミが多く堆積していることから、既存排水路の流下能力は2～3年と評価されている。現地調査においても、かなりの土砂・ゴミの堆積が見られ、この状況は変わっていない。さらに、主要排水機場は、毎日流入してくるゴミ・固形廃棄物がポンプの運転効率を下げ、ポンプ施設損傷の原因となっていると推察される。既存排水施設の機能が低下した状態であれば、本調査で提案する地下トンネルも効果を十分に発揮できない。

##### (2) 排水分野における DPWH / MMDA の連携の強化

マニラ首都圏の排水施設の施工・維持管理の実施機関は、排水施設の計画実施機関が DPWH、維持管理機関が MMDA に分離されている。ここ数年で予算は拡大しているものの、MMDA は限られた予算の中で排水路および排水機場の維持管理を行っている。

### 8.2 今後必要な対応

#### 8.2.1 提案するプロジェクトに向けて更なる調査の実施

##### (1) 設計・施工のための地質調査等基礎調査及び施工後の追跡調査の実施

シールド工法や推進工法では、地下トンネル及び地盤条件による問題を回避するには、事前に計画路線に沿って地質調査（立坑及管路 100 m 当たり 1 箇所）等基礎的調査の実施に基づく、シールド機械、施工計画の検討が必要となる。

シールド工法や推進工法では掘削前面が開放されていないため事前に地質や支障物は確認できない。そのため、場合によっては、対策のため一時的に掘進停止となる場合や、大規模な対策工法によって対応する必要が生じる可能性がある。そのような事態を避けるためには事前に布設位置に関する情報を収集し、必要な設計と対策を講じなければならない。掘進中及び掘進完了後

の周辺環境への影響の把握も重要であり。施工後の追跡調査も必要となる。

#### (2) 効率的で確実な取水の確認

今回策定した排水施設整備案は、DPWH が設定している 25 年確率降雨に対応できるよう施設整備を行うとともに、将来的に 50 年確率洪水に対応できるような拡張の余地を有する計画にしている。

洪水時に確実に取水できることが前提であり、実際の洪水や内水氾濫の幾つかのパターンの下に、氾濫シミュレーション等により、内水氾濫を軽減・防止できることを確認する必要がある。

なお、施設整備案は、2005 年 JICA M/P 設定の排水区域をベースにしており、その後の道路整備等を考慮した排水区の見直しを基に、より詳細な氾濫シミュレーション等の実施が必要である。

#### (3) 地下埋設物の再確認と縦断レイアウトの決定

提案の施設整備案のレイアウトは、カウンターパートから入手した地下埋設物の情報を基に作成した。今後、地下埋設物の情報を詳細に確認し、トンネル径に基づく、必要離隔距離を算定し、トンネルの縦横断方向の配置を決定することが必要である。その配置に基づいて地質調査を行い、掘削に必要な機械の選定、工事費と工期の算定を精緻化することが重要である。

#### (4) 拡張性を考慮したレイアウトの決定

提案の施設整備案は 25 年確率対応となっており、50 年確率降雨に対しては、必要貯留量を有していない。このため、25 年確率以上の規模の降雨に対応するためには、現在の施設整備案において、貯留管の流れを圧力流れとし、随時排水を行うことが必要となる。この場合、地下貯留管を圧力流れに対応できるよう、当初から内水圧対応型のセグメントで設計しておく必要がある。

#### (5) 排水施設整備案に必要な環境影響評価手続き

本プロジェクトは「フィ」国環境影響評価制度（PEISS）が適用され、環境影響評価手続きを実施する必要がある。本プロジェクトは、ECC の取得が必要な揚水機場の建設や掘削土の処分を伴っている。これらから、「施設計画内容が固まった段階でプロジェクト記述書を提出する必要がある」との見解が確認されており、排水機場及び土捨のプロジェクト記述書（PD）の作成・提出が必要である。

#### (6) Maricaban 川の流域管理計画策定・実施

DPWH によると、Maricaban クリークは上流域開発の進行・土地利用の変更に伴い、洪水・土砂の流出が増加している。現在、DPWH は下流の河道整備を進めているが、流域の保水機能の向上、流出の削減及び持続的洪水リスク管理の観点からの更なる対応が求められている。

#### (7) 大深度地下の公共的使用に関する法の整備

マニラ首都圏における排水施設整備に係る調査「国交省ミッション現地調査報告（平成 27 年 9 月）」によれば「地下トンネル建設のために私有地地下を利用する場合、その上部にある土地所有者に対して補償金を支払うことになる」と考えられる」との記述があり、たとえ地下であっても地上が私有地であれば補償金が発生することを示唆している。

今回の調査では、平面線形は基本的に道路等の公有地とし、私有地を通る場合は出来るだけ占用幅を少なくすることを前提としている。今後、地下の公共の利用を効率的に進めるには法の整備が必要となる。

#### (8) 降雨気象観測・予測システムを活用した排水施設の管理

今回策定する排水施設整備案は、将来的に 50 年確率洪水に対応できるよう拡張の余地を有する計画となっている。さらに、気象変動による近年の豪雨の激甚化に対し浸水被害を最小化するためには、降雨気象観測・予測システムを活用し、的確に洪水量を予測し、ポンプ施設を効果的に運転管理する手法を検討することも必要である。

### 8.2.2 排水事業全般で必要な対応

#### (1) 排水機能回復と向上の推進

2005 年 M/P によりマニラ首都圏中心地域の排水工事と DPWH 調査による首都圏周辺地域の河川工事が、現在の 5 か年（2011 - 2015）及び次期 5 か年（2016 - 2021）で実施が予定されており、予定通り工事を実施することによる首都圏の排水機能回復と向上の達成が必要である。

#### (2) ゴミ、廃棄物投棄、水質の改善

排水路へのゴミ投棄の削減、水質の改善が必要である。エステロ/クリークの水質測定は実施されていないため水質の現状は明らかでないが、現地を観察する限り、相当水質汚濁は進んでおり、ゴミ・廃棄物の水路への投棄も多いものと推察される。

主要排水機場は、毎日流入してくるゴミ・固形廃棄物がポンプの運転効率を下げ、ポンプ施設損傷の原因となることも推察され、排水路（エステロ/クリーク）の水質の改善、ゴミの削減を図るには、水質管理、ゴミ収集管理の改善が必要である。

#### (3) 排水分野における DPWH / MMDA の連携の強化

マニラ首都圏の排水施設の施工・維持管理の実施機関は、排水施設の計画実施機関が DPWH、維持管理機関が MMDA に分離されている。首都圏の洪水・排水対策の計画・実施・維持管理を効果的・効率的に進めるには DPWH と MMDA との密接な連携体制の構築により排水事業に係る情報共有を図る必要がある。

#### (4) 洪水リスク削減に配慮した土地利用管理及び流域管理の推進

マニラ首都圏周辺の河川地域は、Pasig-Marikina 川以外には計画がなく、DPWH Survey において新たに計画対象とされた地域である。計画には河川改修と共に洪水氾濫原管理、流域管理を含めている。総合的流域管理の推進、洪水リスク削減に配慮した土地利用計画の導入により流域の保水機能維持が必要となる。

各河川プロジェクトの実施には、関与する中央政府機関、地方自治体および利害関係者が多数に上ることが予想され、効率的にプロジェクトを進め、その機能を維持するには各関係機関の役割と工程計画に基づく実施体制及び維持管理の構築が必要である。

### 8.3 提 言

DPWHは将来の気候変動の適応策も考慮した洪水・排水対策の整備目標として排水：25-year RP、洪水：50-year RPと高水準の「安全レベル」の目標を設定している。

マニラ首都圏中心地域の排水対策の目標に沿った排水対策について、地下トンネル技術適用の可能性を検討の結果、地下トンネル技術の適用は技術的に可能であることは明らかになった。しかし、地下トンネル技術の適用は排水対策の最終手段であり、提案の地下トンネル施設を、マニラ首都圏の高度成長を支えるインフラとして最終化を図るには、現在DPWHが進めている排水対策事業の「排水対策の目標」に対する効果と課題について確認、整合性を図ることが必要になる。

DPWHは洪水・排水対策の整備目標として25-year RP、50-year RPと高水準の「安全レベル」を設定していることから、技術的検討に加え、事業効果についても、詳細な検討が必要と考えられる。

マニラ首都圏における地下トンネル技術適用計画の具体化に向けて、8.1で述べた課題を解決すべく、8.2の対応も含め、引き続き下記計画調査の実施を提言する。

- (1) 現在のマニラ首都圏中心地域の排水対策事業について、8.2.2 で述べた内容の確実な実施。
- (2) 新たな整備目標（25年や50年）に対する新たなニーズ及び事業効果の確認
- (3) 上記のニーズに対する、必要な対策施設計画及びそれに伴う維持管理施設・体制計画の策定
- (4) 高水準の挑戦的な事業、気候変動への適応策を含めた対策事業の評価方法の検討



参考資料 2-1  
DPWH 調査概要



Department of Public Works and Highways  
**UNIFIED PROJECT MANAGEMENT OFFICE**  
**FLOOD CONTROL MANAGEMENT CLUSTER**

**Consulting Services for the Review and Detailed  
Engineering Design of Comprehensive River  
Management for San Juan River**

**and**

**Review and Updating of Feasibility Studies and  
Detailed Engineering Design of Various Urgent  
Flood Control Projects in Metro Manila**

**PRESENTATION**



**WOODFIELDS ENGINEERS COMPANY**  
PLANNERS, ARCHITECTS, ENGINEERS, CONSTRUCTION MANAGERS AND ENVIRONMENT SPECIALISTS

## **Projects to be presented:**

1. San Juan River Improvement Works
2. Various Flood Control Projects in MM

## **Scope of Work:**

### **1. Review of Previous Studies**

- Study on Comprehensive River Management for San Juan River under the Detailed Engineering Design of Pasig-Marikina River Channel Improvement Project (March 2002)
- The Study on Drainage Improvement in the Core Area of Metropolitan Manila, Republic of the Philippines DICAMM(March 2005)
- The Feasibility Study on Flood Control and Drainage Improvement Project for MIAA Compound and Parañaque-Las Piñas River System in the Republic of the Philippines (March 2004)

### **2. Detailed Engineering Design of selected priority improvement works**

## **Technical Approach:**

MM's drainage networks are designed for a 10-year flood only. Being continuously silted and clogged with garbage, they have become increasingly inadequate to convey flood. Present set up also allows surface runoff to flow directly from higher elevations to the flood prone areas downstream, which usually results to flashfloods. Because of increased urbanization and more frequent high intensity rainfalls, DPWH Memorandum of June, 2011 now requires drainage systems be designed for a 25-year flood with a freeboard that can accommodate a 50-year flood. But existing MM's drainage systems are undersized for a 50-year flood.

**The Consultant's approach is to reconfigure the whole existing drainage system by**

- 1) Decreasing the drainage/sub-drainage areas so that existing drainage can carry the 50-year flood using its present design capacity (10-year flood), thus avoiding additional ROW acquisitions and replacement costs;
- 2) Installing flood gates along waterways, i.e., to divide flood flows and drainage/sub-drainage areas; and
- 3) Introducing new interceptors/drainage mains that will receive the 50-year flood from higher elevations and carry them directly either to Manila Bay or Pasig River, thus minimizing flooding downstream; they will also serve as flood storage because of their sizes and lengths. These interceptors will be located, designed and constructed with minimum disturbance on existing traffic and present social and economic activities in the area, using new construction technique: "trench" method (see Annex 1).

**Note also that hydrojet technology can possibly be used to declog drainage mains and laterals with hardened silt and garbage combined.**

## PROPOSED NONSTRUCTURAL MEASURES

- (1) **Reducing flood risk through Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) in urban watersheds.** Currently, the set of best practices for water management of the urban environment in developed countries like USA, Europe, Canada, Australia and New Zealand is considered to be the SUDS. SUDS are designed to allow water either to infiltrate into the ground or be retained in devices (wet ponds, infiltration wells, stormwater wetlands, sand filters, rain gardens, grassy swales) in order to mimic the natural disposal of surface water. SUDS reduces the peak flow runoff rates, siltation and water pollution in waterways.
- (2) **Reducing flood risk in floodplains through building code enforcement,** i.e., adapting in the National Building Code the flood provisions of the **2015 International Building Code**, which includes flood resistant construction and structural systems; design flood elevations; lowest floor requirements; protection of mechanical and electrical systems; and the protection of water supply and sanitary sewage systems.
- (3) **Creation of Environmental Crimes Strike Force** under the PNP: Environmental Police will be responsible for enforcing environmental laws and educating the public about environment and natural resource protection. The Environmental Police, as members of Environmental Crimes Strike Force, will investigate criminal violations of the Philippine environmental laws and regulations (especially solid waste management act and clean water act among others) in conjunction with the DENR and OSG or DOJ. This should address the unabated street littering, in which litters are carried by runoff into the storm water drains, and unceasing throwing of garbage in waterways and drainage systems.
- (4) **GIS-based digitization of the whole Metro Manila drainage networks** for more accurate planning, programming and budgeting of drainage improvement works.



## What is a 100 Year Flood?

The magnitude of a storm or flood is described in terms of 100 year flood, 50 year storm, or 200 year flood. The larger the number before 'year flood', the greater will be the effect on river levels and on anything out on the river's flood plain. Also, it is understood from the words '100 year flood' that it has a flood return period of 100 years, or in other words, it should only happen every 100 years **on the average**, but questions remaining are 'Could a 100 year flood occur the next year after one has just occurred?' and 'What is the likelihood of its occurring within any given time period?'

### Definitions:

1. **Return Period (T)** - The **average** length of time in years for an event (e.g. flood or river level) of given magnitude to be equaled or exceeded. For example, if the river level with a 50 year return period at a given location is 2 meters above flood stage, this is just another way of saying that a river level of 2 meters above flood stage, or greater, should occur at that location **on the average** only once every 50 years. ( $T = 1/p$ )
2. **Probability of Occurrence (p)** (of an event of specified magnitude) - The probability that an event of the specified magnitude will be equaled or exceeded during a one year period. ( $p = 1/T$ )
3. **Probability of Occurrence within a period of N years ( $p_N$ )**- The probability that an event of specified magnitude will be equaled or exceeded within a period of N years. ( $p_N = 1 - (1 - p)^N$ )

**Question #1:** Could a 100 year flood occur in the next year after a 100 year flood has taken place?

**Solution:** The answer is yes. A 100 year flood has a return period of  $T = 100$ , so the probability of a flood of equal or greater magnitude occurring in any one year period is  $p = 1/T = 1/100 = 0.01$ . Thus there is a probability of 0.01 or 1 in 100 that a 100 year flood will occur in any given year. It is not likely, but it is possible. The fact that a 100 year flood



occurred in one year has no effect on the probability of its occurring in the next year.

**Question #2:** What is the probability that a 50 year river level will occur within the next 10 years at any given location?

**Solution:** The answer to this can be found using the equation,  $p_N = 1 - (1 - p)^N$ . Given a 10 year period of time,  $N = 10$ , and a 50 year river level,  $p = 1/50 = 0.02$ . Substituting into the equation:  $P_{10} = 1 - (1 - 0.02)^{10} = 1 - 0.98^{10} = 0.183$ . Thus the probability of a 50 year river level occurring in a 10 year period is about **18%**.

Return Period	Probability of Occurrence (%) in N years									
	1	2	5	10	15	20	25	30	50	100
2	50.00	75.00	96.88	99.90	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
5	20.00	36.00	67.23	89.26	96.48	98.85	99.62	99.88	100.00	100.00
10	10.00	19.00	40.95	65.13	79.41	87.84	92.82	95.76	99.48	100.00
20	5.00	9.75	22.62	40.13	53.67	64.15	72.26	78.54	92.31	99.41
25	4.00	7.84	18.46	33.52	45.79	55.80	63.96	70.61	87.01	98.31
30	3.33	6.56	15.59	28.75	39.86	49.24	57.15	63.83	81.64	96.63
50	2.00	3.96	9.61	18.29	26.14	33.24	39.65	45.45	63.58	86.74
100	1.00	1.99	4.90	9.56	13.99	18.21	22.22	26.03	39.50	63.40

## Flood Return Period Calculator

Though this calculator is worded for the flood event return period it would work for any extreme weather event.

<b>Percent chance of occurrence</b>	
<b>Enter the return period (ie..100 year flood)</b>	
50	year flood
<b>Enter the number of years (ie..over the next 10 years)</b>	
10	year(s)
There is a	
18.29%	chance that a
50	year flood will occur over the next
10	year(s)

Note however that the magnitude of the 100-year flood today will not be exactly the same as the magnitude of the 100 year flood 30 years ago because of the changes in the watershed (drainage area) environment.

DRAFT

# Table of Contents

---

## TABLE OF CONTENTS

<b>TABLE OF CONTENTS .....</b>	<b>i</b>
<b>LOCATION MAP .....</b>	<b>v</b>
 <b>VARIOUS FLOOD CONTROL PROJECTS IN METRO MANILA</b>	
 <b>ZAPOTE - LAS PIÑAS RIVER IMPROVEMENT</b>	
<b>100 Year Return Period Inundation Map.....</b>	<b>1/4</b>
Drainage Area .....	1/4
Topographic Map .....	1/4
Causes of Flooding .....	1/4
Zapote River Flow Distribution (50 yr Return Period).....	1/4
Zapote River Flood Water Surface for Different Return Periods after Proposed Improvements.....	1/4
Las Piñas River Flow Distribution (25 yr Return Period) .....	1/4
Las Piñas River Flood Water Surface Profile for Different Return Periods after Proposed Improvements .....	1/4
<b>Recommended River Improvement Schemes for Zapote River.....</b>	<b>2/4</b>
Diversion Channel Scheme 1 .....	2/4
100-ha Retarding Basin Scheme 2.....	2/4
25ha Retarding Basin Diversion Channel Scheme 3 .....	2/4
Required River Width Comparison per Scheme.....	2/4
Cost Comparison per Scheme.....	2/4
<b>Recommended River Improvement Plan for Las Piñas River.....</b>	<b>3/4</b>
Typical Cross Section .....	3/4
Las Piñas River Improvement Works .....	3/4
Project Cost Estimates .....	3/4

Implementation Schedule .....	3/4
<b>Urgent Works for Las Piñas River</b> .....	4/4
Project Cost Estimates .....	4/4
Implementation Schedule .....	4/4

**BUENDIA – MARICABAN – NAIA – PARAÑAQUE DRAINAGE IMPROVEMENT WORKS**

<b>50-Year Return Period Inundation Map</b> .....	1/3
Drainage Area .....	1/3
Topographic Map .....	1/3
Existing Condition .....	1/3
<b>Drainage Improvement Plan</b> .....	2/3
Schematic Diagram .....	2/3
Estimated Construction Cost .....	2/3
Estimated Project cost .....	2/3
Project Implementation .....	2/3
<b>Urgent Works</b> .....	3/3
Buendia Basin .....	3/3
Maricaban Basin .....	3/3
NAIA Basin .....	3/3
Parañaque Basin .....	3/3
Construction Cost .....	3/3
Implementation Schedule .....	3/3

**ESPAÑA-UST DRAINAGE IMPROVEMENT WORKS**

<b>50 Year Return Period Inundation Map</b> .....	1/3
Drainage Area .....	1/3

Topographic Map .....	1/3
Existing Drainage System.....	1/3
Existing Conditions .....	1/3
<b>Recommended Drainage Improvement Plan .....</b>	<b>2/3</b>
Project Cost .....	2/3
Implementation Schedule .....	2/3
<b>Urgent Works .....</b>	<b>3/3</b>
Project Cost for Urgent Works .....	3/3
Implementation Schedule for Urgent Works.....	3/3

## TULLAHAN RIVER IMPROVEMENT WORKS

<b>Inundation Map .....</b>	<b>1/3</b>
Drainage Area .....	1/3
Topographic Map .....	1/3
Flooding Condition.....	1/3
Causes of Flood.....	1/3
<b>Recommended River Improvement Plan.....</b>	<b>2/3</b>
Implementation Schedule .....	2/3
River Improvement .....	2/3
Project Cost .....	2/3
<b>Urgent Works .....</b>	<b>3/3</b>
Estimated Cost – Reach 1 .....	3/3
Priority Reach – Reach 1 .....	3/3
Typical Cross Section – Reach 1.....	3/3
Implementation Schedule – Reach 1.....	3/3

**SAN JUAN RIVER PROJECT**

**SAN JUAN DRAINAGE IMPROVEMENT WORKS**

**100-Year Return Period Inundation Map** ..... **1/3**  
    Drainage Area of San Juan River Basin ..... 1/3  
    Topographic Map of San Juan River Basin ..... 1/3  
    San Juan River Discharge Distributions ..... 1/3  
    Existing Condition ..... 1/3  
**Recommended River and Drainage Improvement Plan** ..... **2/3**  
    San Juan River Typical Cross Section ..... 2/3  
    Project Cost Estimates ..... 2/3  
    Project Implementation ..... 2/3  
**Urgent Works – Package 1** ..... **3/3**  
    San Juan River Flood Water Surface Profile for Different Return Periods at  
    Existing River Condition ..... 3/3  
    San Juan River Flood Water Surface Profile for Different Return Periods  
    With Channel Improvements ..... 3/3  
    1 Urgent Works: Package 1 ..... 3/3  
    Package1 Estimated Cost ..... 3/3  
    Implementation Schedule ..... 3/3

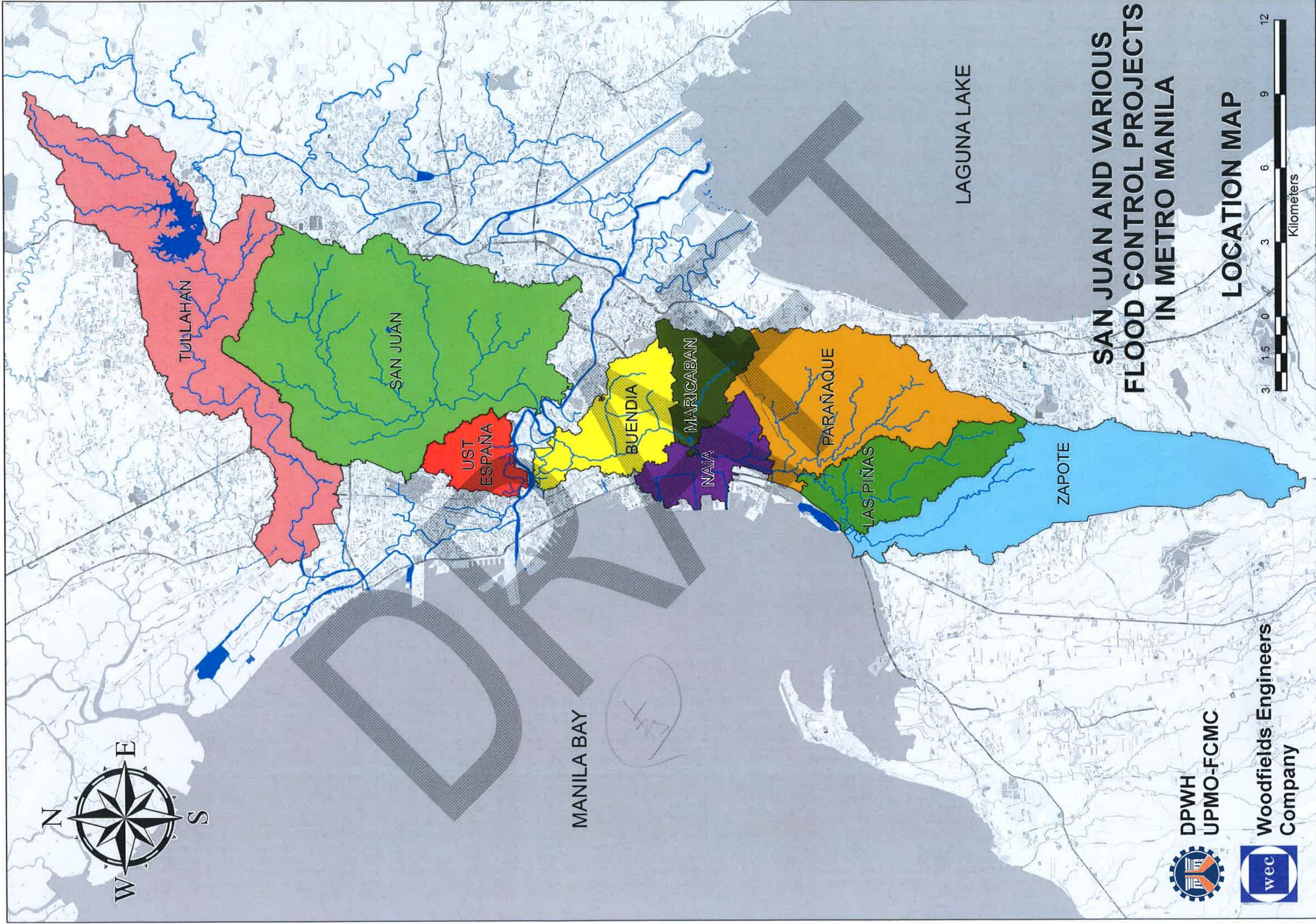
**ANNEX I - PROPOSED CONSTRUCTION METHODOLOGY FOR DIVERSION CHANNEL**

**Closed-diversion Channel Interceptor Methodology** ..... **1/2**  
**Procedures in Using silent Piler ECO 400S** ..... **2/2**

DRAFT

## **Location Map**

---



MANILA BAY

LAGUNA LAKE

# SAN JUAN AND VARIOUS FLOOD CONTROL PROJECTS IN METRO MANILA

## LOCATION MAP



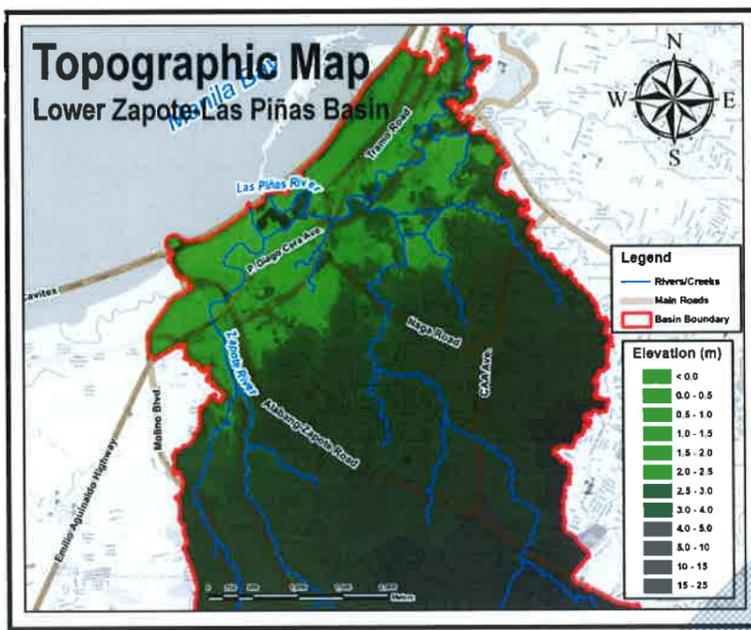
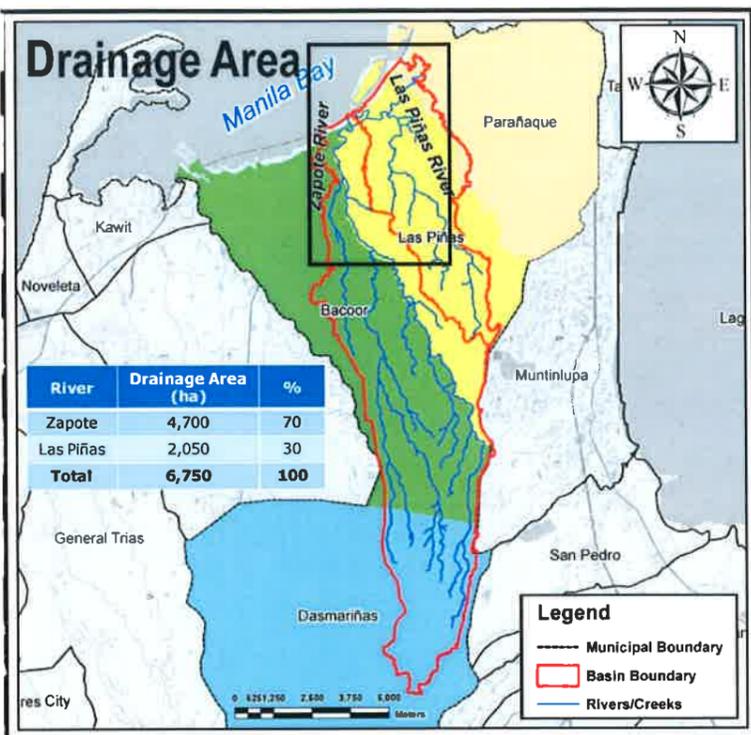
**Woodfields Engineers Company**

DRAFT

# **Zapote-Las Piñas River Improvement**

---

Various Flood Control Projects



### Causes of Flooding

**Zapote Historical Bridge**

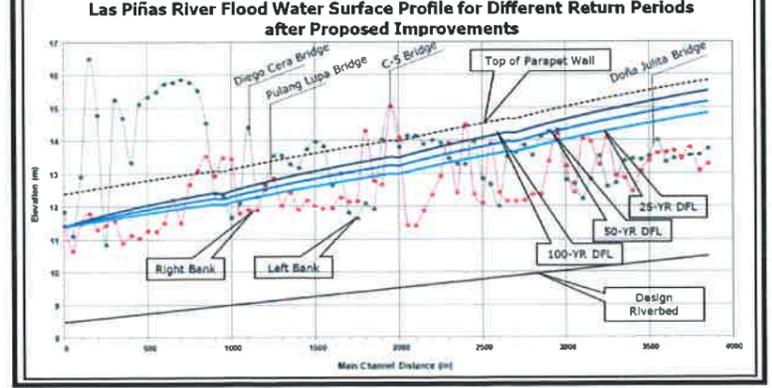
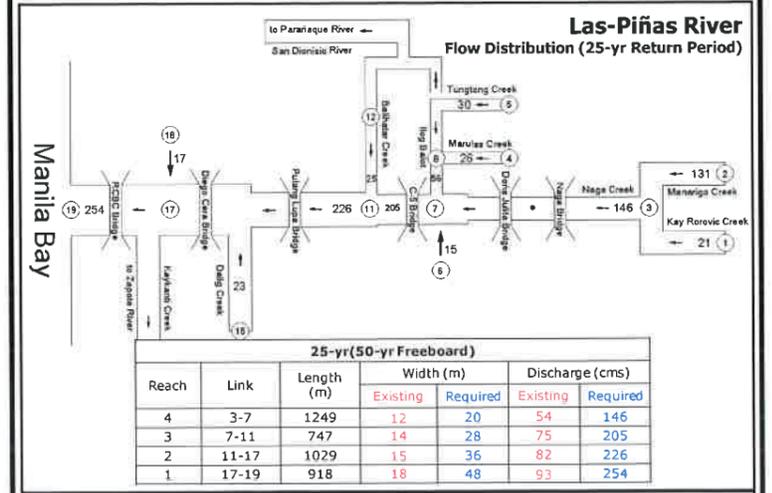
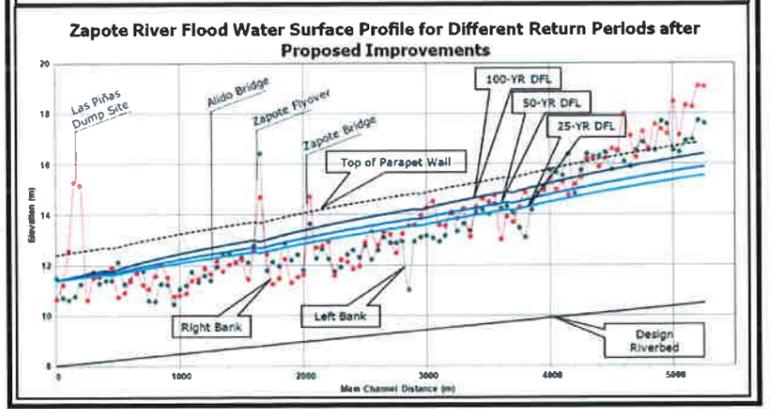
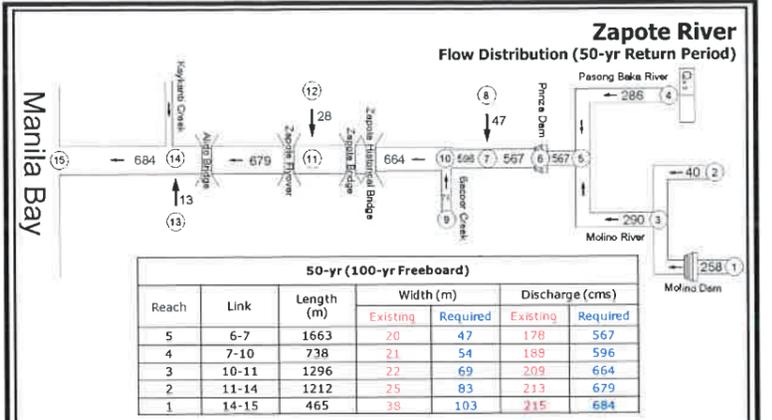
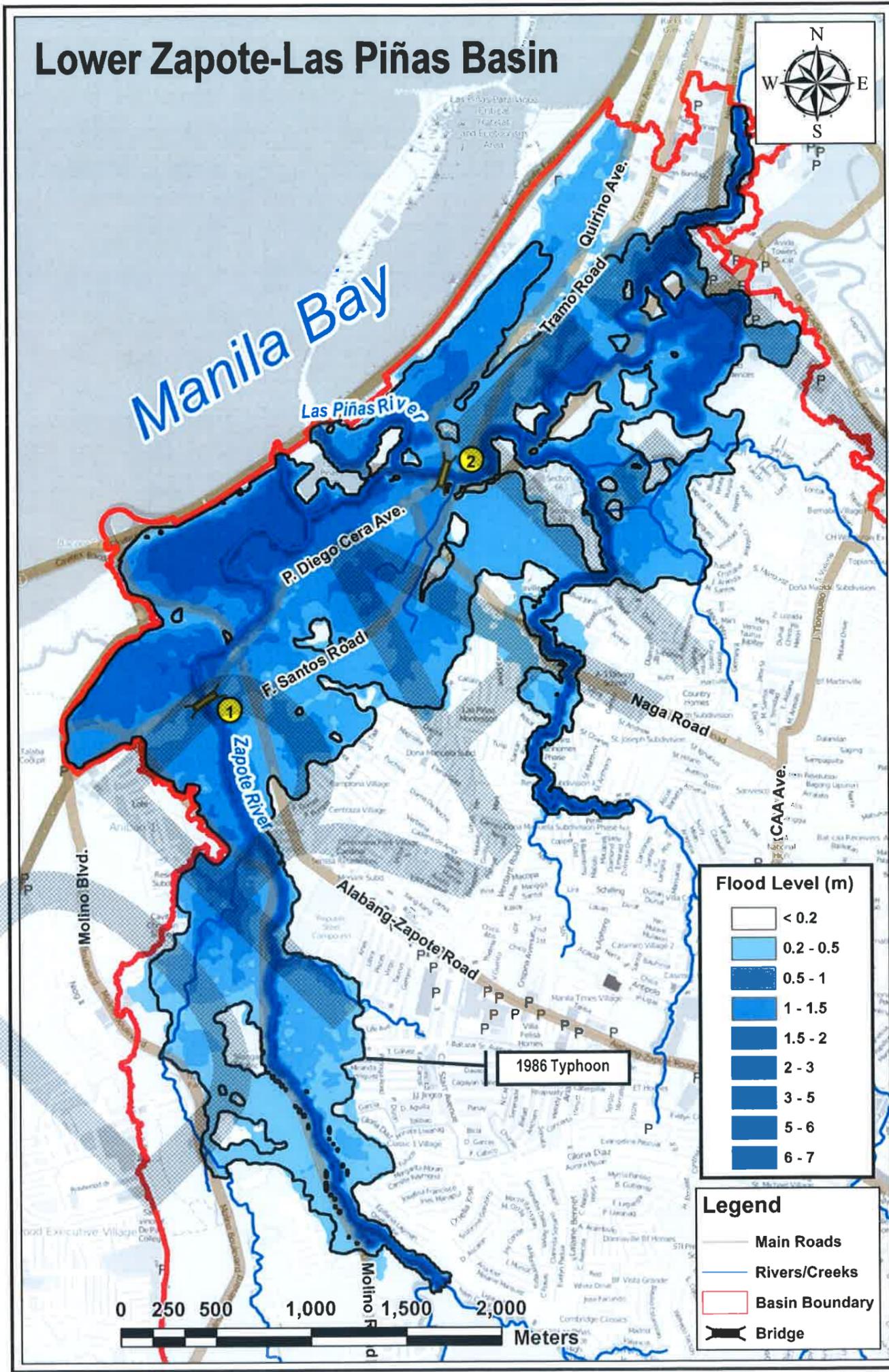
- Causes bottleneck being an arch type bridge with limited opening
- Its opening is only 35% of the area of the upstream river cross-section
- Blocks approximately 65% of the flow area which causes flooding in the surrounding area

**Diego Cera Bridge**

- Arch type bridge
- Its opening is only 22% of the area of the upstream river cross-section
- Blocks approximately 78% of the flow area which causes flooding in the surrounding area

**Other causes:**

- Low riverbank elevations
- Encroachment of informal settlers
- High tide coinciding with extreme rainfall events



### VARIOUS FLOOD CONTROL PROJECTS IN METRO MANILA

#### Zapote-Las Piñas River Improvement

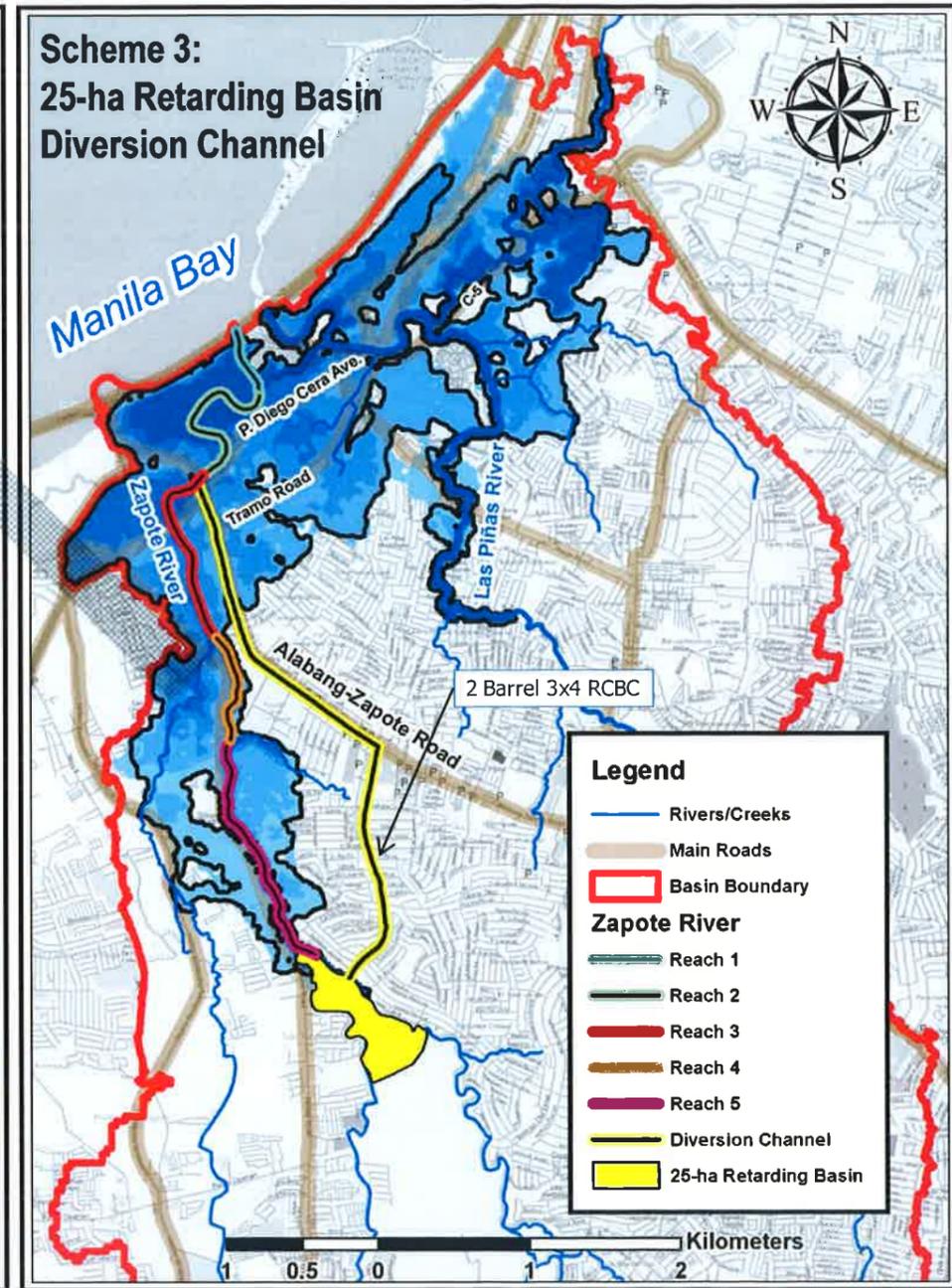
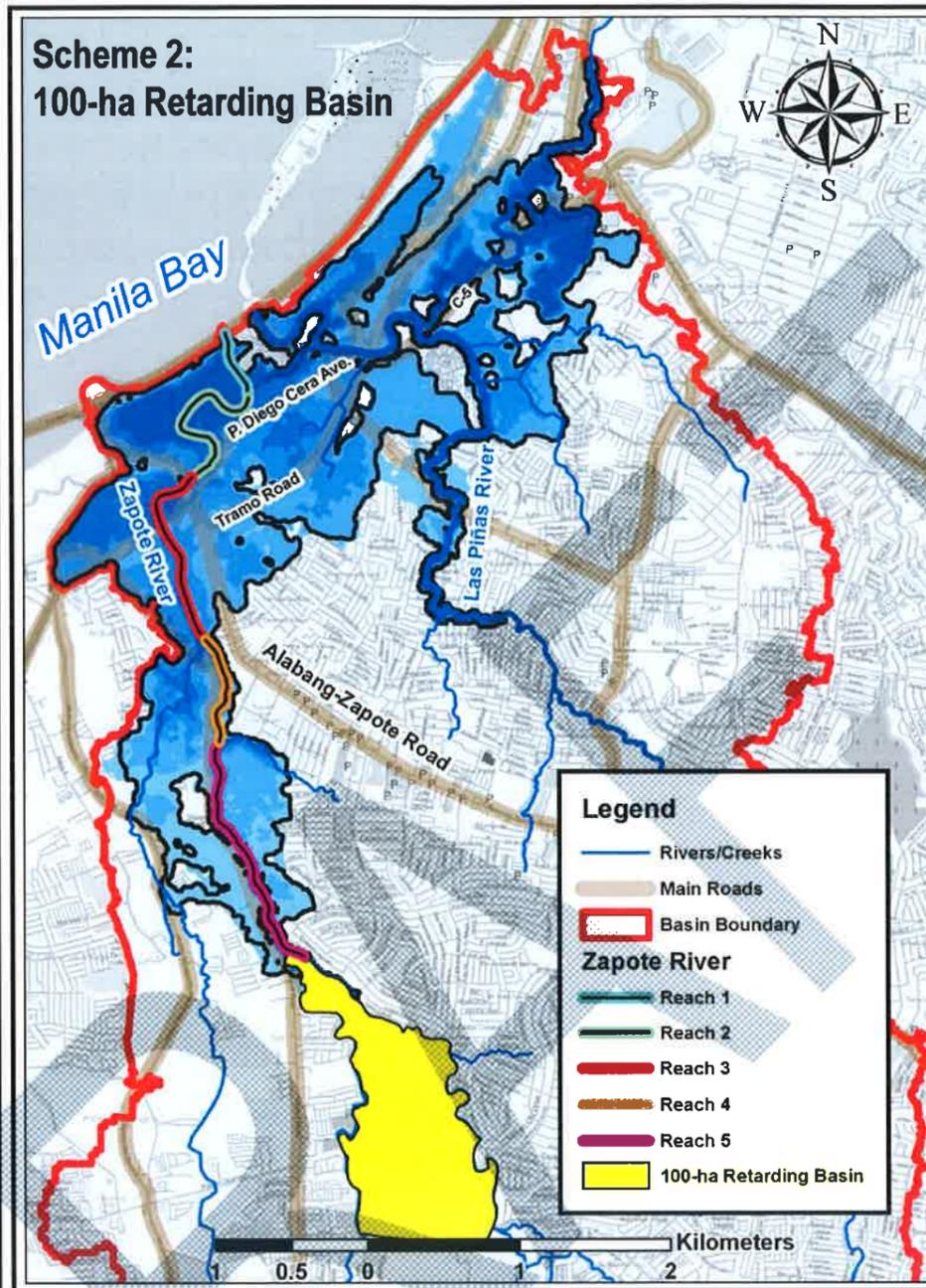
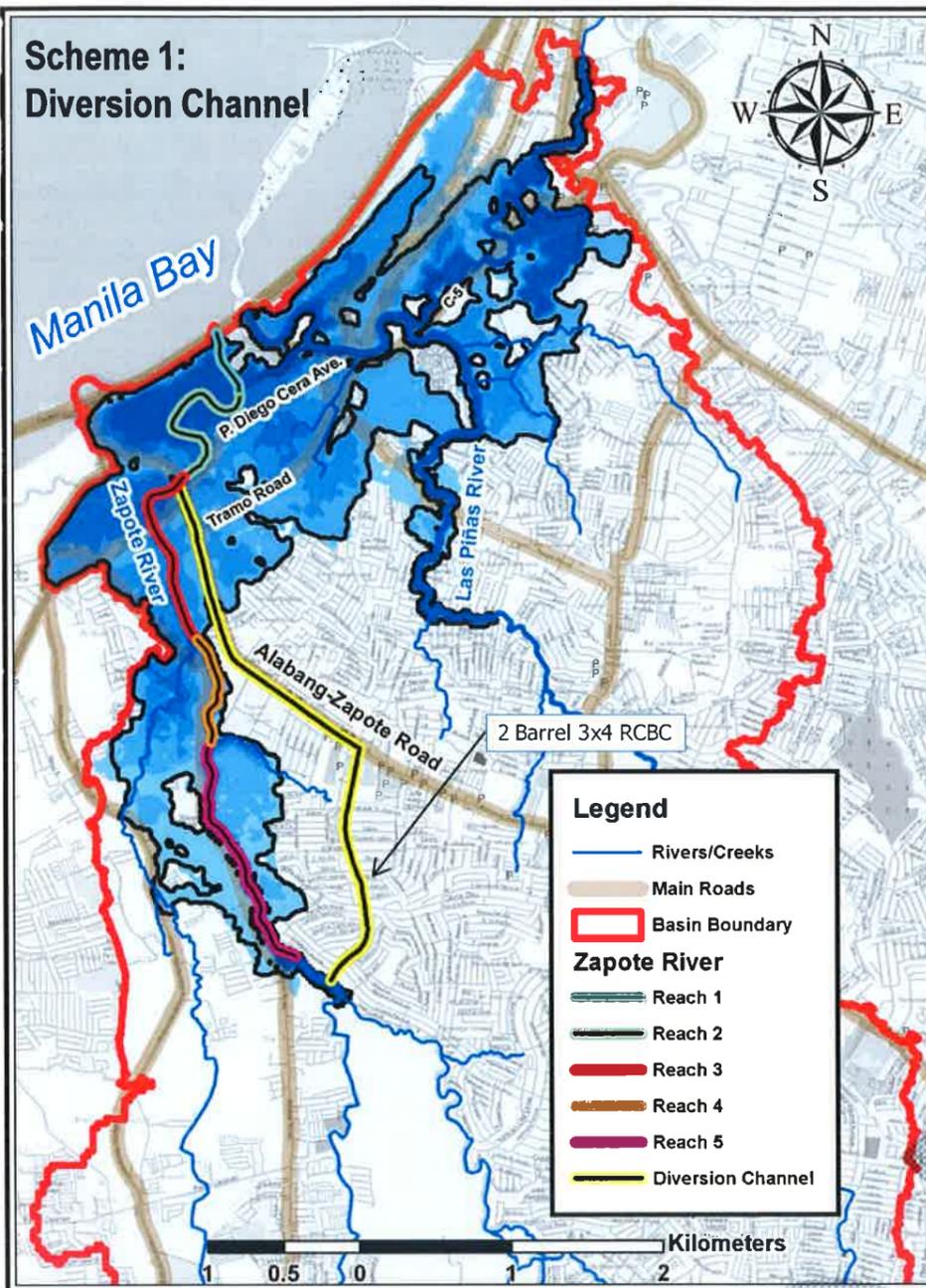
#### 100-Year Return Period Inundation Map of Zapote-Las Piñas

**wec** Woodfields Engineers Company

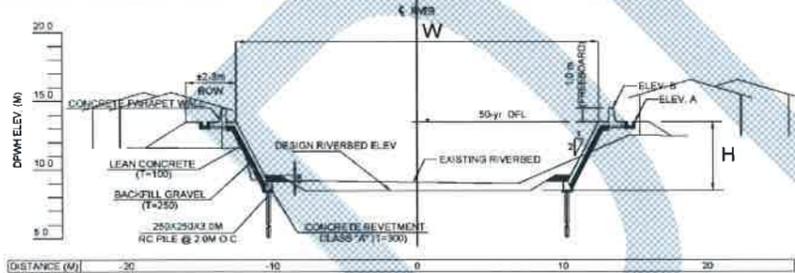
**DPWH** UPMO FCMC

1/4

DRAFT-REV06-12MAY2015



Required River Width Comparison per Scheme



Reach	H (m)	Average Width (m)	Scheme 1		Scheme 2		Scheme 3		Design Riverbed Elev.
			W <sub>25</sub>	W <sub>50</sub>	W <sub>25</sub>	W <sub>50</sub>	W <sub>25</sub>	W <sub>50</sub>	
5	5.5	20	38	43	30	33	36	41	10.5
4	5.0	21	44	50	34	38	42	47	9.9
3	4.5	22	56	64	43	47	53	60	9.4
2	4.0	25	66	77	50	56	69	78	8.8
1	3.5	38	89	103	61	68	85	96	8.2

Cost Comparison per Scheme

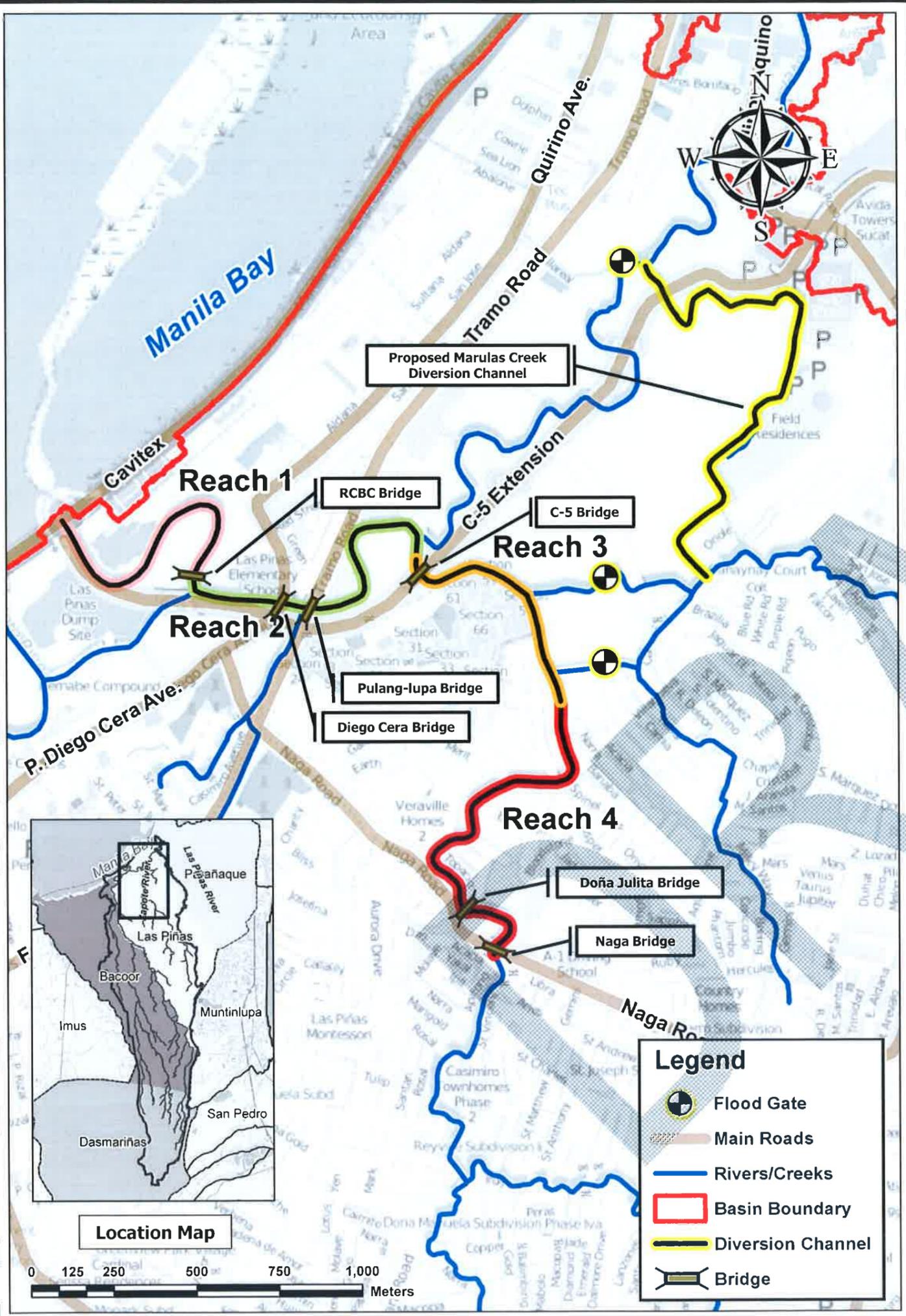
Work Items	Scheme 1			Scheme 2			Scheme 3			
	River Improvement		Diversion Channel	River Improvement		Retarding Basin	River Improvement		Retarding Basin	Diversion Channel
	Dredging Excavation	Revetment Works		Dredging Excavation	Revetment Works		Dredging Excavation	Revetment Works		
Cost	908	1331	2178	666	1331	4840	938	1331	1210	2178
Compensation Cost	2850		0	1850		3000	2950		750	0
Bridge Reconstruction Cost	685			685			685			
Total Cost	7952			12372			10042			

Units: Php 1,000,000.00

## VARIOUS FLOOD CONTROL PROJECTS IN METRO MANILA Zapote-Las Piñas River Improvement

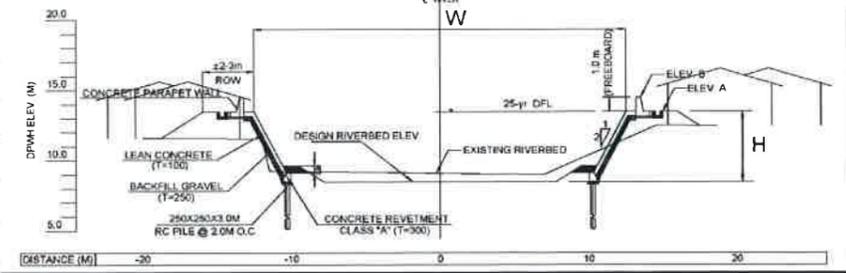


Recommended River Improvement Schemes  
for Zapote River



### Typical Cross Section

Reach	W (m)	H (m)	Design Riverbed Elev.
Marulas Creek	16.5	4.0	9.8
4	20	4.5	10.5
3	23	4.0	9.8
2	28	3.5	9.5
1	37	3.0	8.9

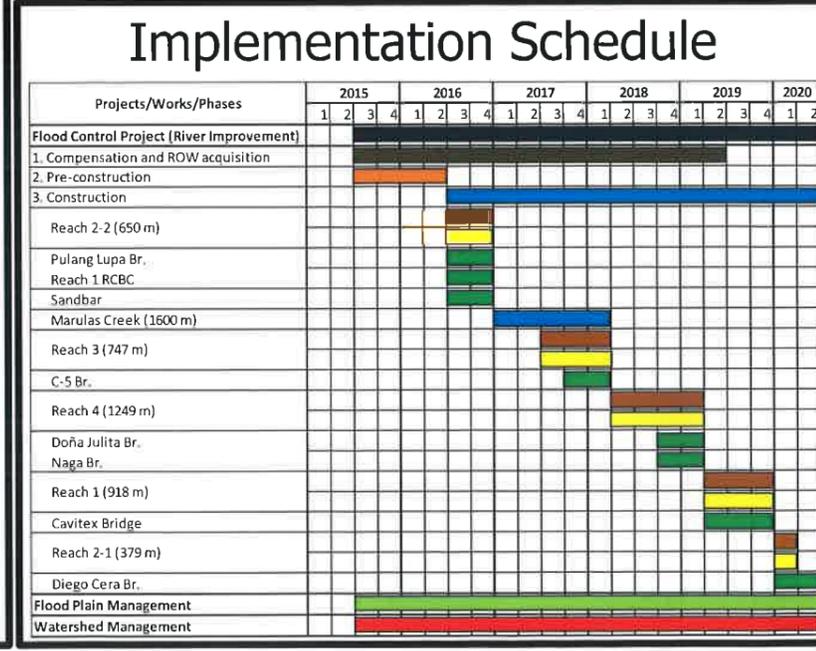


- #### Las-Piñas River Improvement Works
- Package 1**
    - Reach 2-2 (650 m)
      - Dredging/Excavation
      - Revetment Works
    - Pulang-lupa Bridge
      - Bridge Reconstruction
    - RCBC Bridge
      - Bridge Reconstruction
    - Sandbar
      - Dredging
    - Marulas Creek (1600 m)
      - Diversion Channel
  - Package 2**
    - Reach 3 (747 m)
      - Dredging/Excavation
      - Revetment Works
    - C-5 Bridge
      - Bridge Reconstruction
  - Package 3**
    - Reach 4 (1249 m)
      - Dredging/Excavation
      - Revetment Works
    - Doña Julita Bridge
      - Bridge Reconstruction
    - Naga Bridge
      - Bridge Reconstruction
  - Package 4**
    - Reach 1 (918 m)
      - Dredging/Excavation
      - Revetment Works
    - Cavitex Bridge
      - Bridge Reconstruction
  - Package 5**
    - Reach 2-1 (379 m)
      - Dredging/Excavation
      - Revetment Works
    - Diego Cera Bridge
      - Bridge Reconstruction

#### Project Cost Estimates

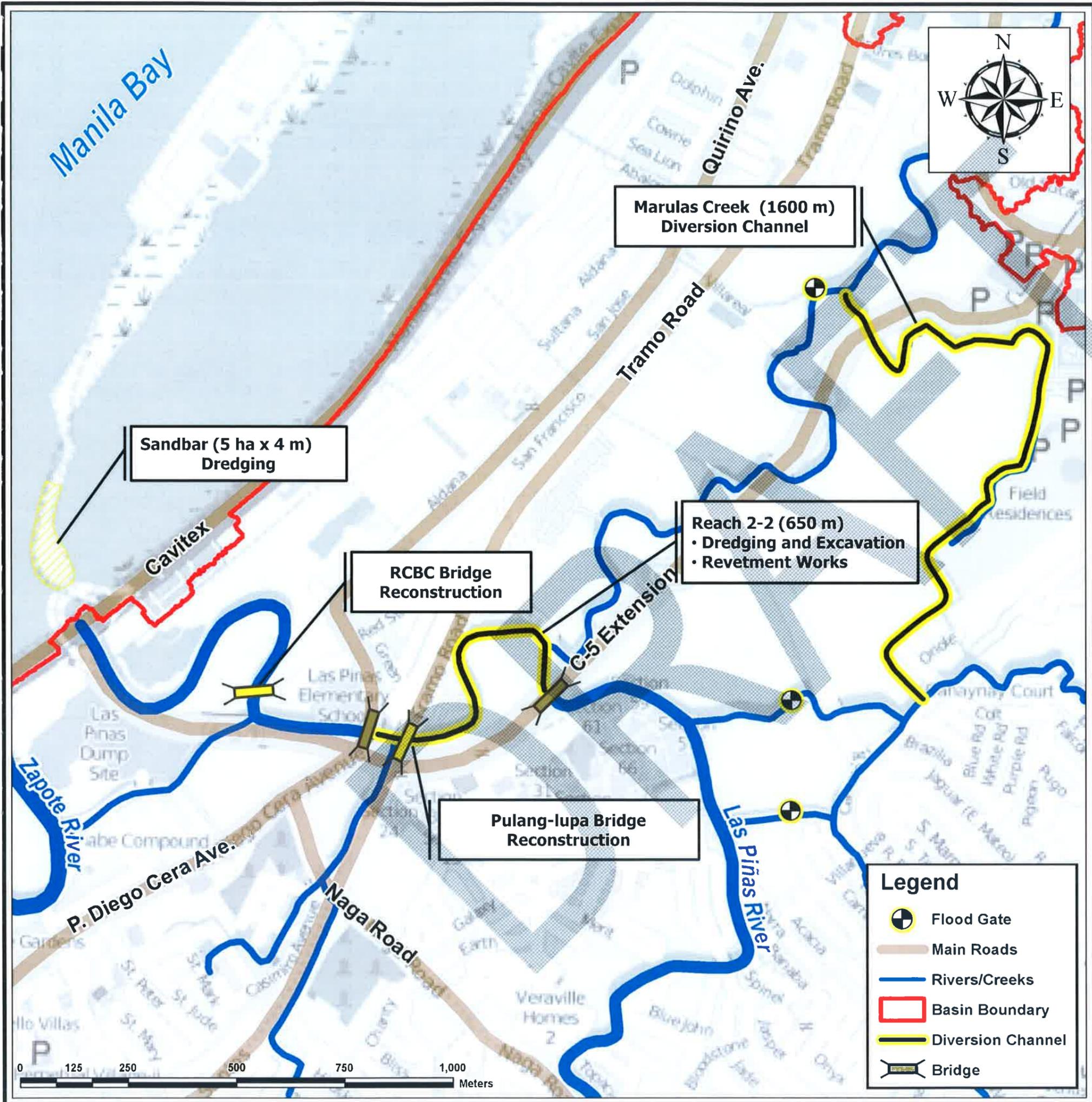
Item	Main Civil Works	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total Cost
Reach 2-2	Dredging/Excavation		60					60
	Revetment Works		160					160
Pulang Lupa Br.	Bridge Reconstruction		85					85
Reach 1 RCBC	Bridge Reconstruction		85					85
Sandbar	Dredging		315					315
Marulas Creek	Diversion channel			387	157			544
	Dredging/Excavation			46	23			69
Reach 3	Revetment Works			123	61			184
	Bridge Reconstruction			43	43			86
Reach 4	Dredging/Excavation				88	28		116
	Revetment Works				232	74		306
Doña Julita Br.	Bridge Reconstruction				43	43		86
Naga Br.	Bridge Reconstruction				43	43		86
Reach 1	Dredging/Excavation					85		85
	Revetment Works					225		225
Cavitex Bridge	Bridge Reconstruction					200		200
Reach 2-1	Dredging/Excavation						36	36
	Revetment Works						94	94
Diego Cera Br.	Bridge Reconstruction						85	85
<b>Compensation/Land Acquisition Cost</b>		220	220	220	220	220		1100
<b>Total Cost</b>								4007

Units: Php 1,000,000.00



### VARIOUS FLOOD CONTROL PROJECTS IN METRO MANILA Zapote-Las Piñas River Improvement

Woodfields Engineers Company	DPWH UPMO FCMC	Recommended River Improvement Plan for Las-Piñas River	3/4
------------------------------	----------------	--	-----



### Project Cost Estimates

Item	Main Civil Works	Total Cost
Reach 2-2	Dredging/Excavation	60
	Revetment Works	160
Pulang Lupa Br.	Bridge reconstruction	85
Reach 1 RCBC		85
Sandbar	Dredging	315
Marulas Creek	Diversion channel	544
<b>Compensation/Land Acquisition Cost</b>		<b>440</b>
<b>Total Cost</b>		<b>1689</b>

Units: Php 1,000,000.00

### Implementation Schedule

Projects/Works/Phases	2015				2016				2017				2018
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
<b>Urgent Flood Control Project</b>													
1. Compensation and ROW acquisition													
2. Pre-construction													
3. Construction													
Reach 2-2													
Dredging/Excavation													
Revetment Works													
Pulang Lupa Br.													
Reach 1 RCBC													
Bridge Reconstruction													
Sandbar													
Dredging													
Marulas Creek													
Diversion channel													
Flood Plain Management													
Watershed Management													

- ### Urgent Works
1. Dredging and Excavation
    - Reach 2-2 (650 m)
  2. Revetment Works
    - Reach 2-2 (650 m)
  3. Bridge Reconstruction
    - RCBC Bridge
    - Pulang-lupa Bridge
  4. Dredging
    - Sandbar (5 ha x 4 m)
  5. Diversion Channel
    - Marulas Creek (1600 m)

VARIOUS FLOOD CONTROL PROJECTS IN METRO MANILA  
Zapote-Las Piñas River Improvement

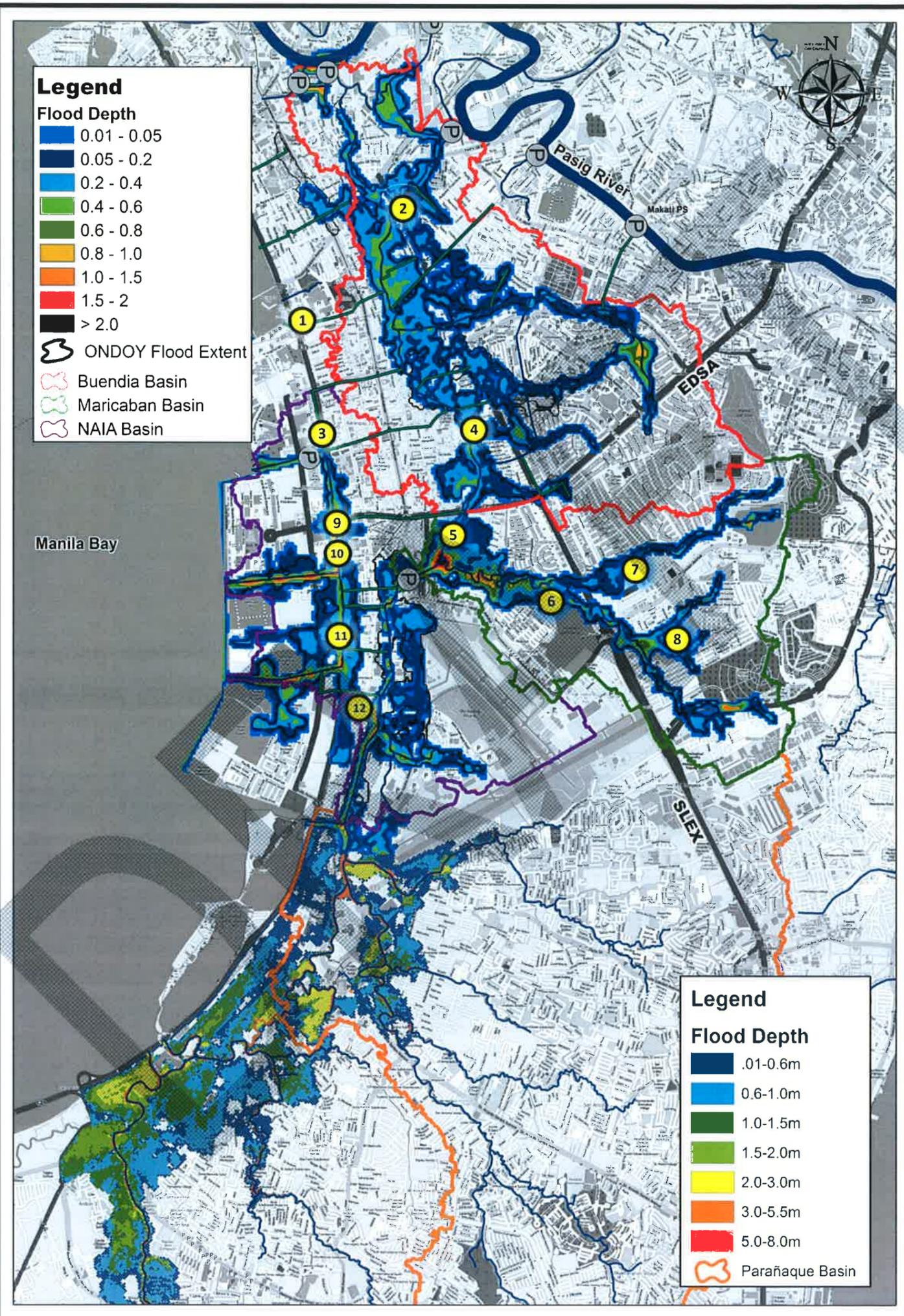
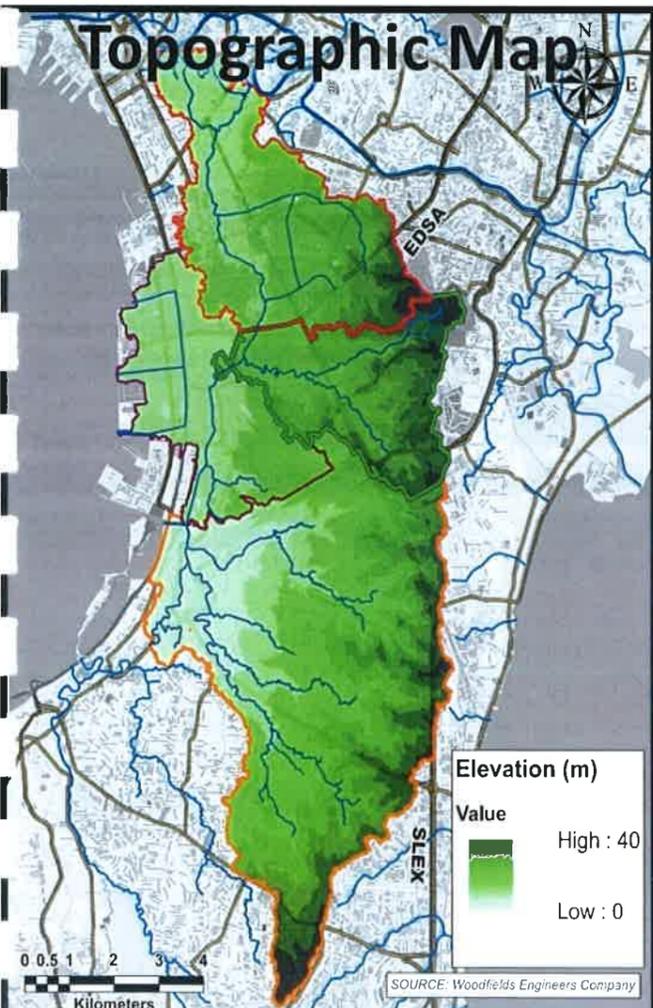
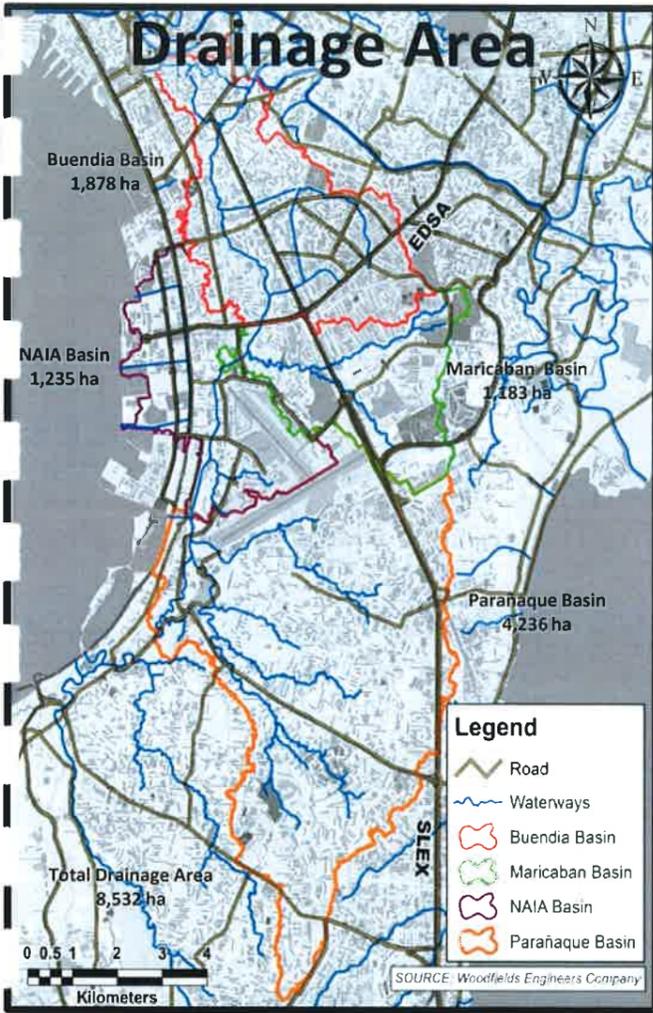
**Urgent Works for Las-Piñas River**

Woodfields Engineers Company	DPWH UPMO FCMC	4/4
------------------------------	----------------------	-----

**Buendia-Maricaban-NAIA-Parañaque  
Drainage Improvement Works**

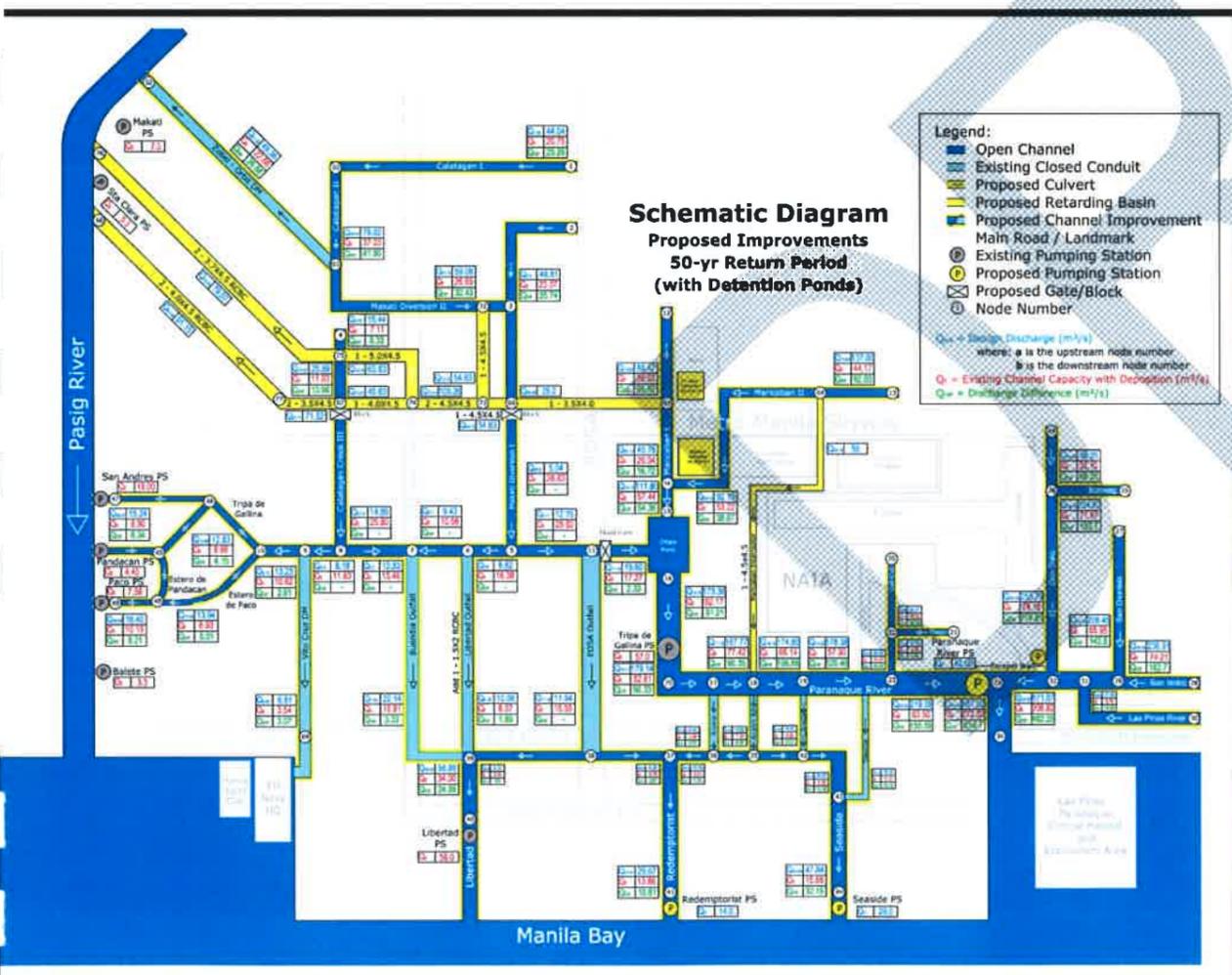
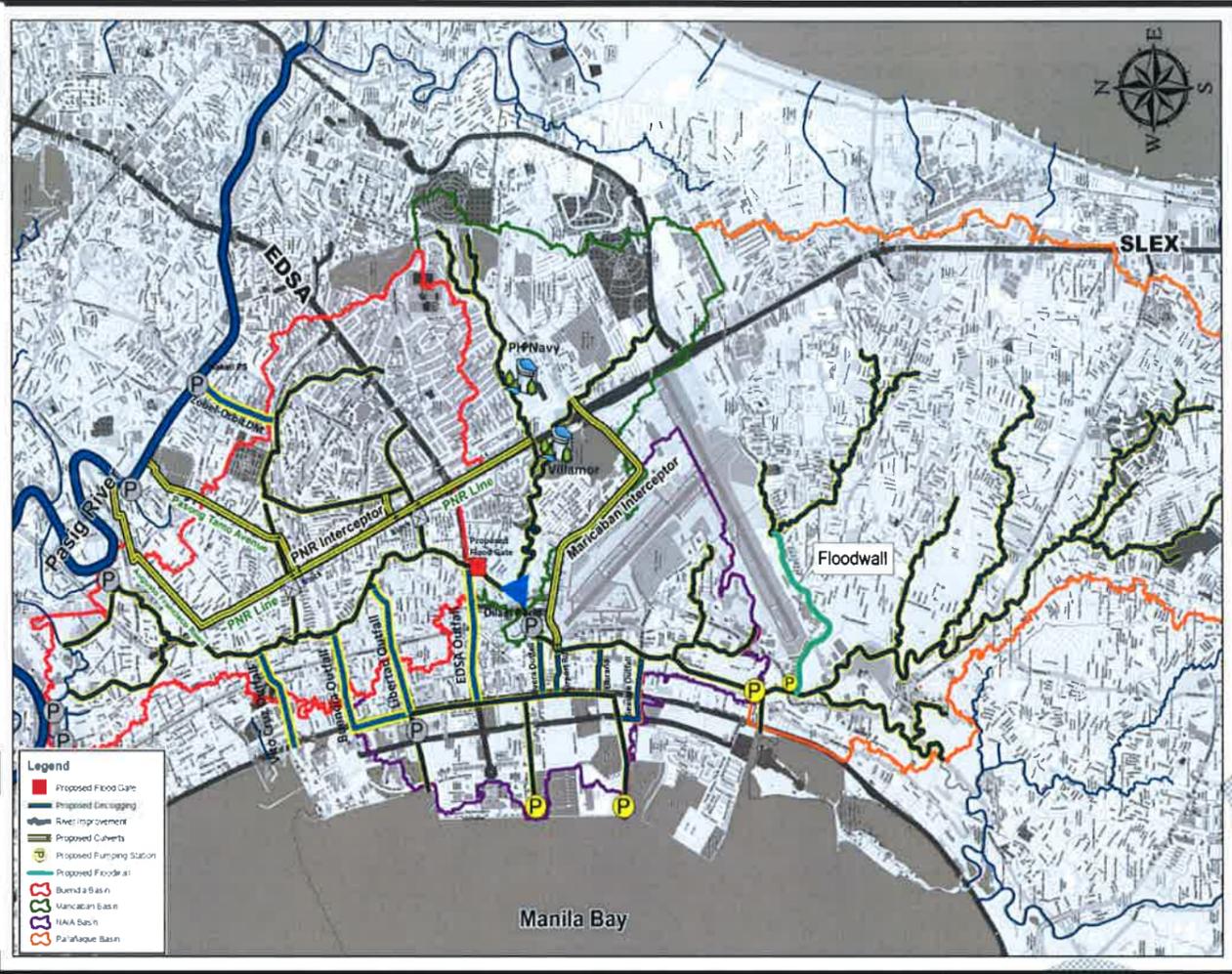
---

Various Flood Control Projects



VARIOUS FLOOD CONTROL PROJECTS IN METRO MANILA  
 BUENDIA – MARICABAN – NAIA – PARANAQUE  
 DRAINAGE IMPROVEMENT WORKS

### 50-Year Return Period Inundation Map



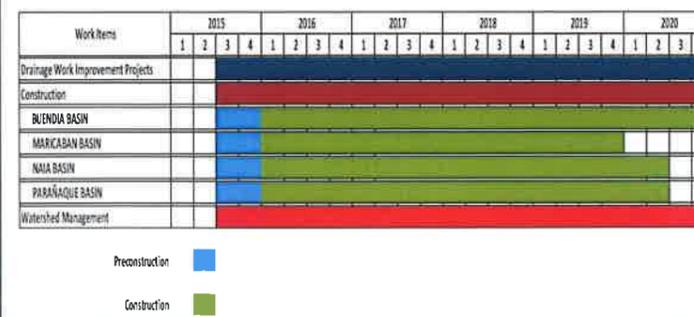
## Estimated Project Cost

Buendia Basin		
Work Items	Quantity	Cost (M Php)
<b>Priority 1. Declogging</b>		
1. Libertad	1,847 m <sup>3</sup>	6
2. EDSA	2,450 m <sup>3</sup>	6
3. Vito Cruz	264 m <sup>3</sup>	5
4. Zobel-Orbit	2,654 m <sup>3</sup>	5
5. Buendia	2,886 m <sup>3</sup>	7
<b>Priority 2. Dredging</b>		
1. Calatagan Creek I	1,710 m	15
2. Calatagan Creek II	1,000 m	9
3. Calatagan Creek III	2,560 m	23
4. Makati Diversion Channel I	1,083 m	12
5. Makati Diversion Channel II	1,990 m	22
6. Estero de Pandacan	3,123 m	60
7. Estero de Provisor	1,020 m	31
8. Estero de Paco	887 m	15
9. Estero de Tripa de Gallina	4,378 m	69
<b>Priority 3. PNR Interceptor</b>		
1. 1 barrel of 3.5x4.0	1850 m	581
2. 1 barrel of 4.5x4.5	658 m	280
3. 2 barrels of 4.5x4.5	1500 m	1,248
4. 1 barrel of 5.0x4.5	560 m	259
5. 1 barrel of 4.0x4.5	115 m	44
6. 2 barrels of 3.7x4.5	2100 m	1,398
7. 2 barrels of 3.5x4.5	730 m	459
8. 2 barrels of 4.0x4.5	3070 m	2,186
<b>Priority 4. Flood Gate</b>		
1. Flood Gate	10x3.0 m	16
<b>Maricaban Basin</b>		
Work Item		Cost (M Php)
<b>Priority 1.a. Dredging</b>		
1. Maricaban Creek I	2,275 m	48
2. Maricaban Creek II	4052 m	86
3. Maricaban Creek III	4268 m	72
<b>Priority 1.b. Retarding Pond</b>		
1. Villamor Detention	96,000 m <sup>3</sup>	65
2. PH Navy	80,000 m <sup>3</sup>	54
<b>Priority 3. Maricaban Interceptor</b>		
1. 1 Barrel of 4.5 x 4.5	4,012 m	1,706

NAIA Basin		
Work Items	Quantity	Cost (M Php)
<b>Priority 1. Dredging</b>		
1. Inland Channel	2,760 m	47
2. Libertad Channel	970 m	49
3. Baclaran Channel	1,490 m	68
4. Seaside Channel	1,520 m	49
5. Parañaque Channel	3,650 m	150
6. Cut-cut	1922 m	22
7. Ibayo	1057 m	11
<b>Priority 2. Declogging</b>		
1. Rivera	267 m <sup>3</sup>	2
2. Airport Rd	701 m <sup>3</sup>	2
3. Librada	324 m <sup>3</sup>	2
4. Seaside	55 m <sup>3</sup>	3
<b>Priority 3a. Pumping Station</b>		
1. Redemptorist PS	14 m <sup>3</sup> /s	834
2. Seaside PS	28 m <sup>3</sup> /s	1,668
3. Parañaque PS	42 m <sup>3</sup> /s	2,502
<b>Priority 3b. Detention Basin</b>		
1. Redemptorist PS	104389 m <sup>3</sup>	71
2. Seaside PS	106349 m <sup>3</sup>	72
3. Parañaque PS	1455271 m <sup>3</sup>	988
<b>Parañaque Basin</b>		
Work Items		Cost (M Php)
<b>Priority 1. Dredging</b>		
1. Baliwag	5,000 m	28
2. South Parañaque	793 m	33
3. San Dionisio	2,831 m	26
4. San Isidro	16,809 m	246
5. Don Bosco	2,468 m	31
<b>Priority 2. Parapet Wall</b>		
1. Don Galo	5,238 m	1,823
<b>Priority 3. Relief Pumping Station</b>		
1. NAIA PS	1 m <sup>3</sup> /s	60

**Total Project Cost                      Php 17,573 M**

## Project Implementation

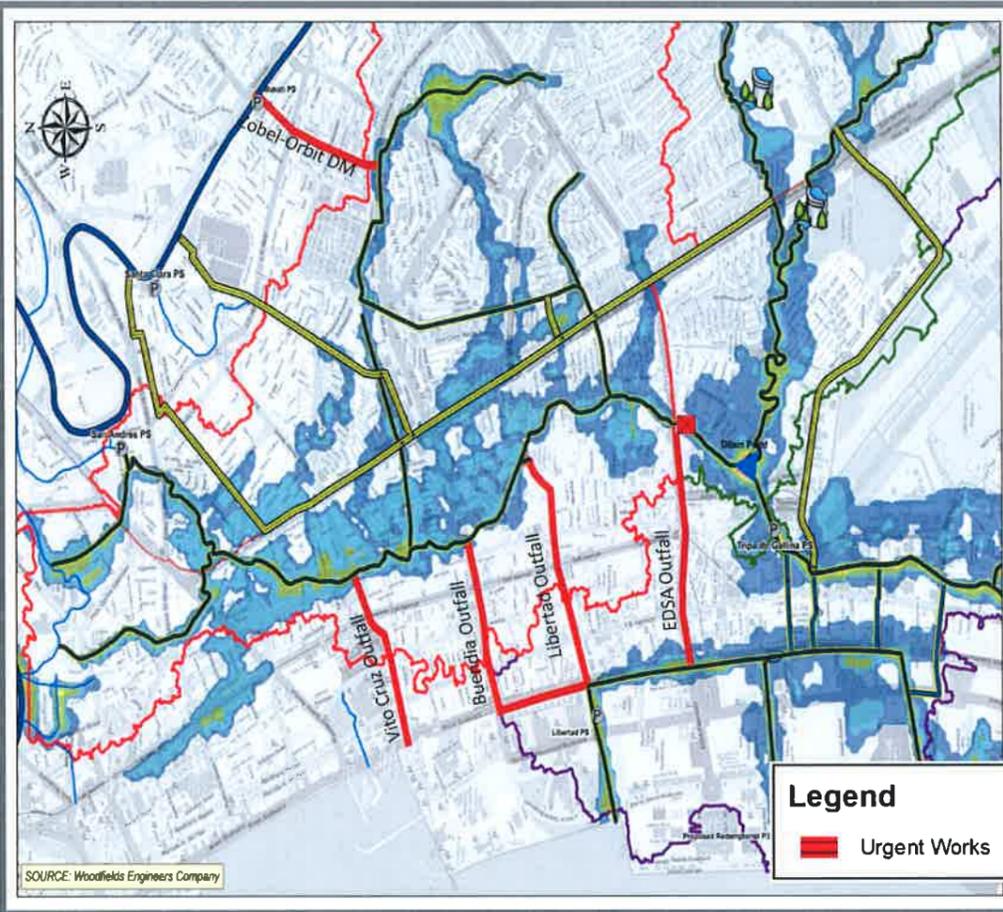


**VARIOUS FLOOD CONTROL PROJECTS IN METRO MANILA  
BUENDIA – MARICABAN – NAIA – PARANAQUE  
DRAINAGE IMPROVEMENT WORKS**

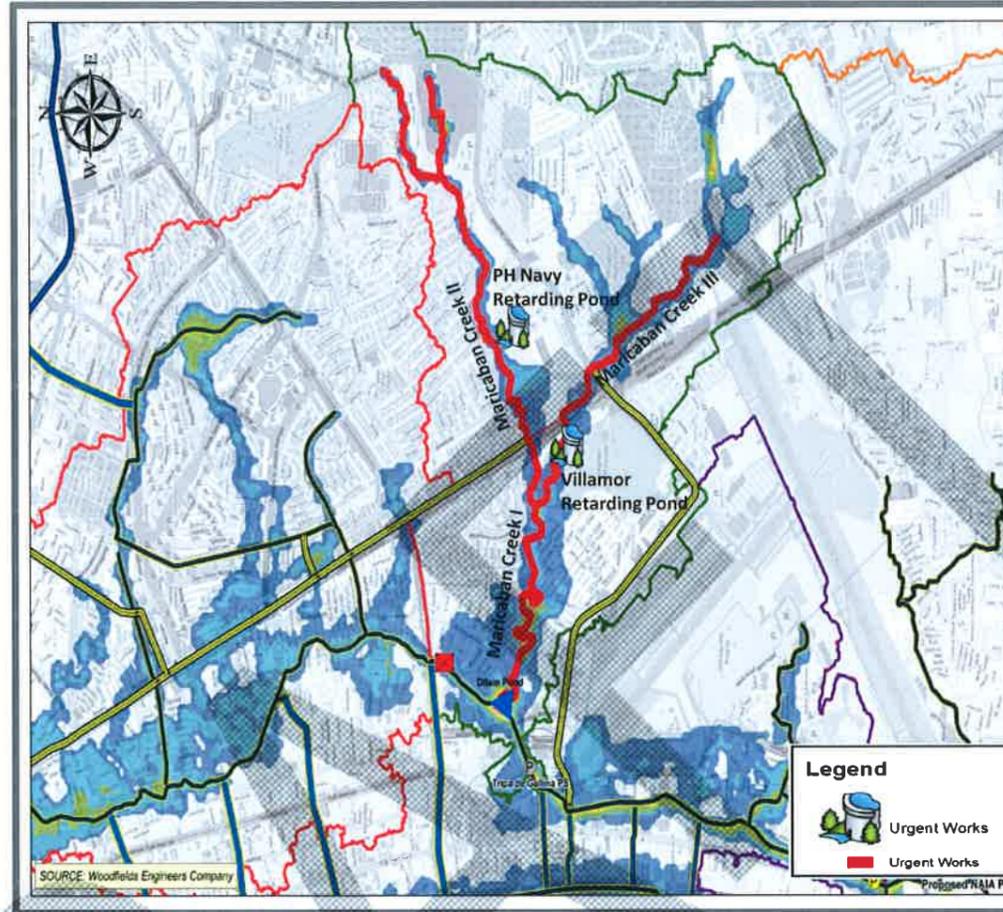
**Drainage Improvement Plan  
(50-Year Return Period)**



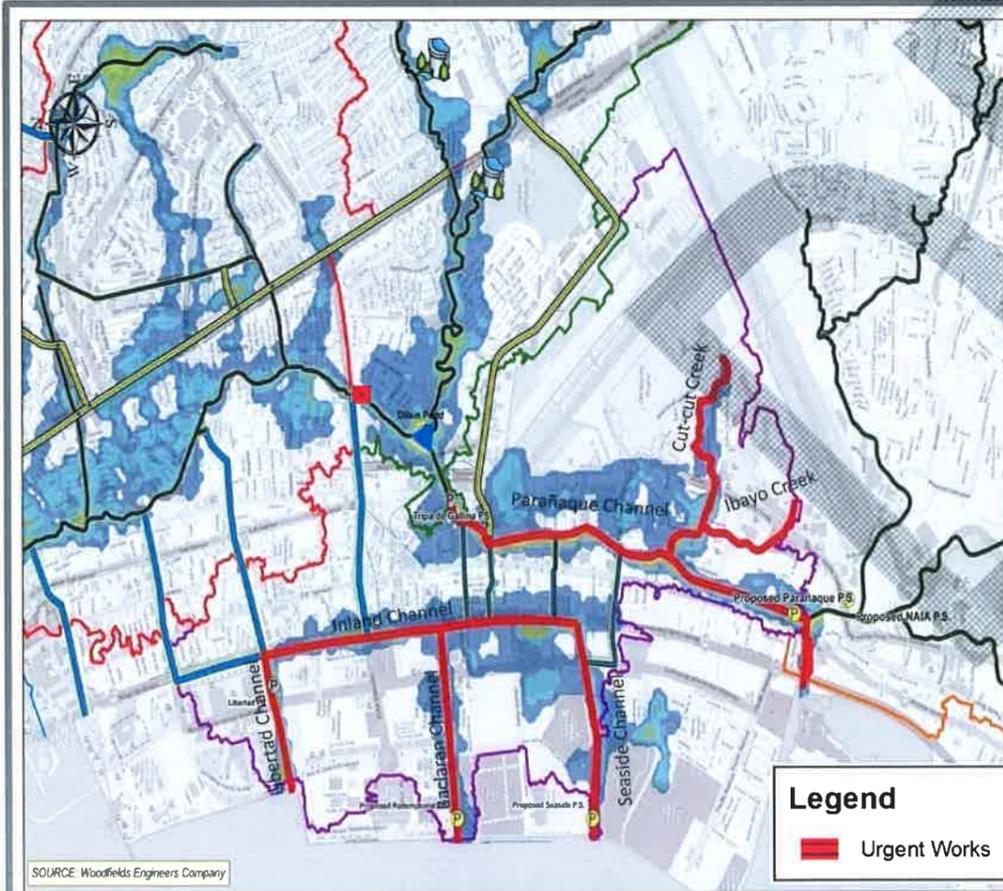
# Buendia Basin



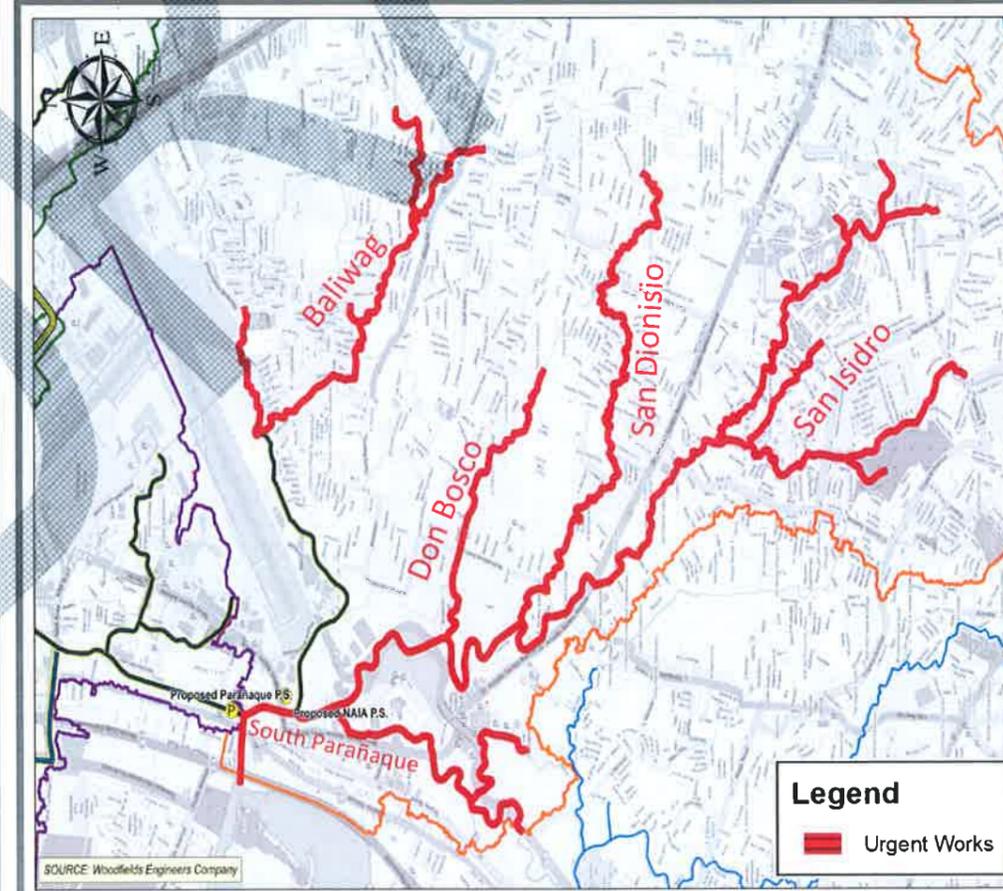
# Maricaban Basin



# NAIA Basin



# Parañaque Basin



## Construction Cost

Work Items	Quantity	Cost (Mil Php)
<b>Buendia Basin</b>		
<b>Declogging</b>		<b>29</b>
1. Libertad	1,847 m <sup>3</sup>	6
2. EDSA	2,450 m <sup>3</sup>	6
3. Vito Cruz	264 m <sup>3</sup>	5
4. Zobel-Orbit	2,654 m <sup>3</sup>	5
5. Buendia	2,886 m <sup>3</sup>	7
<b>Maricaban Basin</b>		
<b>Dredging</b>		<b>206</b>
1. Maricaban Creek I	2,275 m	48
2. Maricaban Creek II	4052 m	86
3. Maricaban Creek III	4268 m	72
<b>Retarding Pond</b>		<b>119</b>
1. Villamor Detention	96,000 m <sup>3</sup>	65
2. PH Navy	80,000 m <sup>3</sup>	54
<b>NAIA Basin</b>		
<b>Dredging</b>		<b>395</b>
1. Inland Channel	2,760 m	47
2. Libertad Channel	970 m	49
3. Baclaran Channel	1,490 m	68
4. Seaside Channel	1,520 m	49
5. Parañaque Channel	3,650 m	150
6. Cut-cut	1922 m	22
7. Ibayo	1057 m	11
<b>Parañaque Basin</b>		
<b>Dredging</b>		<b>363</b>
1. Baliwag	5000 m	28
2. South Parañaque	793 m	33
3. San Dionisio	2831 m	26
4. San Isidro	16809 m	246
5. Don Bosco	2468 m	31

## Implementation Schedule

Work Items	Construction Cost	2016				2017				2018				2019				2020			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>MARICABAN BASIN</b>																					
Dredging																					
Maricaban Creek I	48																				
Maricaban Creek II	86																				
Maricaban Creek III	72																				
Retarding Pond																					
Villamor Detention	65																				
PH Navy Detention	54																				
<b>NAIA BASIN</b>																					
Dredging																					
Inland Channel	47																				
Libertad Channel	49																				
Baclaran Channel	68																				
Seaside Channel	49																				
Parañaque Channel	150																				
Cut-cut	22																				
Ibayo	11																				
<b>BUENDIA BASIN</b>																					
Declogging																					
Libertad	6																				
EDSA	6																				
Vito Cruz	5																				
Zobel-Orbit	5																				
Buendia	7																				
<b>PARAÑAQUE BASIN</b>																					
Dredging																					
Baliwag	28																				
South Parañaque	33																				
San Dionisio	26																				
San Isidro	246																				
Don Bosco	31																				

### VARIOUS FLOOD CONTROL PROJECTS IN METRO MANILA BUENDIA – MARICABAN – NAIA – PARANAQUE DRAINAGE IMPROVEMENT WORKS

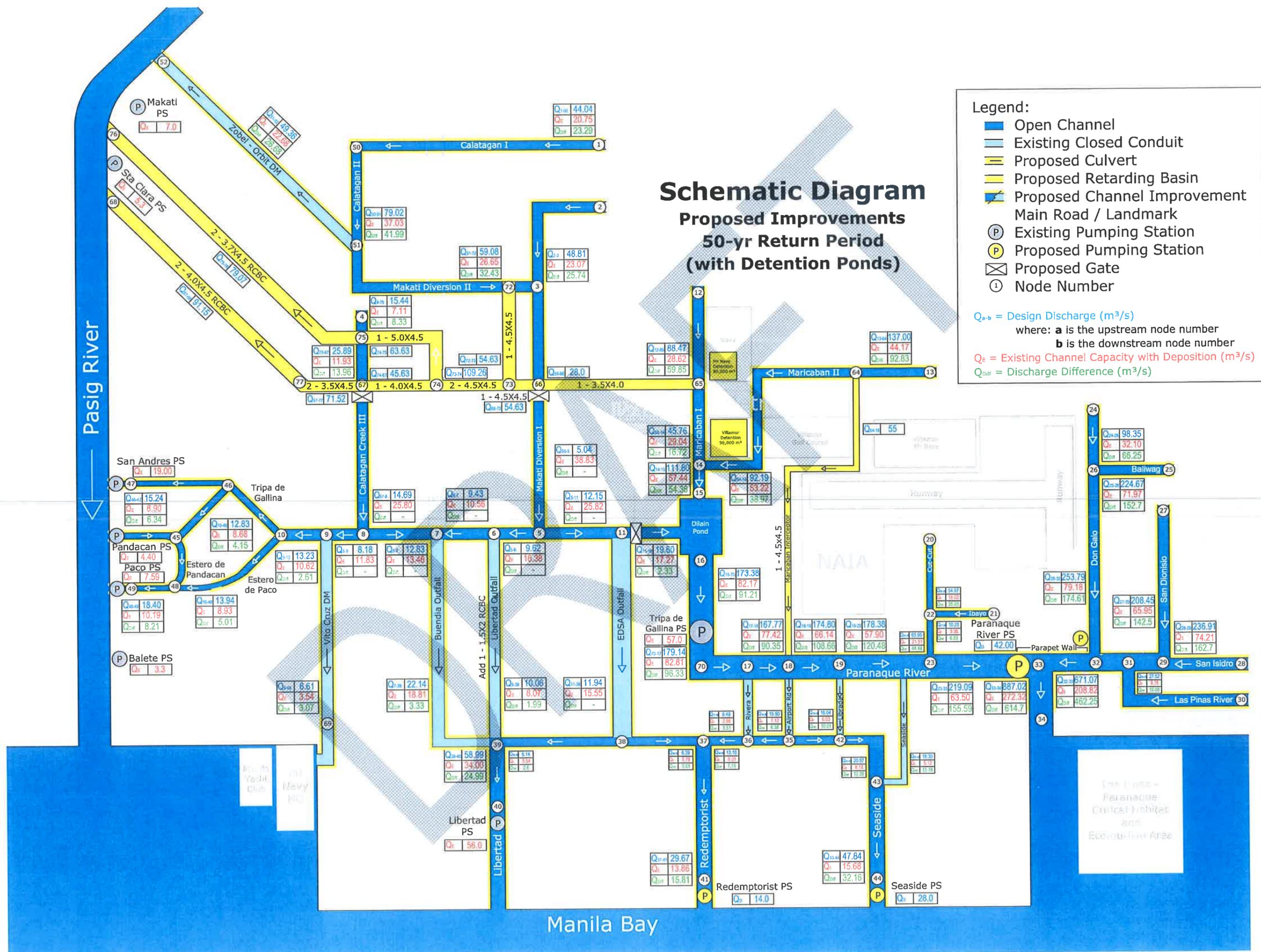
#### Urgent Works



**Woodfields  
Engineers  
Company**



**DPWH  
UPMO  
FCMC**



## Schematic Diagram Proposed Improvements 50-yr Return Period (with Detention Ponds)

**Legend:**

- █ Open Channel
- █ Existing Closed Conduit
- █ Proposed Culvert
- █ Proposed Retarding Basin
- █ Proposed Channel Improvement
- Main Road / Landmark
- P Existing Pumping Station
- P Proposed Pumping Station
- Proposed Gate
- 1 Node Number

$Q_{a-b}$  = Design Discharge ( $m^3/s$ )  
 where: **a** is the upstream node number  
       **b** is the downstream node number

$Q_e$  = Existing Channel Capacity with Deposition ( $m^3/s$ )

$Q_{diff}$  = Discharge Difference ( $m^3/s$ )

Manila Bay

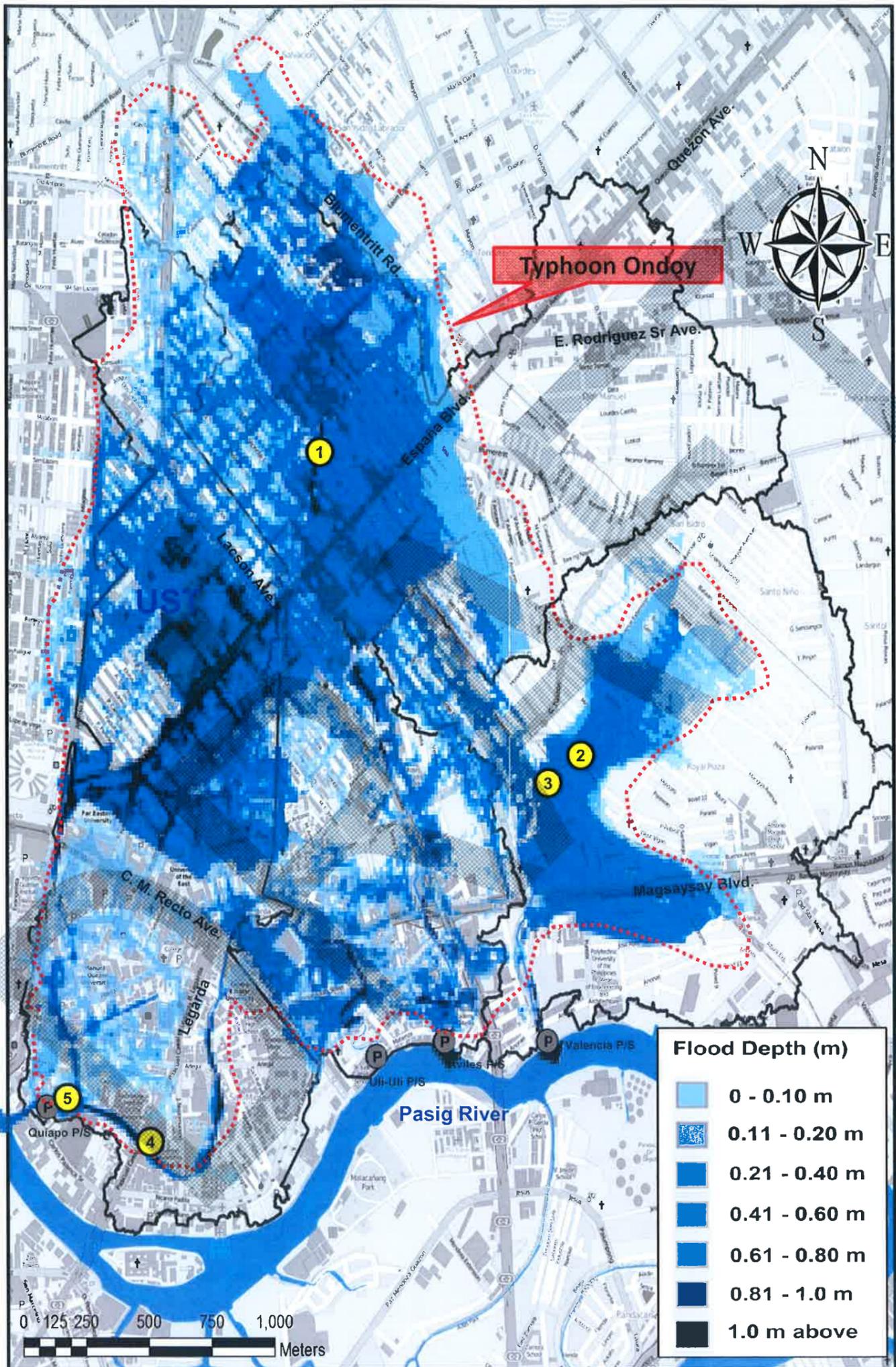
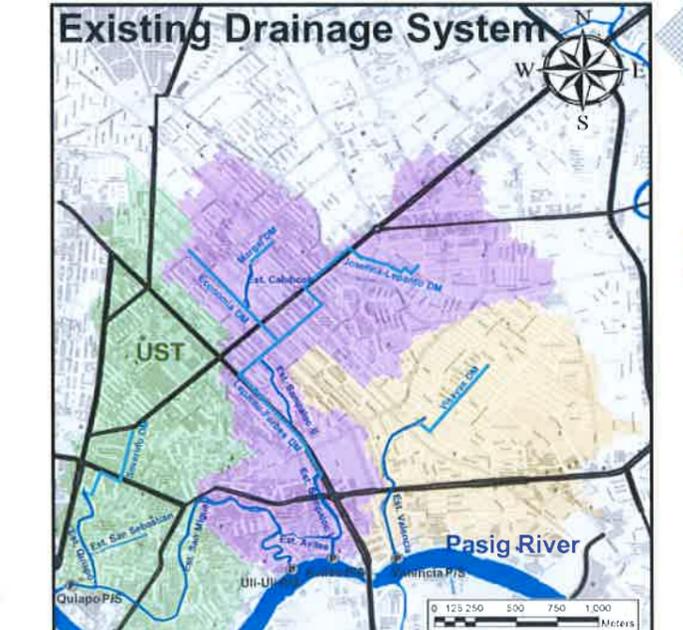
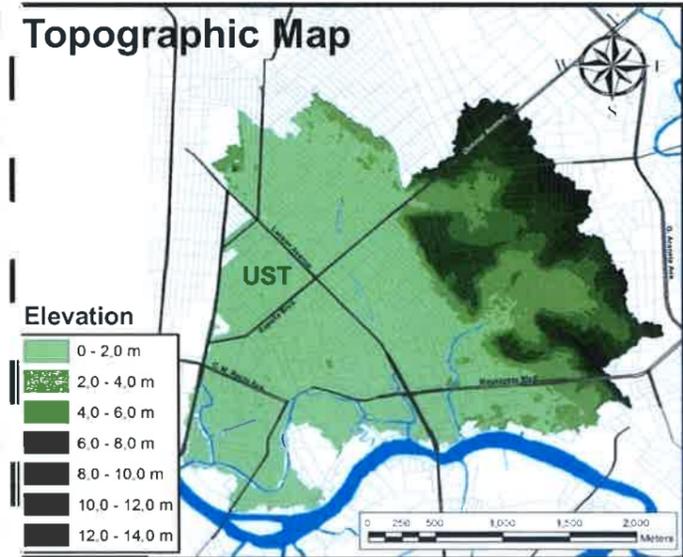
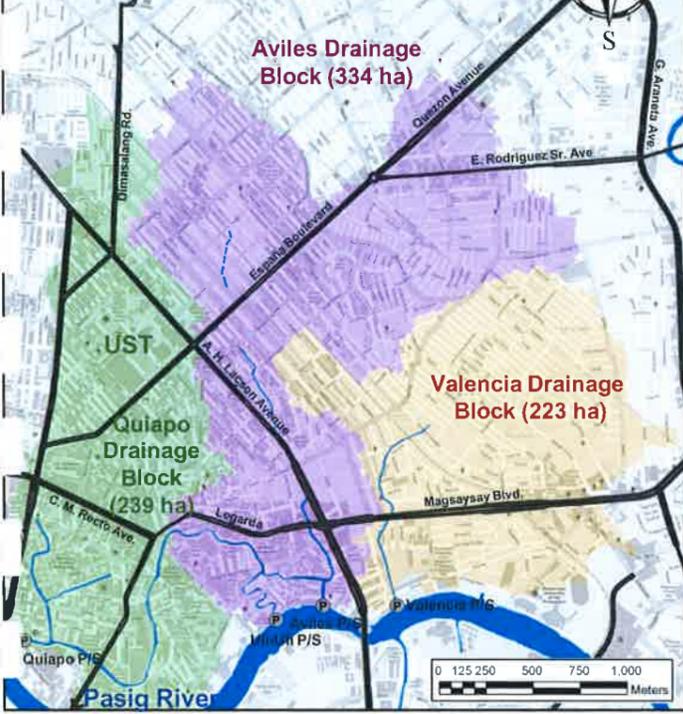
DRAFT

**España-UST  
Drainage Improvement Works**

---

Various Flood Control Projects

**Drainage Area  
(796 hectares)**



# Existing Conditions

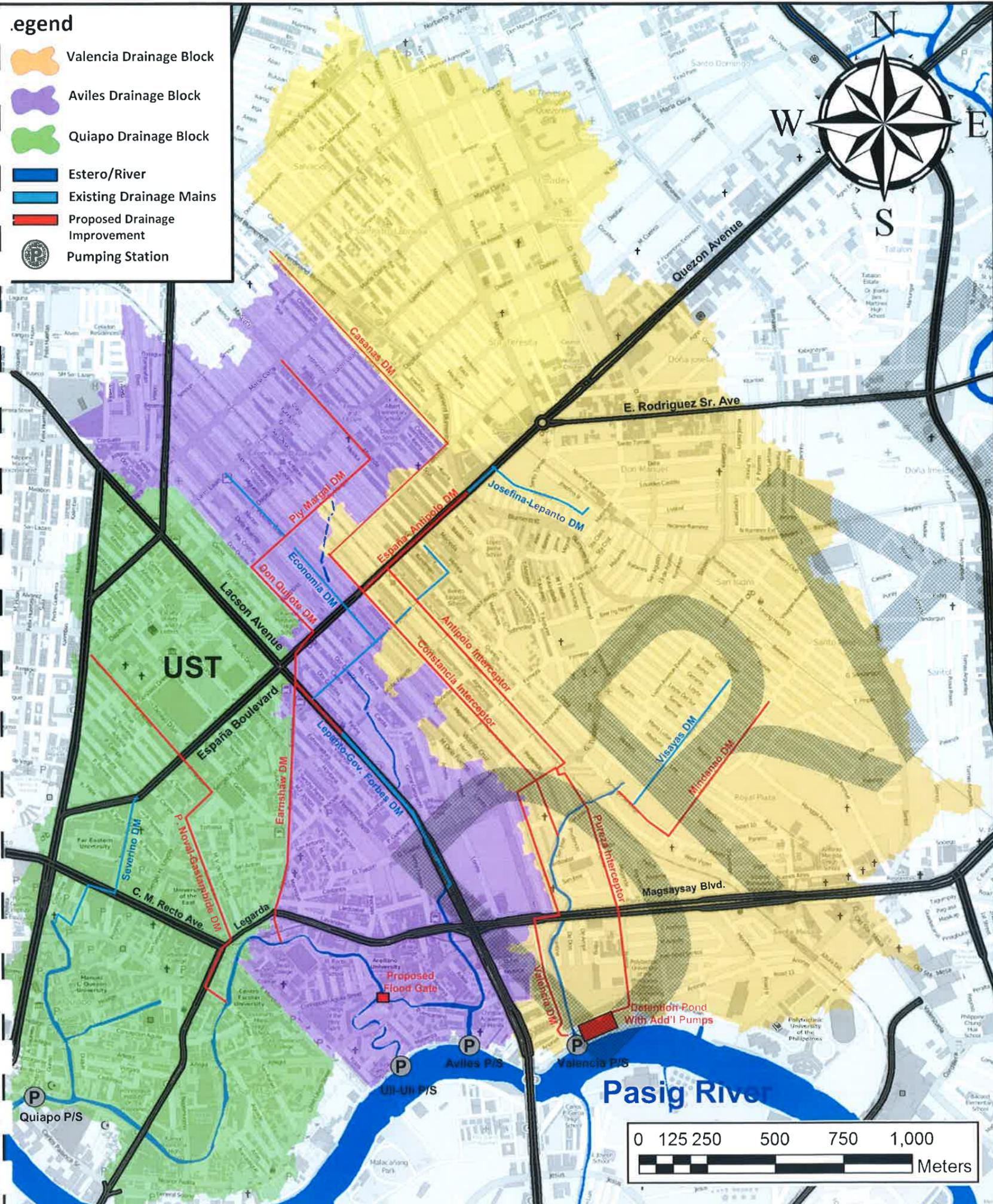
**Other Causes of Flooding**

1. Siltation & garbage deposition inside the existing drainage mains
2. Raising of roads resulting to alteration of ground surface/topography
3. Upward invert slope of within drainage mains resulting to inadequacy
4. Undersized design of drainage mains

## VARIOUS FLOOD CONTROL PROJECTS IN METRO MANILA ESPAÑA-UST DRAINAGE IMPROVEMENT WORKS

### 50-Year Return Period Inundation Map

Woodfields Engineers Company	DPWH UPMO FCMC	<p>1/3</p>
------------------------------	----------------	------------



### Project Cost of Proposed Drainage Improvement Plan

VALENCIA DRAINAGE BLOCK		AVILES DRAINAGE BLOCK		QUIAPO DRAINAGE BLOCK	
WORK ITEM	ESTIMATED COST (in Million Pesos)	WORK ITEM	ESTIMATED COST (in Million Pesos)	WORK ITEM	ESTIMATED COST (in Million Pesos)
<b>A. ADD'L DRAINAGE MAINS</b>		<b>A. ADD'L DRAINAGE MAINS</b>		<b>A. ADD'L DRAINAGE MAINS</b>	
Mindanao DM	219.40	Piy Margal Extension DM	170.64	P. Noval-Gastambide DM	393.11
España-Antipolo DM	189.04	Don Quijote DM	187.94	<b>B. DECLEGGING</b>	
Antipolo Interceptor	540.03	Lacson DM	30.81	Severino DM	3.35
Constancia Interceptor	541.48	Earnshaw DM	240.16	<b>C. DREDGING</b>	
Pureza Interceptor	542.30	<b>B. DECLEGGING</b>		Estero de Quiapo	22.10
Valencia DM	278.45	Economia DM	2.72	<b>TOTAL</b>	
Casanas DM	397.90	Piy Margal DM	0.72	<b>418.57</b>	
<b>B. DECLEGGING</b>		Lepanto - Gov. Forbes DM	7.06	<b>C. DREDGING</b>	
Visayas DM	4.34	<b>C. DREDGING</b>		Estero de Calubcob	0.91
Josefina-Lepanto DM	3.54	Estero de Sampaloc I	5.86	<b>D. RECONSTRUCTION</b>	
<b>C. DREDGING</b>		Estero de San Miguel	38.53	Lepanto - Gov. Forbes DM	180.41
Estero de Valencia with Widening	15.27	<b>D. RECONSTRUCTION</b>		DM	17.60
<b>D. DETENTION AREA</b>		<b>E. FLOOD GATE</b>		<b>TOTAL</b>	
<b>E. ADDITIONAL PUMPS</b>		Lepanto - Gov. Forbes DM		<b>883.36</b>	
<b>F. BRIDGE RECONSTRUCTION</b>		DM			
		E. FLOOD GATE			
		TOTAL			
<b>TOTAL</b>		<b>5537.91</b>			

**GRAND TOTAL: Php 6.84 B**

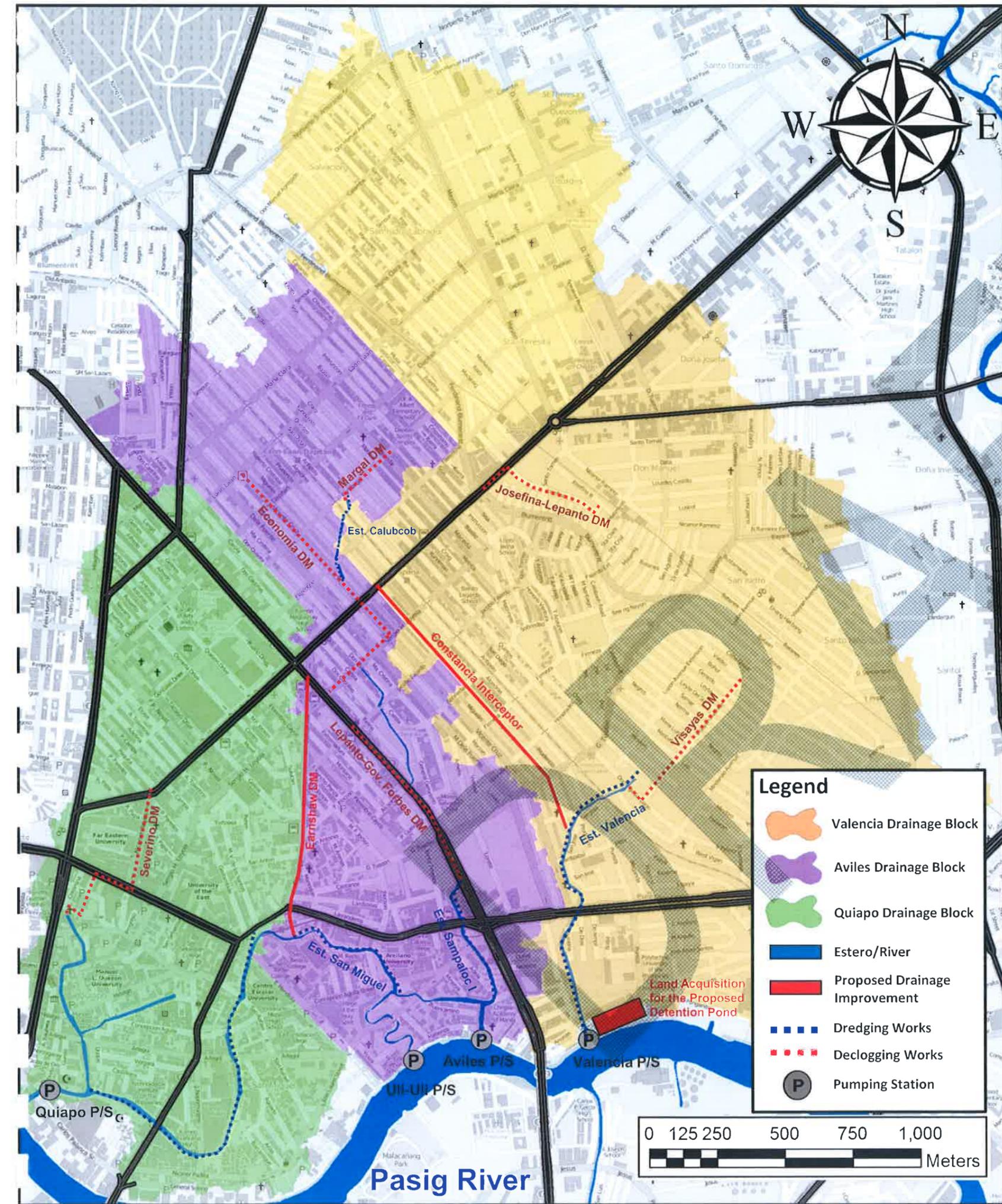
### Implementation Schedule

Projects/Works/Phases	CONSTRUCTION COST (in Php Million)	PROJECT DURATION																	
		2015				2016				2017				2018				2019	
<b>ESPAÑA-UST DRAINAGE IMPROVEMENT</b>																			
<b>I. Valencia Drainage Block</b>																			
1. Dredging of Esteros	16																		
2. Declogging of Existing Drainage Mains	8																		
3. Detention Pond	78																		
4. Bridge Reconstruction	112																		
5. Installation of Adult Pumping Stations	2502																		
6. Puraza Interceptor	542																		
7. Valencia Interceptor	540																		
8. Mindanao DM	219																		
9. Antipolo Interceptor	541																		
10. Constancia Interceptor	541																		
11. España-Antipolo DM	189																		
12. Casanas DM	398																		
<b>II. Aviles Drainage Block</b>																			
1. Dredging of Esteros	46																		
2. Declogging of Existing Drainage Mains	11																		
3. Earnshaw DM	240																		
4. Rehabilitation of Lepanto-Forbes DM	168																		
5. Lacson DM	31																		
6. Don Quijote DM	188																		
7. Piy Margal DM	171																		
8. Flood Gate	18																		
<b>III. Quiapo Drainage Block</b>																			
1. Dredging of Esteros	22																		
2. Declogging of Existing Drainage Mains	3																		
3. Gastambide DM	393																		
<b>COMPENSATION COST</b>	112																		
<b>TOTAL</b>	<b>6840</b>																		

### VARIOUS FLOOD CONTROL PROJECTS IN METRO MANILA ESPAÑA-UST DRAINAGE IMPROVEMENT WORKS

Recommended Drainage Improvement Plan  
(50-year Return Period)

Woodfields Engineers Company	DPWH UPMO FCMC	2/3
------------------------------	----------------	-----



### Project Cost for Urgent Works

WORK ITEM	Estimated Cost (in Million Pesos)
<b>I. Valencia Drainage Block</b>	
1. Dredging of Esteros	
a. Estero de Valencia	15.3
2. Declogging of Drainage Mains	
a. Josefina-Lepanto DM	3.54
b. Visayas DM	4.34
3. Land Acquisition for Detention Pond	205.8
4. Constanca Interceptor	541.5
5. Additional Pumps	2,500
<b>II. Aviles Drainage Block</b>	
1. Dredging of Esteros	
a. Estero de Calubcob	0.91
b. Estero de Sampaloc I	5.86
c. Estero de San Miguel	38.53
2. Declogging of Drainage Mains	
a. Economia DM	2.72
b. Margal DM	0.72
c. Lepanto-Forbes DM	7.06
4. Earnshaw DM	240.2
5. Reconstruction of Lepanto-Forbes DM	180.4
6. Lacson DM	30.8
<b>III. Quiapo Drainage Block</b>	
1. Dredging of Esteros	
a. Estero de Quiapo	22.1
2. Declogging of Drainage Mains	
a. Severino DM	3.4
<b>TOTAL</b>	<b>3,802.80</b>

### Implementation Schedule for Urgent Works

Projects/Works/Phases	CONSTRUCTION COST (In Php Million)	PROJECT DURATION							
		2015				2016			
ESPAÑA-UST DRAINAGE IMPROVEMENT		1	2	3	4	1	2	3	4
<b>I. Valencia Drainage Block</b>									
1. Dredging of Esteros	15.3			7.65	7.65				
2. Declogging of Existing Drainage Mains	7.9			3.95	3.95				
4. Land Acquisition for Detention Pond	205.8			51.45	51.45	51.45	51.45		
5. Installation of Add'l Pumps									
5a. Package 1	833.20							833.2	
5b. Package 2	833.20								833.2
5c. Package 3	833.20								833.2
6. Constanca Interceptor	541.5			135.38	135.38	135.38	135.38		
<b>II. Aviles Drainage Block</b>									
1. Dredging of Esteros	45.3			22.65	22.65				
2. Declogging of Existing Drainage Mains	10.5			10.5					
3. Earnshaw DM	240.2			120.1	120.1				
4. Rehabilitation of Lepanto-Forbes DM	180.4			180.4					
5. Lacson DM	30.8						30.8		
<b>III. Quiapo Drainage Block</b>									
1. Dredging of Esteros	22.1			7.3667	7.3667	7.3667			
2. Declogging of Existing Drainage Mains	3.4			1.7	1.7				
<b>TOTAL</b>	<b>3802.80</b>								

### VARIOUS FLOOD CONTROL PROJECTS IN METRO MANILA ESPAÑA-UST DRAINAGE IMPROVEMENT WORKS

#### Urgent Works



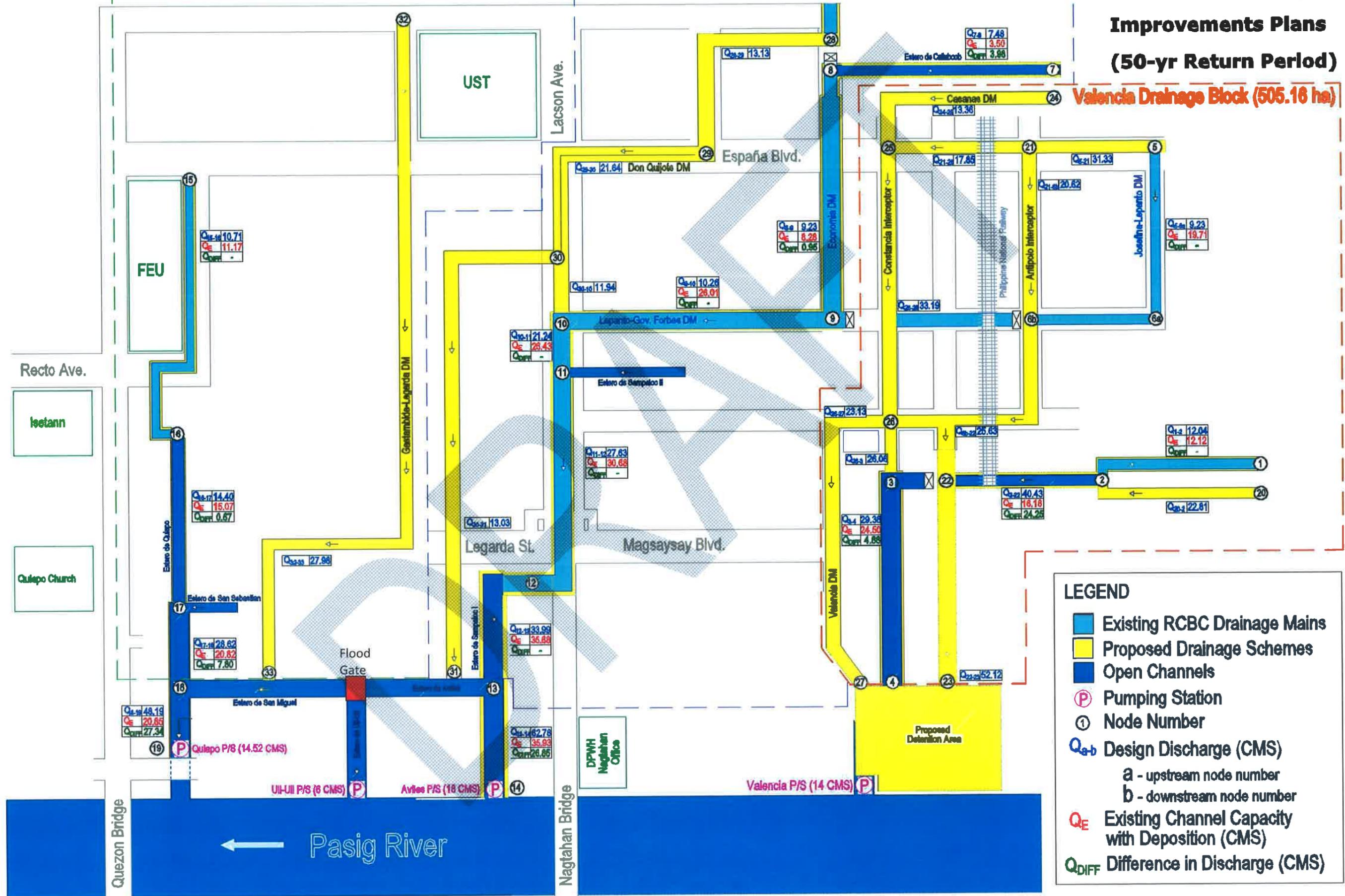
# Schematic Diagram

## Proposed Drainage Improvements Plans (50-yr Return Period)

Quiapo Drainage Block (215.29 ha)

Aviles Drainage Block (205.94 ha)

Valencia Drainage Block (505.16 ha)



**LEGEND**

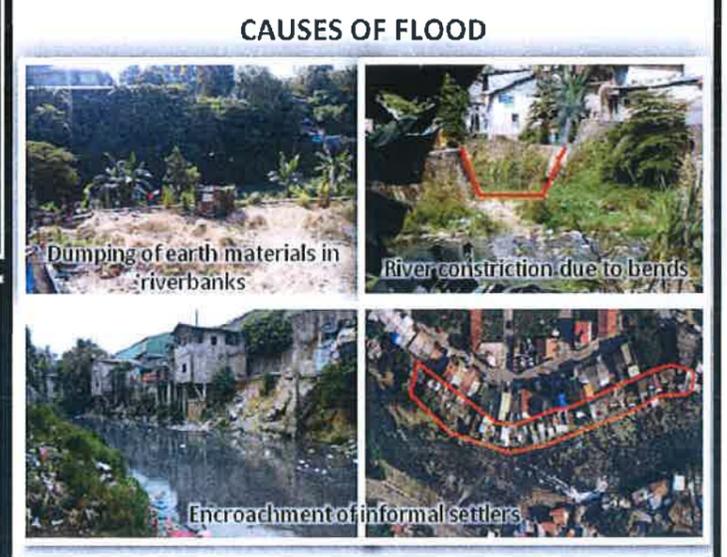
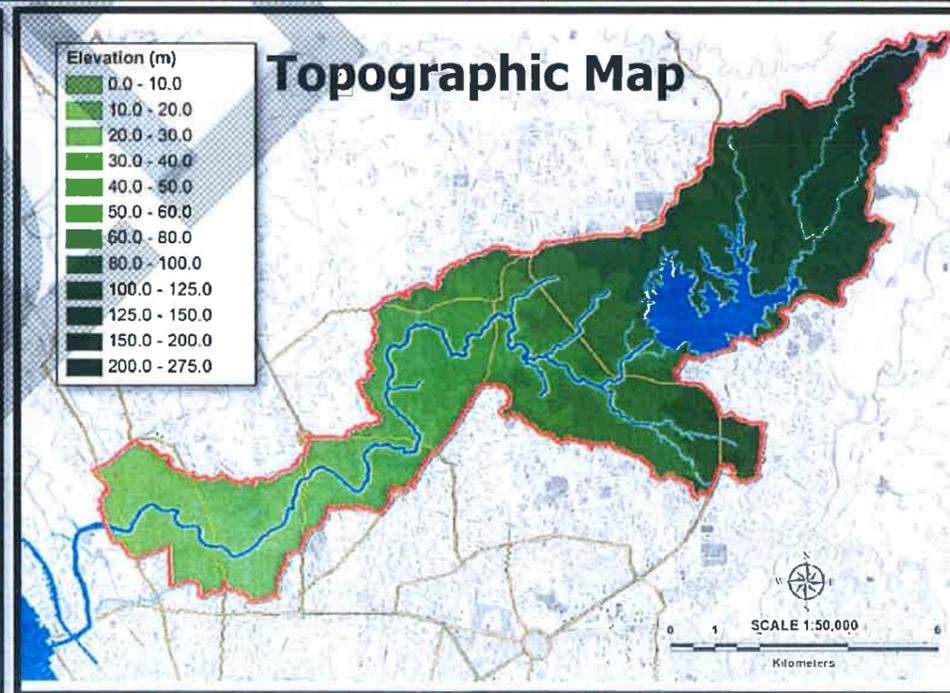
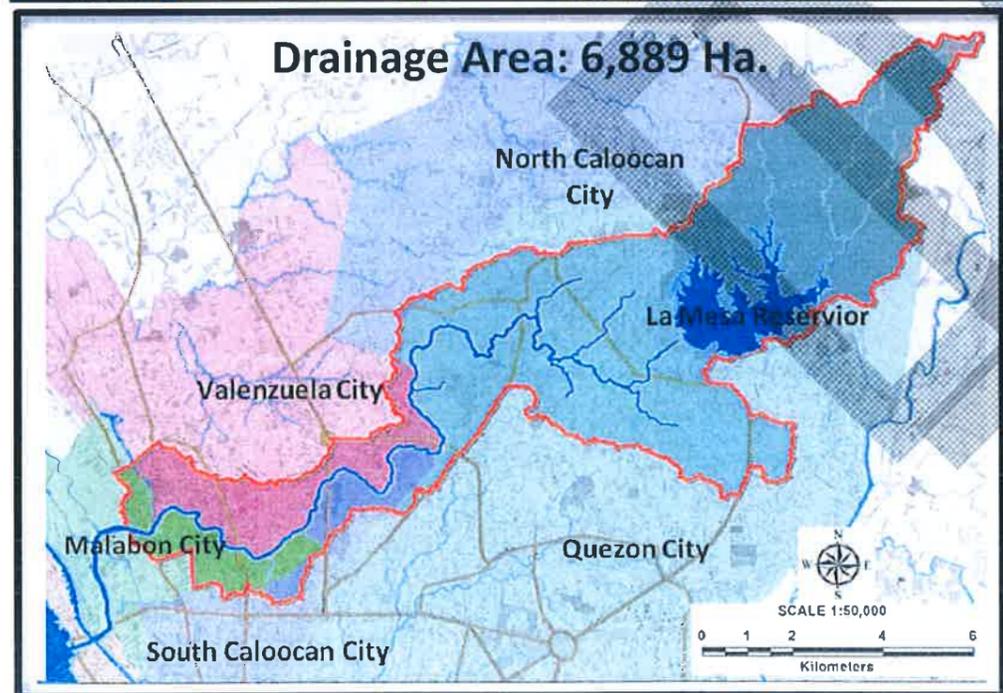
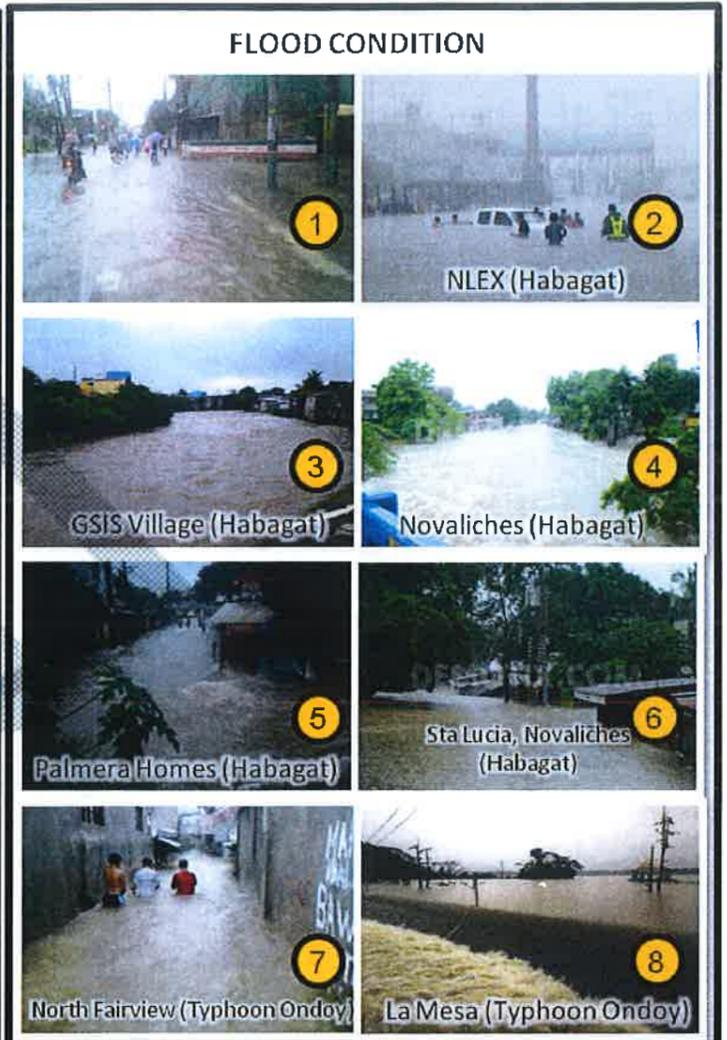
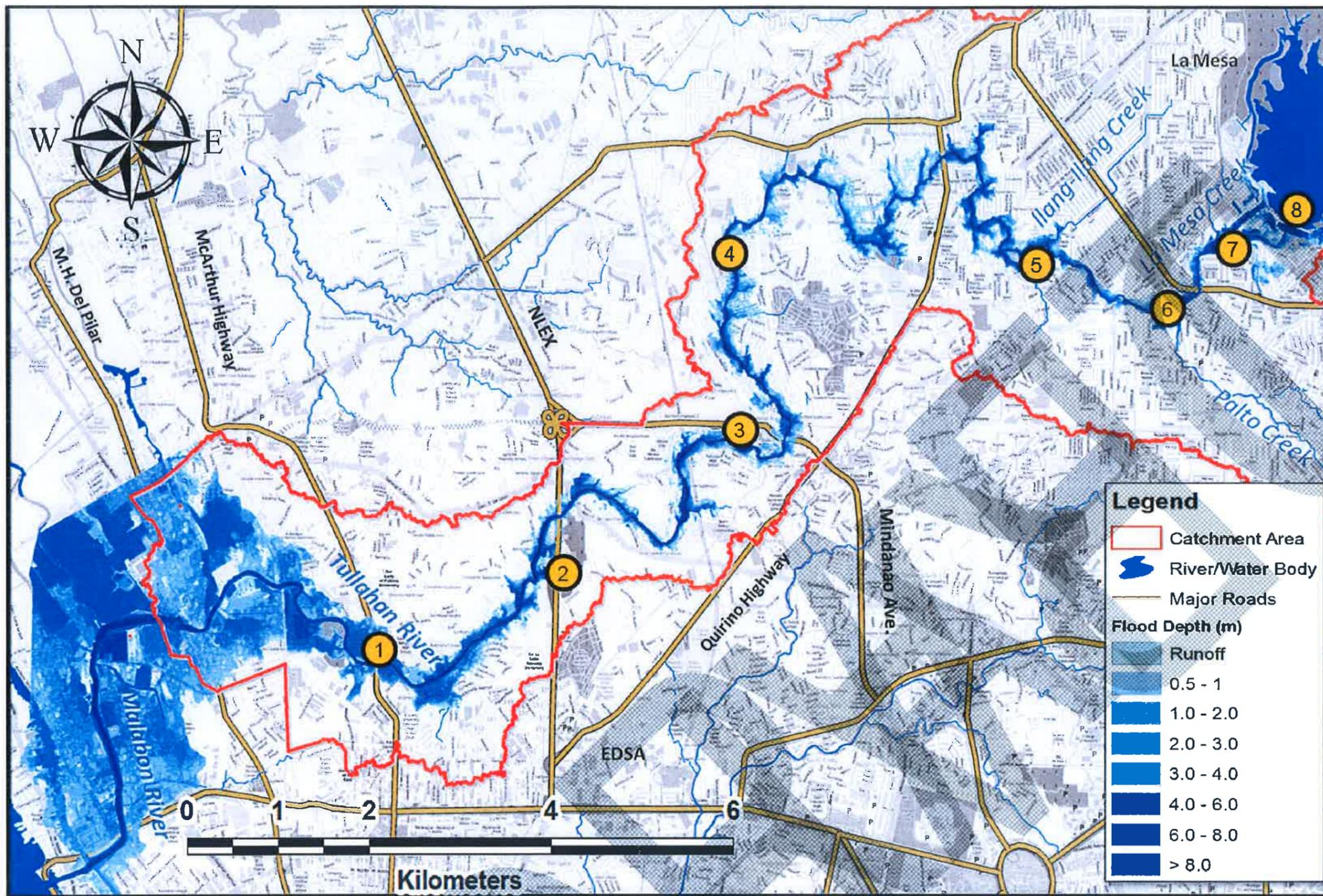
- Existing RCBC Drainage Mains
- Proposed Drainage Schemes
- Open Channels
- P Pumping Station
- 1 Node Number
- $Q_{a-b}$  Design Discharge (CMS)  
a - upstream node number  
b - downstream node number
- $Q_E$  Existing Channel Capacity with Deposition (CMS)
- $Q_{DIFF}$  Difference in Discharge (CMS)

DRAFT

# **Tullahan River Improvement Works**

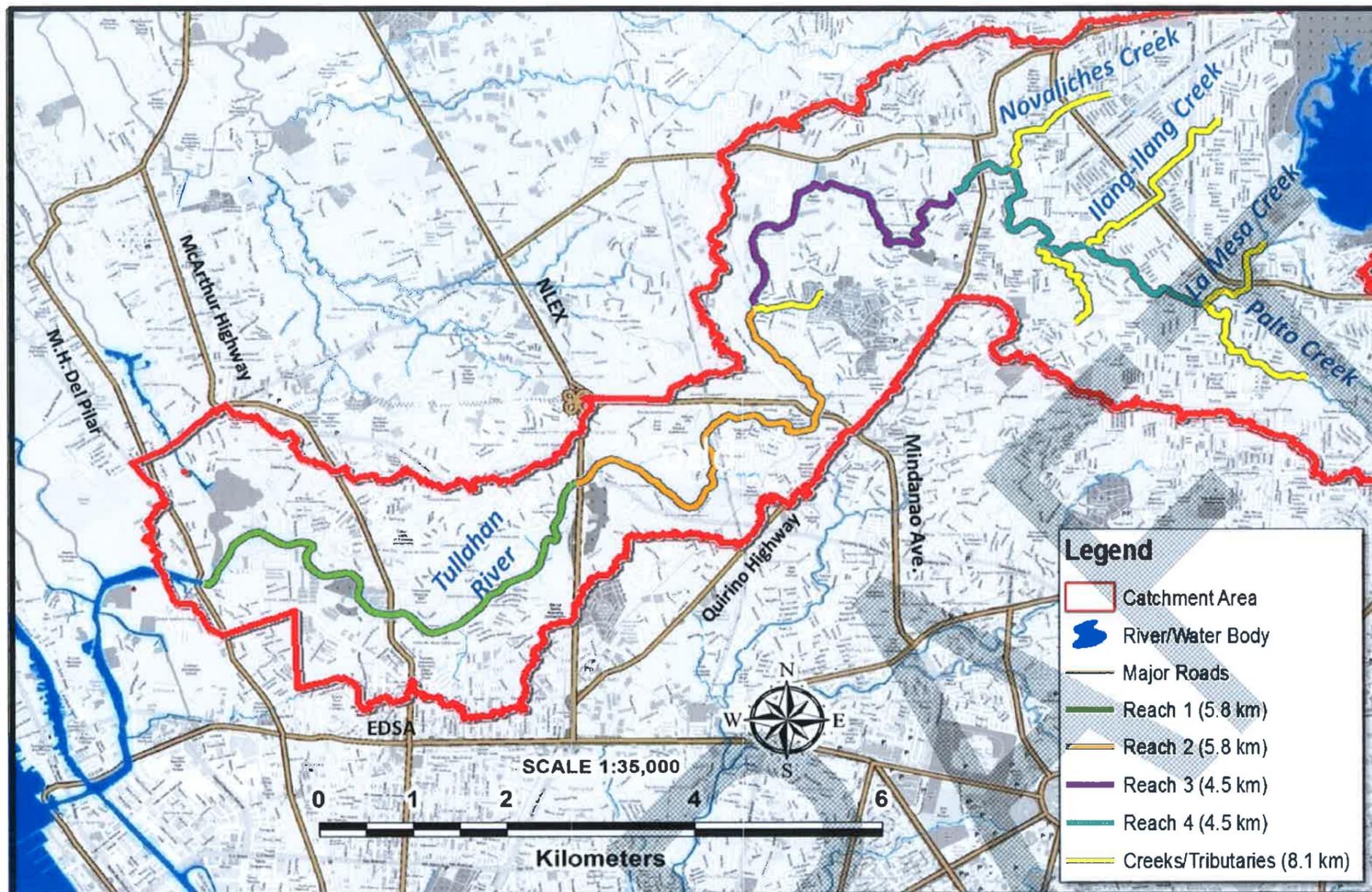
---

Various Flood Control Projects



**VARIOUS FLOOD CONTROL PROJECTS IN METRO MANILA**  
Tullahan River Improvements Works  
Inundation Map (100 year return period)

Woodfields Engineers Company	DPWH UPMO FCMC	1/3
------------------------------	----------------	-----



RIVER IMPROVEMENT WORKS	
Reach 1 (6.3 km)	Tenejeros Bridge to NLEX
	a. dredging
	b. revetment
Reach 2 (5.4 km)	NLEX to San Pedro Subd. Bagbag, Novaliches
	a. dredging
	b. revetment
Reach 3 (4.5 km)	San Pedro Subd. Bagbag, Novaliches to Quirino Highway
	a. dredging
	b. revetment
Reach 4 (4.5 km)	San Pedro Subd. Bagbag, Novaliches to Quirino Highway
	a. dredging
	b. revetment
Tributaries (8.1 km)	
	a. dredging
	b. revetment

PROJECT COST					
	Reach 1	Reach 2	Reach 3	Reach 4	Tributaries
LENGTH (km)	6.3	5.4	4.5	4.5	8.1
<b>RIVER IMPROVEMENT COST</b>					
A. Dredging and Excavation	336	288	240	240	433
B. Revetment Works	3,764	3,222	2,686	2,686	1,660
C. Bridge Reconstruction	153	-	103	220	160
Compensation/Land Acquisition Cost	551	529	443	415	583
<b>PROJECT COST (Php Mil)</b>	<b>4,804</b>	<b>4,039</b>	<b>3,472</b>	<b>3,561</b>	<b>2,836</b>
<b>GRAND TOTAL</b>					<b>18,712</b>

IMPLEMENTATION SCHEDULE	2015				2016				2017				2018				2019				2020			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. Compensation/Right-of-Way Acquisition																								
2. Tullahan River Improvement																								
Reach 1 (6.3 km)																								
Reach 2 (5.4 km)																								
Reach 3 (4.5 km)																								
Reach 4 (4.5 km)																								
3. Improvement of Tributaries																								
La Mesa Creek (1.23 km)																								
Palto/Libis Creek (1.85 km)																								
Ilang-Ilang Creek (2.44 km)																								
Novaliches Creek (1.57 km)																								
Unnamed Creek (1.00 km)																								
4. Flood Plain Management																								
5. Watershed Management																								

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	TOTAL (Php Mil)
1. Tullahan River Improvement							
Reach 1 (6.3 km)	80	1,040	1,636	1,426	622	0	4,804
Reach 2 (5.4 km)	0	365	1,154	1,154	1,116	250	4,039
Reach 3 (4.5 km)	0	0	687	1,175	1,122	488	3,472
Reach 4 (4.5 km)	0	0	126	1,213	1,177	1,045	3,561
2. Improvement of Tributaries							
La Mesa Creek (1.23 km)	68	1,097	0	0	0	0	1,165
Palto/Libis Creek (1.85 km)	0	436	0	0	0	0	436
Ilang-Ilang Creek (2.44 km)	0	205	410	0	0	0	615
Novaliches Creek (1.57 km)	0	93	274	0	0	0	367
Unnamed Creek (1.00 km)	0	0	253	0	0	0	253
<b>GRAND TOTAL</b>							<b>18,712</b>

**VARIOUS FLOOD CONTROL PROJECTS IN METRO MANILA**  
**Tullahan River Improvements Works**  
**Recommended River Improvement Plan**



**Woodfields  
Engineers  
Company**



**DPWH  
UPMO  
FCMC**

2/3

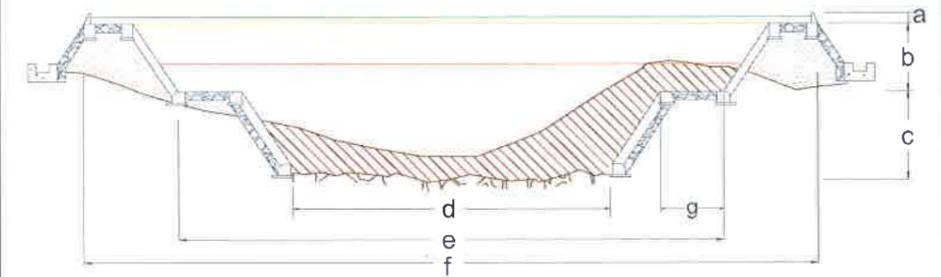
REACH 1 ESTIMATED COST

REACH 1	2015				2016				2017				2018				2019				TOTAL (Php Mil)
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1. Dredging and Excavation					21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	336
2. Revetment Works																					
Package 1A Left Bank (1.3 km)					49	49	49	49	49	49	49	49									388
Package 1B Right Bank (1.3 km)					49	49	49	49	49	49	49	49									388
Package 2A Left Bank (1.6 km)					40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40					478
Package 2B Right Bank (1.6 km)					40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40					478
Package 3A Left Bank (1.1 km)									41	41	41	41	41	41	41	41					329
Package 3B Right Bank (1.1 km)									41	41	41	41	41	41	41	41					329
Package 4A Left Bank (1.5 km)									37	37	37	37	37	37	37	37	38	38	38	38	448
Package 4B Right Bank (1.5 km)									37	37	37	37	37	37	37	37	38	38	38	38	448
Package 5A Left Bank (0.8 km)													30	30	30	30	30	30	30	30	239
Package 5B Right Bank (0.8 km)													30	30	30	30	30	30	30	30	239
3. Bridge Reconstruction																					
Tullahan Bridge (McArthur Highway)					30	30	30														91
Tulay na Bakal Bridge									31	31											62
4. Compensation/Land Acquisition Cost					40	40	40	40	39	39	39	39	39	39	39	39					551
<b>PROJECT COST (Php Mil)</b>																			<b>4,804</b>		

REACH 1 IMPLEMENTATION SCHEDULE

WORK ITEMS	2015	2016	2017	2018	2019	2020	TOTAL (Php Mil)
1. Dredging and Excavation		84	84	84	84		336
2. Revetment Works							
Package 1A Left Bank (1.3 km)		194	194				388
Package 1B Right Bank (1.3 km)		194	194				388
Package 2A Left Bank (1.6 km)		159	159	160			478
Package 2B Right Bank (1.6 km)		159	159	160			478
Package 3A Left Bank (1.1 km)			165	164			329
Package 3B Right Bank (1.1 km)			165	164			329
Package 4A Left Bank (1.5 km)			149	149	150		448
Package 4B Right Bank (1.5 km)			149	149	150		448
Package 5A Left Bank (0.8 km)				120	119		239
Package 5B Right Bank (0.8 km)				120	119		239
3. Bridge Reconstruction							
Tullahan Bridge (McArthur Highway)		91					91
Tulay na Bakal			62				62
4. Compensation/Land Acquisition Cost	80	159	156	156			551
<b>TOTAL COST FOR REACH 1 (Php Mil)</b>							<b>4,804</b>

TYPICAL CROSS-SECTION



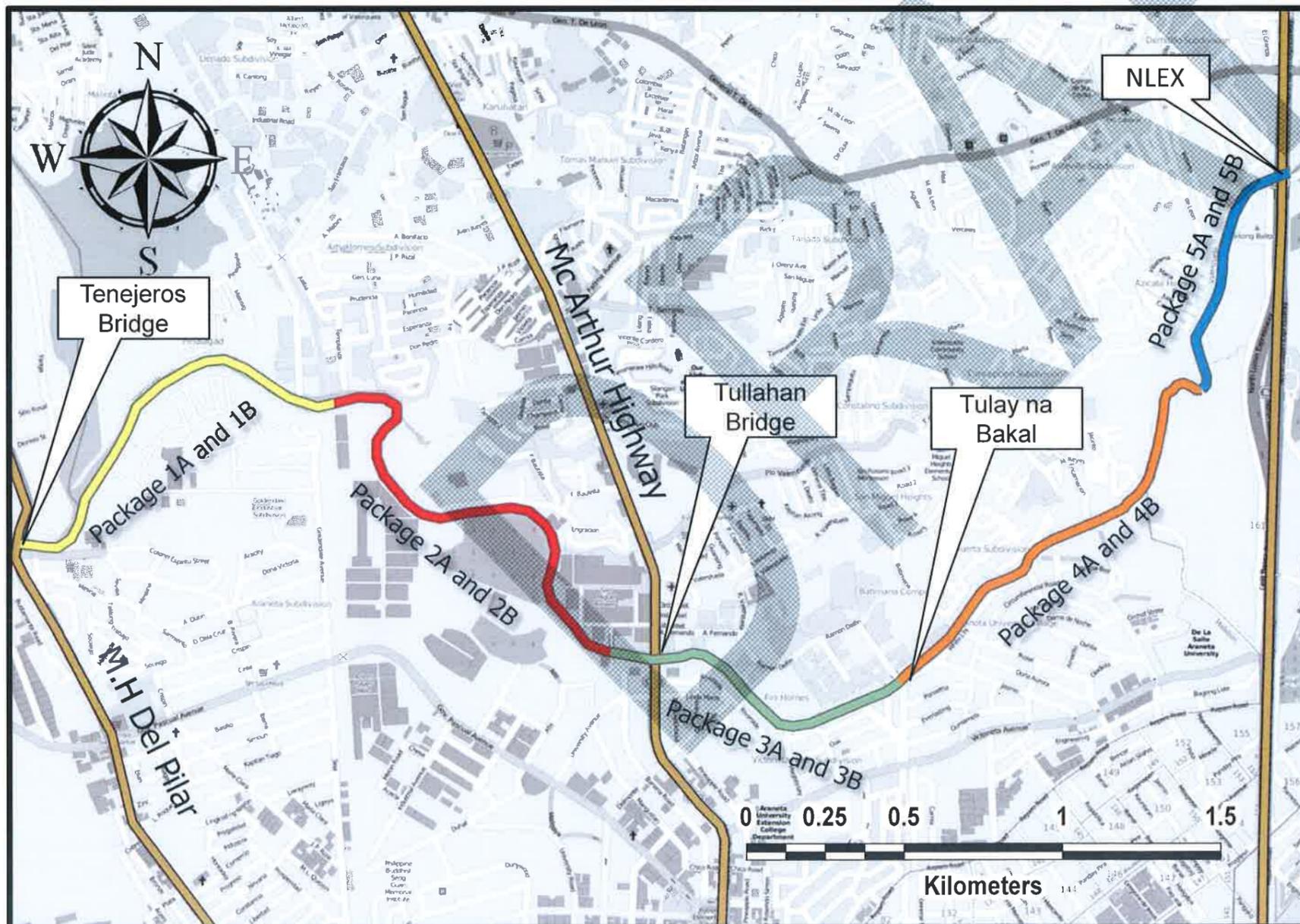
	Dimensions (m)		
a	1.0	e	45.0
b	3.0	f	55.0
c	3.5	g	3.0
d	35.0		

Flood Level

- 30 year
- 50 year
- 100 year
- Existing River Channel

Earth Works

- Fill
- Cut



VARIOUS FLOOD CONTROL PROJECTS IN METRO MANILA  
Tullahan River Improvements Works

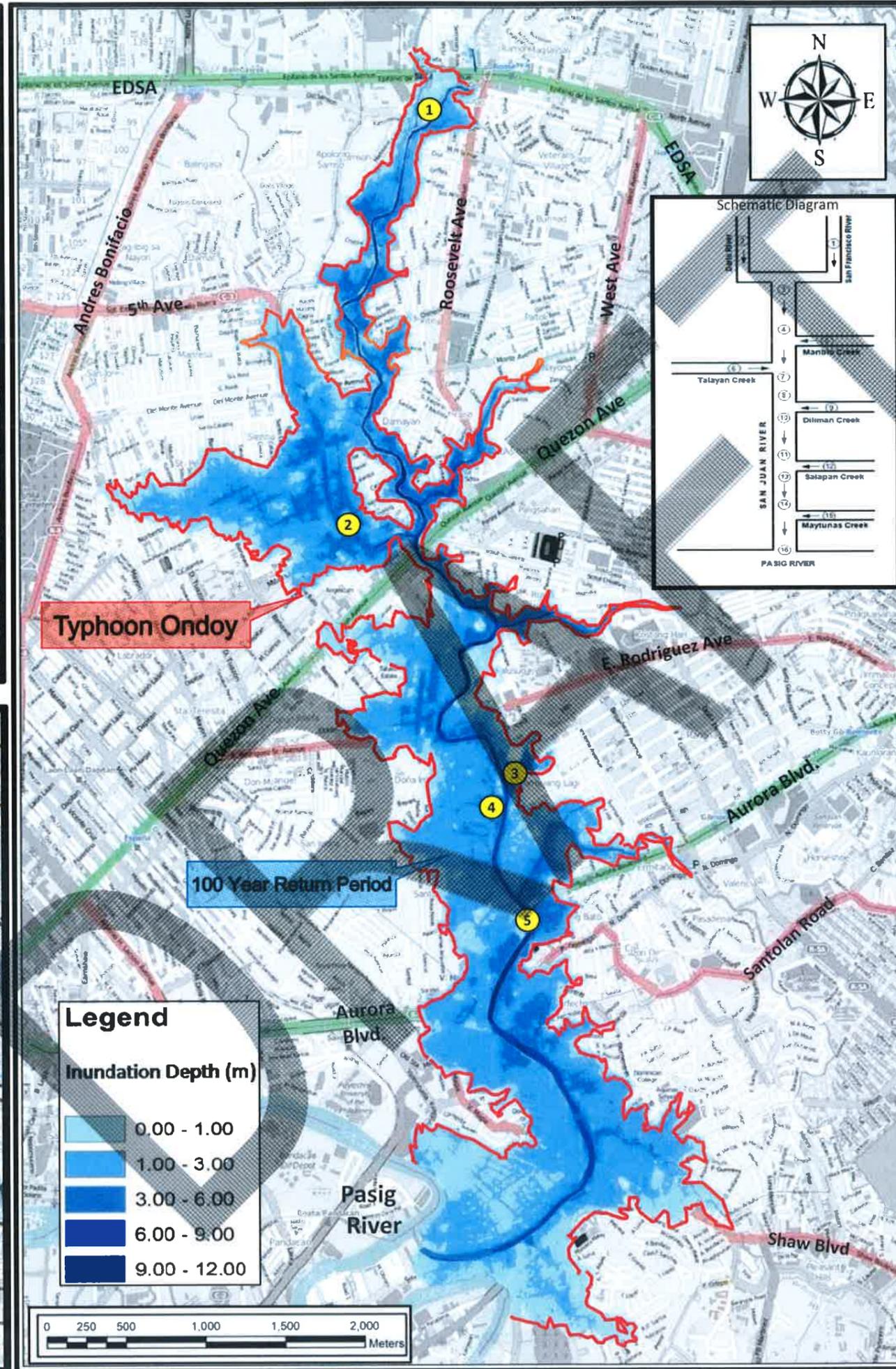
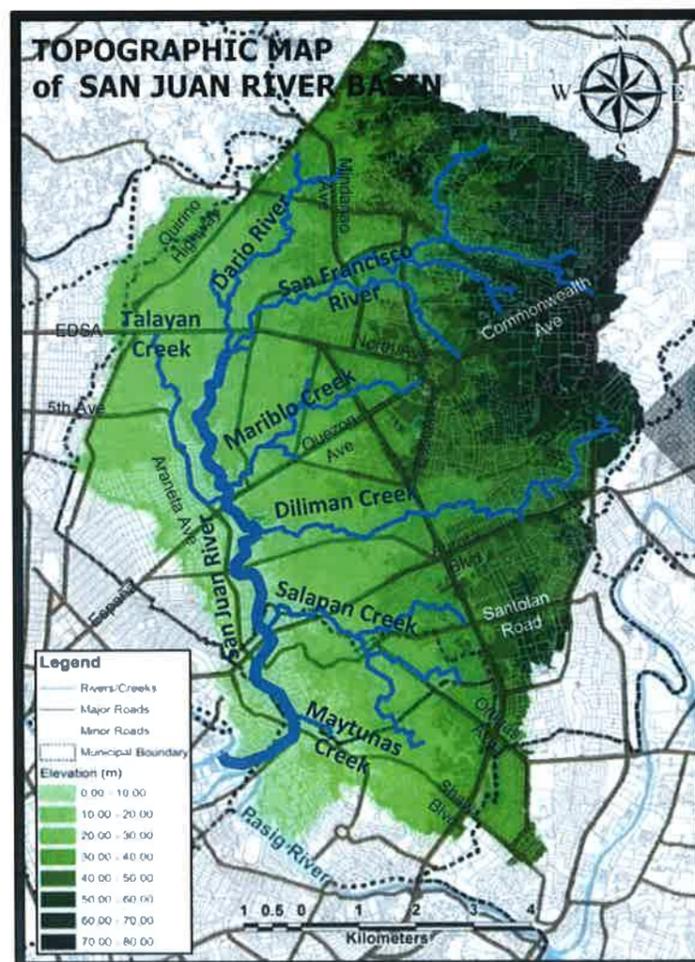
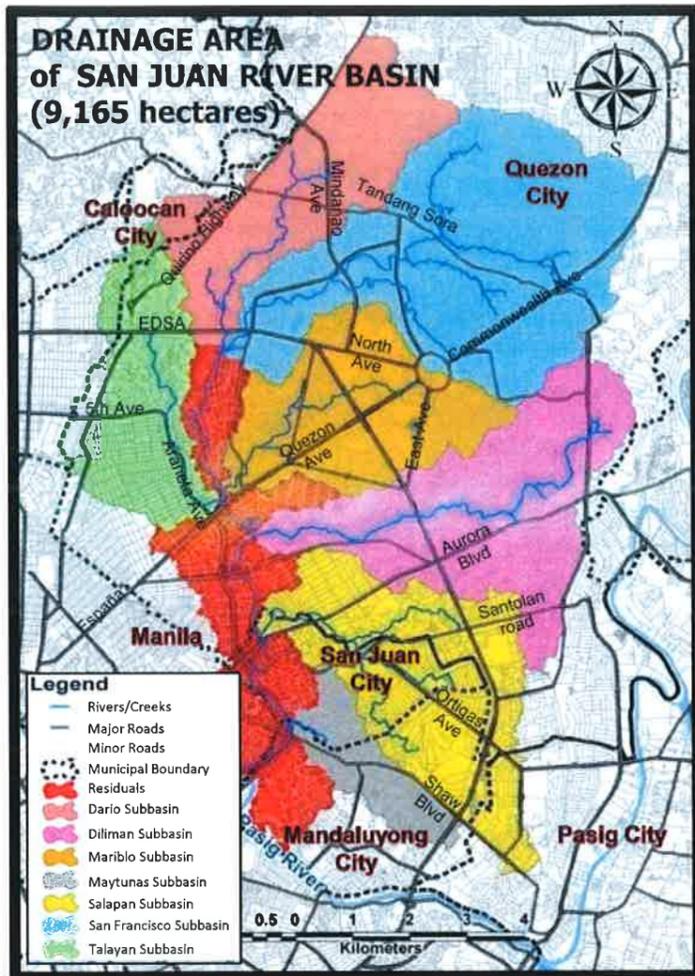
Urgent Works



DRAFT

# **San Juan River Improvement Works**

---



## San Juan River Discharge Distributions

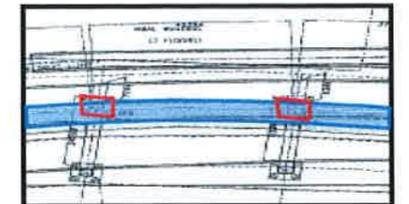
Node/Reach	River/Creek	Existing Capacity (m <sup>3</sup> /s)	Design Discharge (m <sup>3</sup> /s)			Discharge Difference (m <sup>3</sup> /s)		
			30-yr	50-yr	100-yr	30-yr	50-yr	100-yr
①	San Francisco	73.4	181.9	193.3	223.2	108.5	119.9	149.8
②	Dario	53.4	90.3	96.0	110.8	36.9	42.6	57.4
③-④	San Juan	165.0	288.2	306.3	354.2	123.2	141.3	189.2
⑤	Mariblo	80.4	84.7	90.1	104.3	4.3	9.7	23.9
⑥	Talayan	43.6	66.0	70.2	81.0	22.4	26.6	37.4
⑦-⑧	San Juan	308.0	461.3	490.3	551.1	153.3	182.3	243.1
⑨	Diliman	101.8	120.1	127.8	147.7	18.3	26.0	45.9
⑩-⑪	San Juan	351.0	594.5	631.6	732.8	243.5	280.6	381.8
⑫	Salapan	88.0	115.4	122.9	141.6	27.4	34.9	53.6
⑬-⑭	San Juan	514.0	725.1	774.3	894.4	211.1	260.3	380.4
⑮	Maytunas	30.0	31.9	36.8				
⑯	San Juan	628.0	773.8	822.6	950.0	145.8	194.6	322.0

## Existing Condition



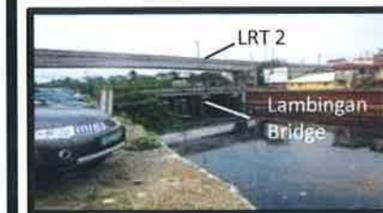
- ① Encroachment of informal settlers, subdivision houses, condominium and big establishments into river banks.

- ④ Intrusion of proposed Skyway 3's pedestal and bored pile into Talayan Creek.



- ③ Apparent reclamation of riverbank. On-going rip-rap construction at left bank of San Juan River downstream of Mariblo Bridge on private lot claimed to be DPWH project.

- ④ Low existing bank elevation and encroachment of informal settlers. Uncollected dredged materials on the side of rivers further hamper the flow of water.



- ⑤ Insufficient vertical clearance between the proposed new bridge (Lambingan) and existing structure (LRT 2).

## SAN JUAN RIVER IMPROVEMENT WORKS

### 100-Year Return Period Inundation Map

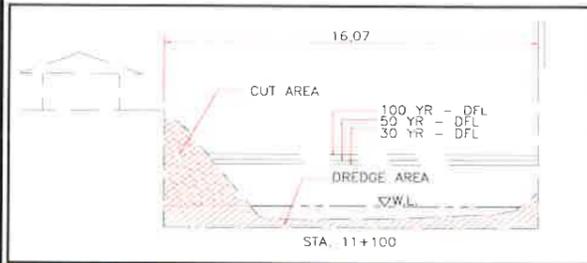


Woodfields  
Engineers  
Company

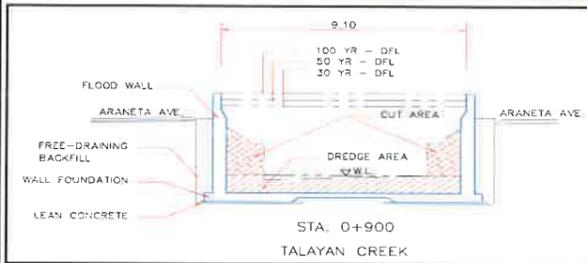


DPWH  
UPMO  
FCMC

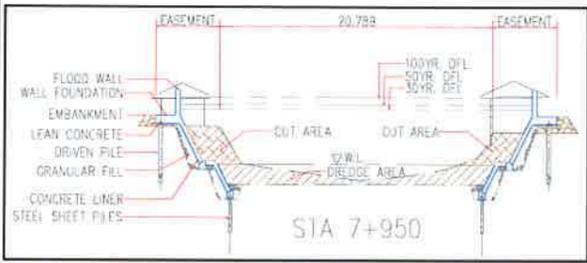
**LEGEND:**  
SAN JUAN RIVER CROSS SECTIONS



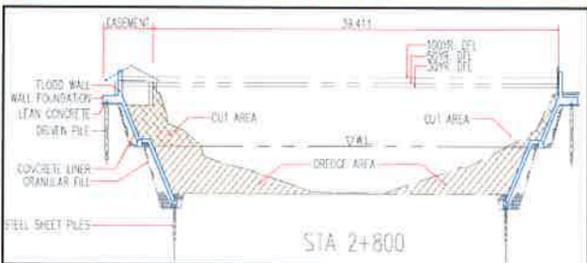
**Type 1 (Package III)**



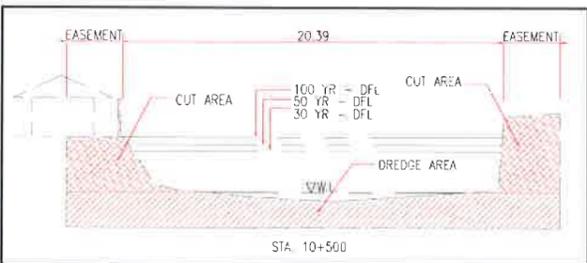
**Type 1-A (Talayan - Package II)**



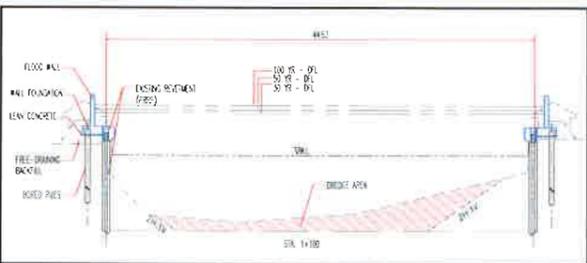
**Type 2 (Package II)**



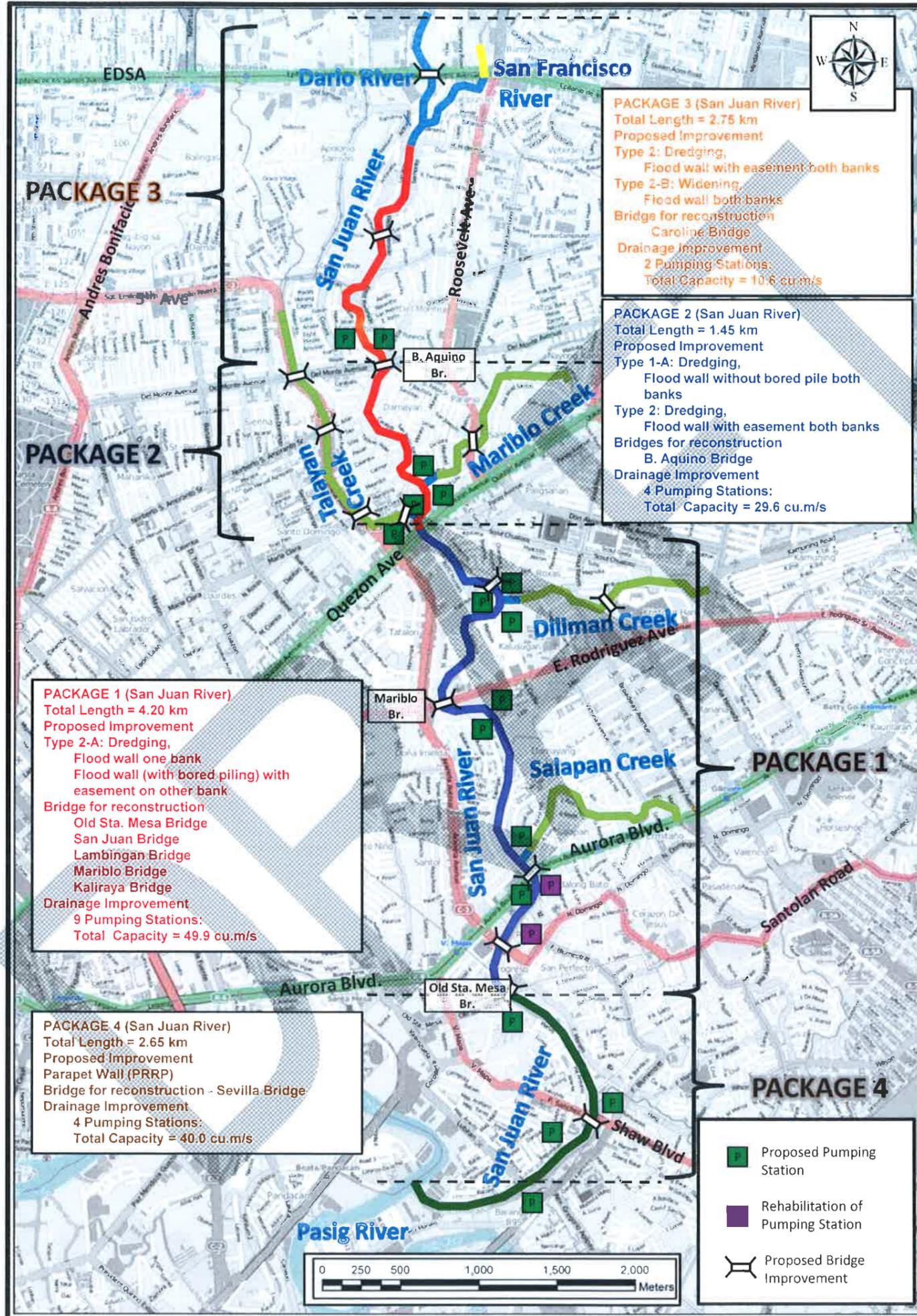
**Type 2-A (Package I)**



**Type 2-B (Package III)**



**PRRP (Package IV)**



**PACKAGE 3 (San Juan River)**  
Total Length = 2.75 km  
Proposed Improvement  
Type 2: Dredging,  
Flood wall with easement both banks  
Type 2-B: Widening,  
Flood wall both banks  
Bridge for reconstruction  
Caroline Bridge  
Drainage Improvement  
2 Pumping Stations:  
Total Capacity = 10.6 cu.m/s

**PACKAGE 2 (San Juan River)**  
Total Length = 1.45 km  
Proposed Improvement  
Type 1-A: Dredging,  
Flood wall without bored pile both banks  
Type 2: Dredging,  
Flood wall with easement both banks  
Bridges for reconstruction  
B. Aquino Bridge  
Drainage Improvement  
4 Pumping Stations:  
Total Capacity = 29.6 cu.m/s

**PACKAGE 1 (San Juan River)**  
Total Length = 4.20 km  
Proposed Improvement  
Type 2-A: Dredging,  
Flood wall one bank  
Flood wall (with bored piling) with easement on other bank  
Bridge for reconstruction  
Old Sta. Mesa Bridge  
San Juan Bridge  
Lambingan Bridge  
Mariblo Bridge  
Kaliraya Bridge  
Drainage Improvement  
9 Pumping Stations:  
Total Capacity = 49.9 cu.m/s

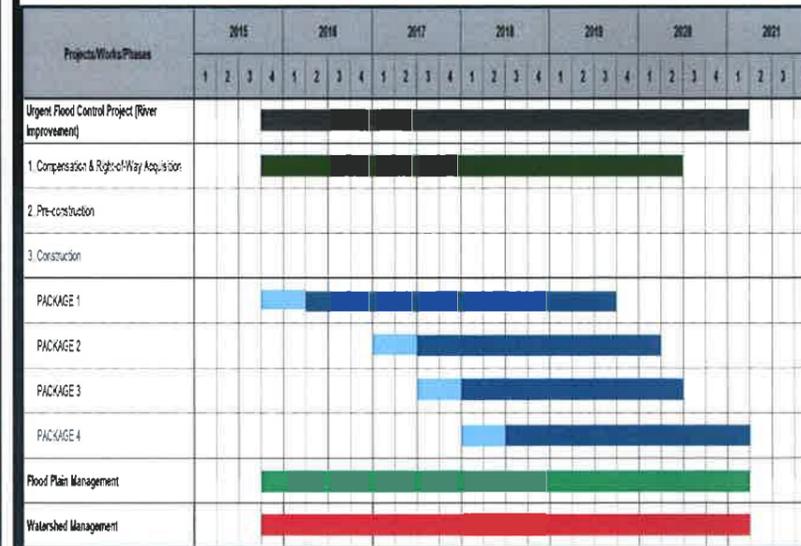
**PACKAGE 4 (San Juan River)**  
Total Length = 2.65 km  
Proposed Improvement  
Parapet Wall (PRRP)  
Bridge for reconstruction - Sevilla Bridge  
Drainage Improvement  
4 Pumping Stations:  
Total Capacity = 40.0 cu.m/s

- Proposed Pumping Station
- Rehabilitation of Pumping Station
- Proposed Bridge Improvement

**Project Cost Estimates**

WORK ITEM	Package 1	Package 2	Package 3	Package 4	TOTAL
Compensation Cost		1,919	1,378		
Dredging and Excavation	268	77	146	140	631
Revetment Works	4,968	992	1,878	875	8,713
Bridge Reconstruction	579	104	57	103	842
a. Old Sta. Mesa	83				83
b. San Juan	167				167
c. Lambingan	123				123
d. Mariblo	138				138
e. Kaliraya	68				68
f. Aquino		104			104
g. Caroline			57		57
h. Sevilla				103	103
Pumped Systems for Local Drainage	3,495	1,766	633	2,802	8,695
a. 9 Pumping Stations: Total Q = 49.9 cu.m/s	3,495				3,495
b. 4 Pumping Stations: Total Q = 29.6 cu.m/s		1,766			1,766
c. 2 Pumping Stations: Total Q = 10.6 cu.m/s			633		633
d. 4 Pumping Stations: Total Q = 44.0 cu.m/s				2,802	2,802
Tributary Improvements	1,418	1,336	327		3,081
<b>GRAND TOTAL</b>	<b>10,728</b>	<b>6,194</b>	<b>4,418</b>	<b>3,920</b>	<b>25,260</b>

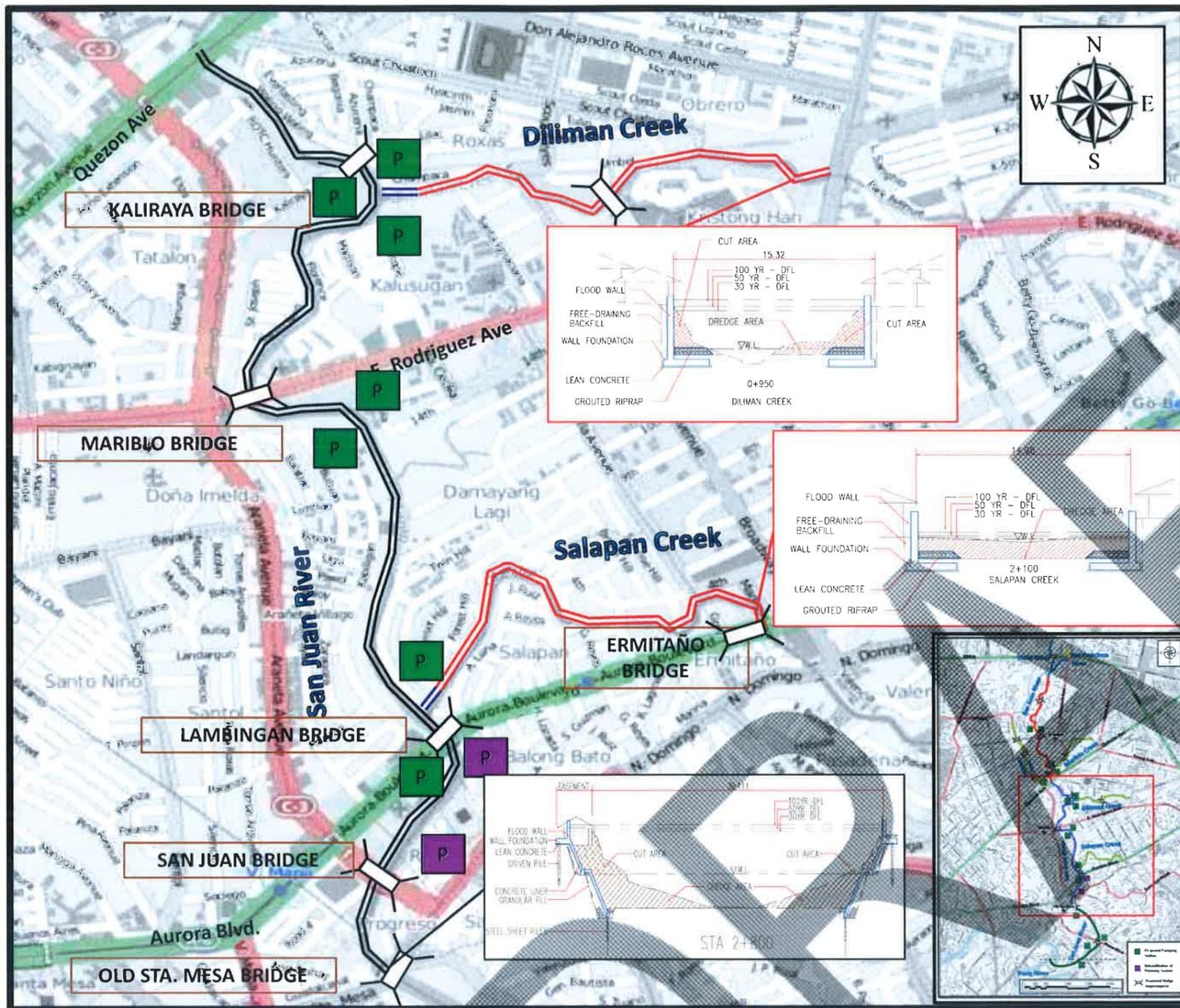
**Project Implementation**



**SAN JUAN RIVER IMPROVEMENT WORKS**

**Recommended River and Drainage Improvement Plan**

Woodfields Engineers Company DPWH UPMO FCMC 2/3



### PACKAGE 1 URGENT WORKS

SAN JUAN RIVER	SALAPAN CREEK	DILIMAN CREEK
Total Length = 4.20 km	Total Length = 2.30 km	Total Length = 1.80 km
<b>River Improvement</b>	<b>River Improvement</b>	<b>River Improvement</b>
Type 2-A: Dredging, Floodwall on one bank, Floodwall (with bored piling) with easement on other bank	Type 2-B: Widening, Floodwall on both banks	Type 2-B: Widening, Floodwall on both banks
<b>Drainage Improvement</b>	Type 1: Dredging, Floodwall on both banks	Type 1: Dredging, Floodwall on both banks
9 Pumping Stations	<b>Bridge Reconstruction</b>	<b>Bridge Reconstruction</b>
Total Capacity = 49.9 m <sup>3</sup> /s	Ermitaño Bridge	Lagarian Bridge 1
	Bridge reconstruction: Old Sta. Mesa Bridge, San Juan Bridge, Lambingan Bridge, Mariblo Bridge, Kaliraya Bridge	

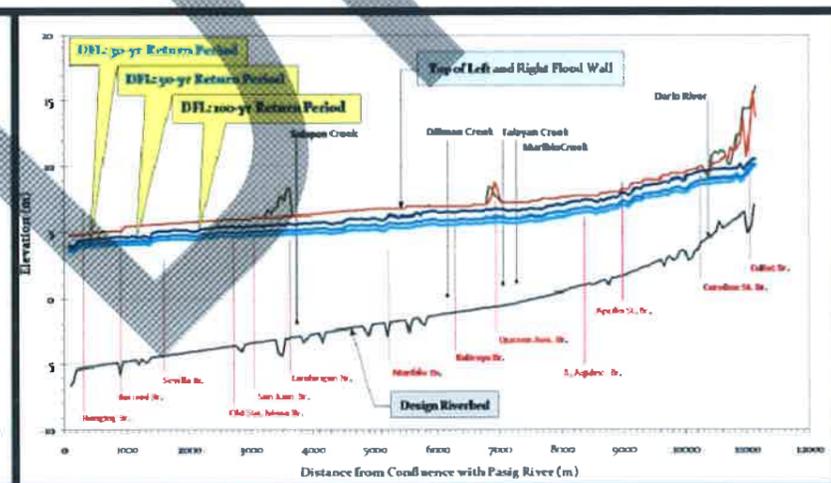
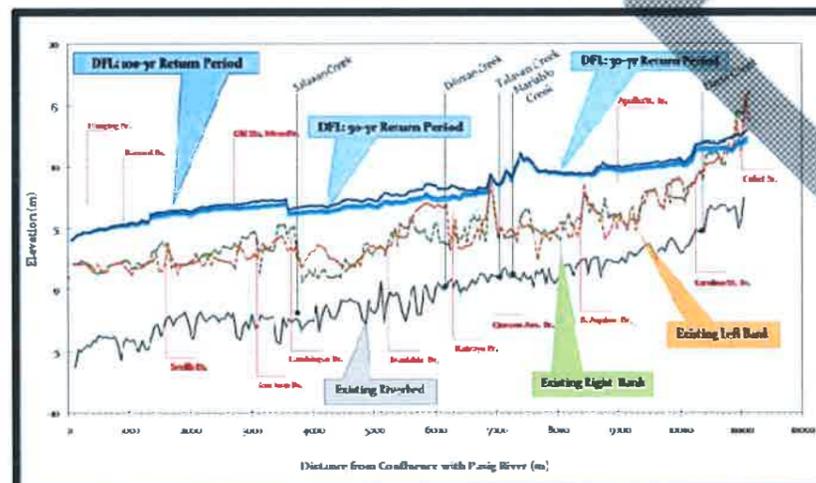
### JUSTIFICATIONS

(for Urgent Implementation)

- The 4.2 km stretch along San Juan River has the lowest elevations on both banks. Within the proximity San Juan River comprising of low-lying barangays: five (6) in Quezon City, seven (7) in San Juan City, one (1) in the City of Manila and two (2) in Mandaluyong, has the most serious flooding conditions within San Juan River Basin.
- Quezon Avenue's high elevation (serves as ridgeline) prevents upstream flood to spill over and inundate the downstream areas, thereby, approximately 250 ha would be spared from flooding during storm events. The 250 ha (right bank = 147 ha, left bank = 100 ha) flood hazard area corresponds to 36% of the total 700 ha inundated area within the basin.

### PACKAGE 1 ESTIMATED COST AND IMPLEMENTATION SCHEDULE

WORK ITEM	2016				2017				2018				2019				TOTAL (PHP Mil)	TOTAL/Sub-Package (PHP)
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
<b>RIVER IMPROVEMENT WORKS</b>																		
<b>SUB-PACKAGE 1-A</b>																		
Dredging and Excavation	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	268	268
<b>SUB-PACKAGE 1-B</b>																		
Revetment Works (Old Sta. Mesa to San Juan Bridge)	354	354	285														993	993
<b>SUB-PACKAGE 1-C</b>																		
Revetment Works (San Juan to Lambingan Bridge)					286	354	354										994	994
<b>SUB-PACKAGE 1-D</b>																		
Revetment Works (Lambingan to Mariblo Bridge)									286	354	354						994	994
<b>SUB-PACKAGE 1-E</b>																		
Revetment Works (Mariblo to Kaliraya Bridge)													286	354	354		994	994
<b>SUB-PACKAGE 1-F</b>																		
Revetment Works (Kaliraya to Quezon Ave Bridge)																	354	354
<b>SUB-PACKAGE 1-G</b>																		
<b>Bridge Reconstruction</b>																		
a. Old Sta. Mesa Bridge									28	28	28						83	
b. San Juan River Bridge									45	45	45						167	579
c. Mariblo Bridge									41	41	42						123	
d. Lambingan Bridge									46	46	46						138	
e. Kaliraya Bridge													23	23	22		68	
<b>SUB-PACKAGE 1-H</b>																		
<b>Tributary Improvement</b>																		
Salapan Creek									46	46	46						146	963
a. Dredging and Excavation									251	251	251						753	
b. Revetment Works									22	22	20						64	
c. Bridge Reconstruction																		
<b>SUB-PACKAGE 1-I</b>																		
<b>Tributary Improvement</b>																		
Diliman Creek													38	38	39		115	455
a. Dredging and Excavation													91	91	91		277	
b. Revetment Works													22	22	20		64	
c. Bridge Reconstruction																		
<b>DRAINAGE IMPROVEMENT WORKS</b>																		
<b>SUB-PACKAGE 1-J</b>																		
1 Pumping Sta: Damayang Lagi									315	315	315						944	944
<b>SUB-PACKAGE 1-K</b>																		
3 Pumping Sta: Progreso, Doña Imelda, Sobrepena									389	388							772	772
<b>SUB-PACKAGE 1-L</b>																		
4 Pumping Sta: Kalusugan, Tatalon, Balong-Bato, Rivera													331	331	331		993	993
<b>SUB-PACKAGE 1-M</b>																		
1 Pumping Sta: Roxas																	393	393
<b>PROJECT COST (PHP Mil)</b>																		
																	786	786
																		10,727



San Juan River Flood Water Surface Profile for Different Return Periods at Existing River Condition

San Juan River Flood Water Surface Profile for Different Return Periods with Channel Improvements

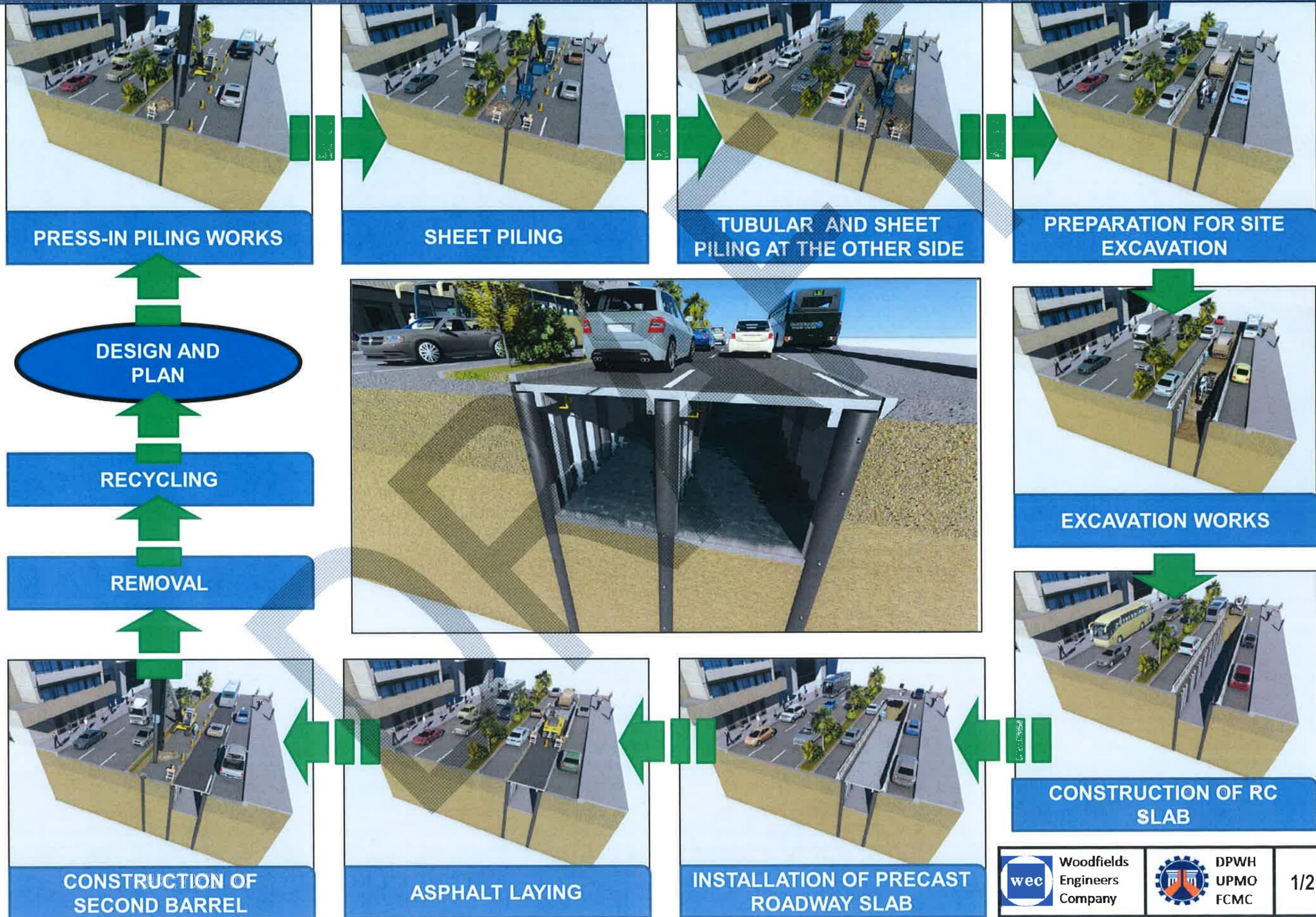
### SAN JUAN RIVER IMPROVEMENT WORKS

Woodfields Engineers Company	DPWH UPMO FCMC	Urgent Works Package 1	3/3
------------------------------	----------------	------------------------	-----

**Annex I**  
**Proposed Construction Methodology  
for Diversion Channel**

---

# CLOSED – DIVERSION CHANNEL/INTERCEPTOR METHODOLOGY

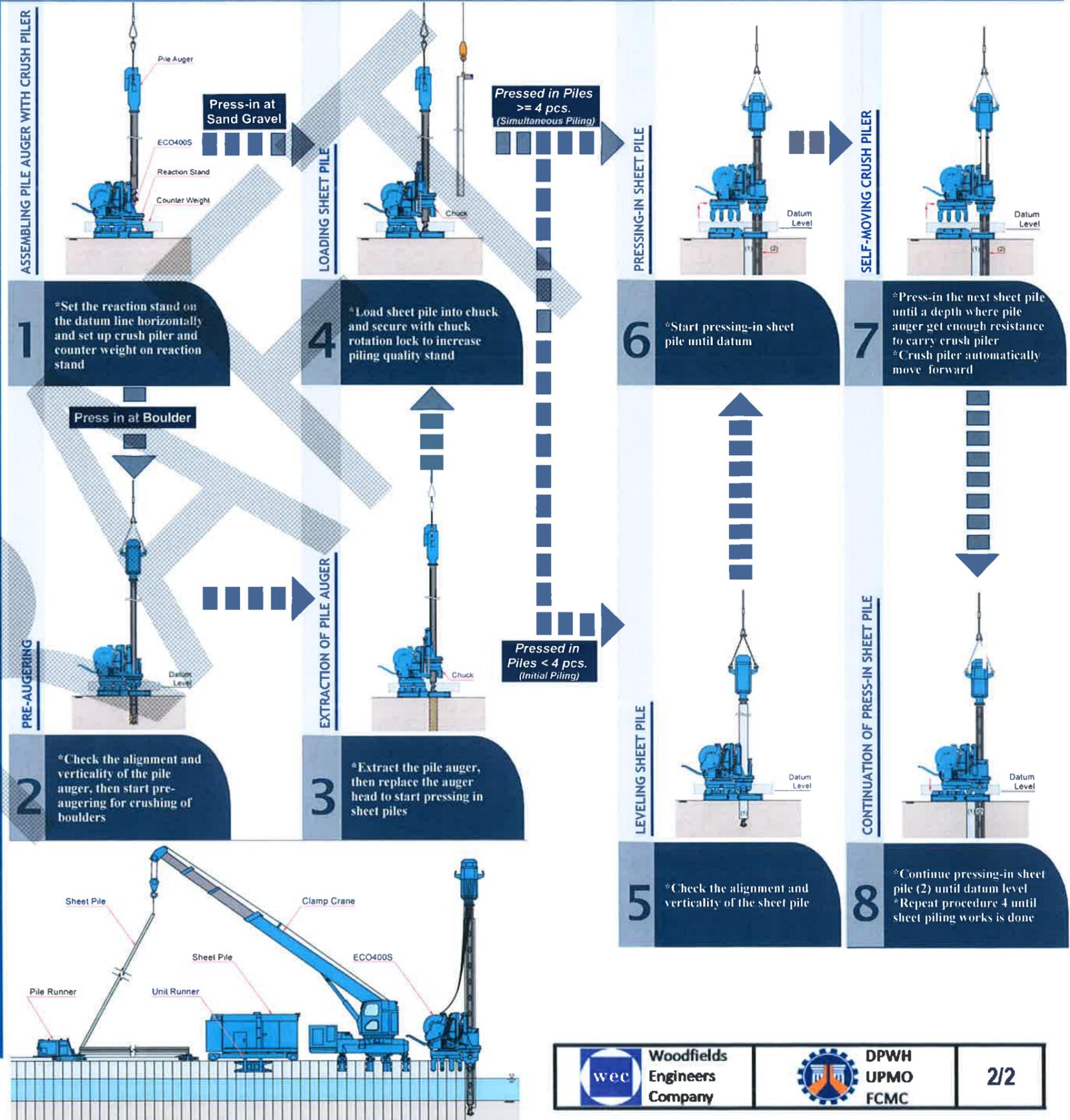


# PROCEDURES IN USING SILENT PILER ECO 400S

	All Casing Sand Replacement Piling Method	Uniaxial Double Earth Auger Pre-boring Sand Replacement Piling Method	Hard Ground Press-in Method
Cross Section			
Augering area			
Method Outline	A casing with cemented carbide tips on the edge is driven by gyration jack-in, and the soil inside the casing is excavated by a hammer grab. The casing is then driven farther in, and this process is repeated as required. While the casing is being extracted, sand is poured inside the casing to construct a sand pile. Sheet pile is then installed by a jack-in piling rig equipped with auger.	A boring shaft is driven by double gyration. Special cutting edges are mounted on the casing edge and auger head. The casing and auger head revolves in different directions one another. After completing excavation, sand is poured inside the casing to construct a sand pile. Sheet pile is then installed by a jack-in piling rig equipped with auger.	A sheet pile is pitched to the Crush Piler. The Pile Auger penetrates together with the sheet pile into the ground.
Features	<ul style="list-style-type: none"> <li>There are 2 work procedures required prior to sheet piling work. I. Casing jack-in with gyration, excavation, backfilling. II. Sheet pile installation by a jack-in piling rig equipped with auger.</li> <li>The great torque enables to penetrate into rock, boulder and reinforced concrete materials.</li> <li>During excavation work, the hammer grab generates noise and vibration.</li> <li>This method requires a large working area, because it requires massive construction equipments such as casing gyration jack-in machine, crawler crane and excavator.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>There are 2 work procedures required prior to sheet piling work.</li> <li>The penetration capability into boulder is lower than "All Casing Sand Replacement Piling Method".</li> <li>This method requires a large working area, because it requires massive construction equipments such as casing gyration jack-in machine, crawler crane and excavator.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>This method doesn't cause construction pollutions such as noise and vibration, because sheet piles are installed by static load.</li> <li>This method requires less work procedures than other methods, because it doesn't require sand replacement work.</li> <li>The piling rig hardly overturns, because it clamps previously installed piles so that the rig is fixed with those reaction piles.</li> <li>The piling rig is so compact that it can be used at narrow site conditions and on slope.</li> <li>This method can install sheet piles with high accuracy.</li> </ul>
Duration	104 days (226 %)	92 days (200 %)	46 days (100 %)
Budget #1	Excavation & Sand replacement = JPY 68 million Sheet pile jack-in = JPY 5.5 million Total = JPY 73.5 million (273 %)	Excavation & Sand replacement = JPY 50 million Sheet pile jack-in = JPY 5.5 million Total = JPY 55.5 million (206 %)	Sheet pile press-in = JPY 27 million Total = JPY 27 million (100 %)
Environmental Burden #2 (CO <sub>2</sub> Emission)	Machine 56 tons, Construction 89 tons Σ = 145 t (264 %) (Add 130 tons for temporary work platform work.)	Machine 72 tons, Construction 77 tons Σ = 149 t (271 %) (Add 130 tons for temporary work platform work.)	Machine 15 tons, Construction 40 tons Σ = 55 t (100 %)
Evaluation			

Comparison Conditions	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sheet Pile: FSP IV, L = 15.0 m</li> <li>Alignment: 100 Liner meter</li> <li>No of Piles: 250 nos</li> <li>Soil condition: Sand Nmax &lt; 50 (GL to 12.0 m)</li> <li>12 - 15m. Soft rock (uniaxial compressive strength 4 N/mm<sup>2</sup>)</li> </ul>
-----------------------	--

\*1: Installation budget only. (Excluding erection charge, transportation charge and material charge)  
\*2: The above estimations are based on Japanese standard costing of each construction method.

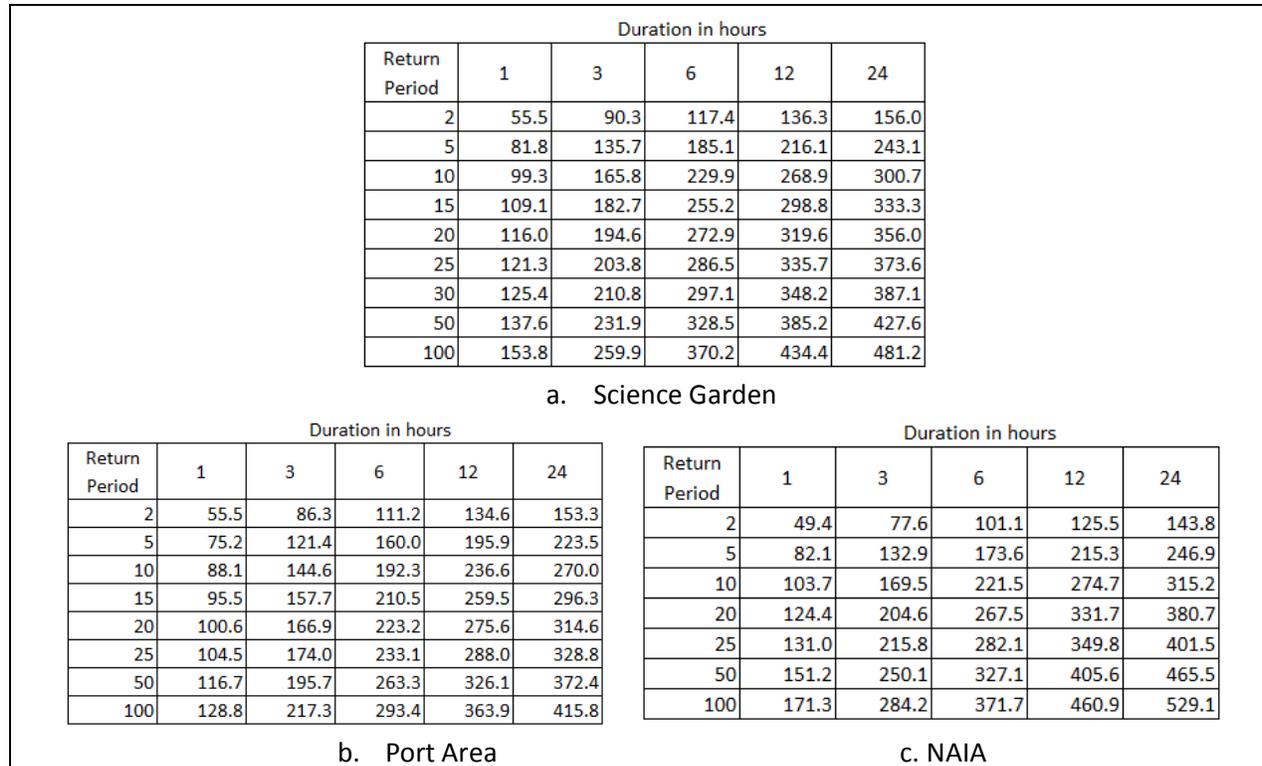


参考資料 2-2

*DPWH 調査概要追加収集情報*

## 1. Design Rainfall

The design rainfall used was based on available rainfall intensity-duration-frequency (RIDF) from PAGASA shown in Figure 1 across three (3) rainfall stations in Metro Manila.



**Figure 1. RIDF tables used in the study.**

Then, flood discharges were based on Probable Maximum Precipitation (PMP). However, site specific PMP estimates are not available for the Philippines. In this case, Order of magnitude PMP estimates was therefore developed. These estimates were determined using generalized procedures which were originally developed in the United States and then adapted by the Australian Bureau of Meteorology for use in tropical areas of Australia. It is assumed that the storm mechanisms for a PMP event occurring in the Philippines area would be similar to those occurring in the tropical regions of northern Australia, given that various areas of tropical northern Australia are about the same distance from the equator as Metro Manila for example and have similar annual average rainfall totals. The amount of extreme rainfall was based on developed RIDF curves available and the temporal distribution of rainfall was based on the distribution in Figure 2.

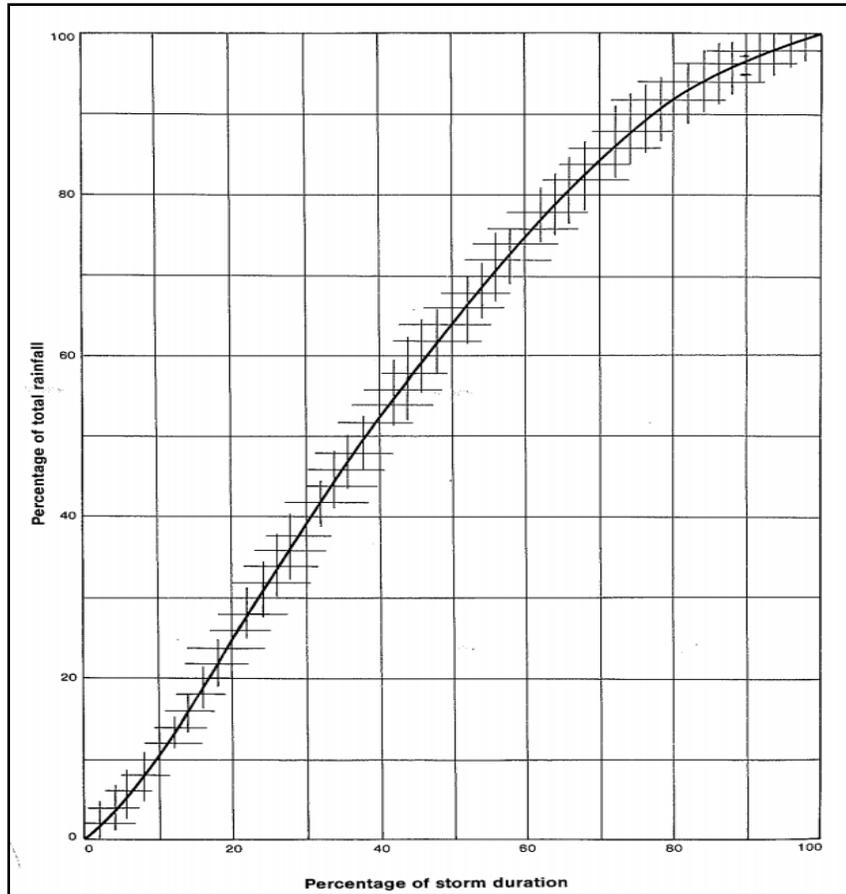


Figure 2. Rainfall distribution for extreme rainfall adopted for design flood discharges (Bureau of Meteorology, 2003).

## 2. Design Discharges

Using the RIDF and temporal distribution, the following peak discharges were generated for each composite catchment and project sites. The adopted rainfall duration is closest to the time of concentration. In project areas where volume of flood water is significant, longer storm duration was adopted. The corresponding tables summarized the peak design discharges used for each flood control project sites.

**Table 1. Design Discharges for Buendia, Maricaban, NAIA, and Parañaque.**

Project Site	Rainfall Station	Duration	Catchment Area (m <sup>2</sup> )	Peak Discharge (m <sup>3</sup> /s)
<b>BUENDIA</b>				
Tripa de Gallina	Port Area	60 mins	833,220	14.49
Calatagan Creek I	Port Area	60 mins	1,172,262	44.04
Calatagan Creek II	Port Area	60 mins	2,455,889	79.02
Zobel DM	Port Area	60 mins	2,257,670	49.36
Makati Diversion I	Port Area	60 mins	3,626,985	59.08
Makati Diversion II	Port Area	60 mins	1,169,453	48.81
Makati Div-Tripa	Port Area	60 mins	322,367	5.04
Calatagan Creek	Port Area	60 mins	646,632	14.69
Paco	Port Area	60 mins	1,421,229	14.04
Pandacan	Port Area	60 mins	1,909,232	15.49
Provisor	Port Area	60 mins	2,299,079	18.49
Libertad Pumping Station	Port Area	60 mins	6,508,563	58.99
EDSA Outfall	Port Area	60 mins	1,265,780	55.68
Libertad Outfall	Port Area	60 mins	992,459	10.06
Buendia Outfall	Port Area	60 mins	2,268,004	22.14
Vito Cruz Outfall	Port Area	60 mins	418,900	6.01
<b>MARICABAN</b>				
Maricaban Creek I	NAIA	60 mins	6,452,411	217.36
Maricaban Creek II	NAIA	60 mins	1,559,394	77.56
Maricaban Creek III	NAIA	60 mins	3,336,983	164.21
<b>NAIA</b>				
Parañaque Channel 1	NAIA	60 mins	11,019,835	266.26
Rivera	NAIA	60 mins	440,793	23.07
Parañaque Channel 2	NAIA	60 mins	10,579,042	171.97
Airport Road	NAIA	60 mins	1,057,904	49.92
Parañaque Channel 3	NAIA	60 mins	12,075,867	186.57
Librada	NAIA	60 mins	1,207,587	20.24
Parañaque Channel 4	NAIA	60 mins	12,882,021	160.76
Seaside	NAIA	60 mins	1,487,280	10.30
Parañaque Channel 5	NAIA	60 mins	15,741,590	192.21
Inland Channel	NAIA	60 mins	1,736,539	101.35
Redemptorist Channel	NAIA	60 mins	2,683,733	105.00
Seaside Channel	NAIA	60 mins	4,725,641	126.99
Banana Island Creek	NAIA	60 mins	1,468,857	31.97
Ibayo Creek	NAIA	60 mins	268,113	13.46
Cut-cut Creek	NAIA	60 mins	1,940,485	48.38
<b>PARAÑAQUE</b>				
Baliwag River	NAIA	60 mins	9,085,982	276.31
Don Galo River	NAIA	60 mins	15,394,645	510.57
San Dionisio River	NAIA	60 mins	10,222,761	90.62
San Isidro River	NAIA	60 mins	13,541,773	521.25
Las Piñas River	NAIA	60 mins	1,237,975	122.85
South Parañaque River	NAIA	60 mins	42,362,463	863.92
Parañaque River (Manila Bay)	NAIA	60 mins	57,227,663	1024.68

**Table 2. Design Discharges for Tullahan River.**

Project Site	Rainfall Station	Duration	Catchment Area	Peak Discharge m <sup>3</sup> /s
1. Tenejeros Bridge	Science Garden	24-hrs	70.00 km <sup>2</sup>	588.4
2. PNR	Science Garden	24-hrs	68.44 km <sup>2</sup>	582.0
3. McArthur highway	Science Garden	24-hrs	62.12 km <sup>2</sup>	564.4
4. NLEX	Science Garden	24-hrs	52.50 km <sup>2</sup>	553.2

**Table 3. Design Discharges for Zapote-Las Piñas River.**

Project Site	Rainfall Station	Duration	Catchment Area	Peak Discharge m <sup>3</sup> /s
1. Zapote River	NAIA	24-hrs	67.00 km <sup>2</sup>	703
2. Las Piñas River	NAIA	24-hrs	21.44 km <sup>2</sup>	197

**Table 4. Design Discharges UST-España Areas.**

Project Site	Rainfall Station	Duration	Catchment Area (ha)	Peak Discharge m <sup>3</sup> /s
1. Constancia Interceptor	Port Area	1 hr	155.075	17.247
2. Antipolo Interceptor	Port Area	1 hr	150.299	21.924
3. Pureza Interceptor	Port Area	1 hr	325.330	51.548
4. Casanas-Margal-Quijote DM	Port Area	1 hr	197.923	19.680
5. Earnshaw DM	Port Area	1 hr	23.225	5.805
6. Lepanto-Forbes DM (Existing)	Port Area	1 hr	242.502	20.096
7. Estero de Valencia	Port Area	1 hr	184.107	29.080
8. Estero de Sampaloc I	Port Area	1 hr	273.494	20.172
9. Estero de San Miguel-Uli-Uli	Port Area	1 hr	47.289	7.085

**Table 5. Design Discharges for San Juan River.**

Project Site	Rainfall Station	Duration	Catchment Area km <sup>2</sup>	Peak Discharge m <sup>3</sup> /s
1. STA 1+100	Science Garden	24 hrs	91.60	822.50
2. STA 3+350	Science Garden	24 hrs	82.58	728.46
3. STA 7+250	Science Garden	24 hrs	51.49	436.95
4. STA 11+100	Science Garden	24 hrs	14.40	283.60

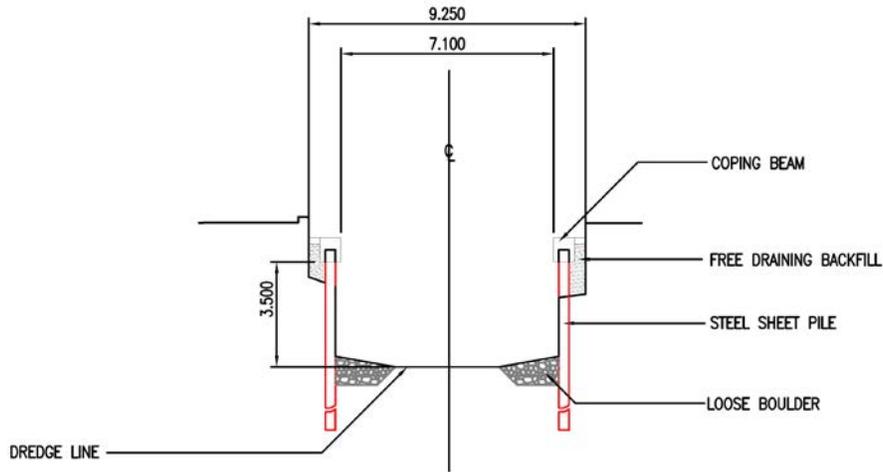
### 3. Design Sections

The typical cross-sections are in ANNEX A to E.

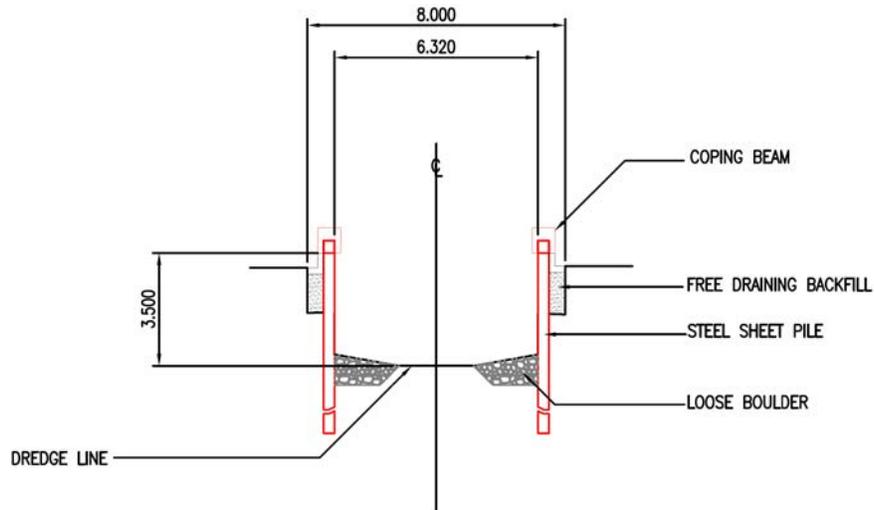
# ANNEX A. UST España Areas

**Table 1. Indicative Dimensions of Proposed RCBC within España-UST Vicinity Area**

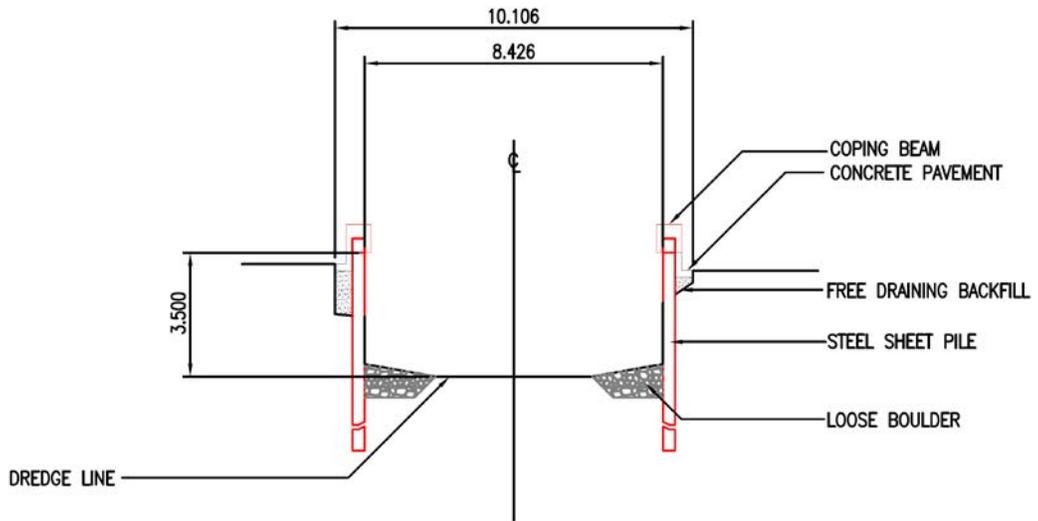
Proposed Box Culverts	Indicative Dimensions		
	Number of Barrels	Width (meters)	Depth (meters)
1. Constancia Interceptor	3	3	2
2. Antipolo Interceptor	2	3	4
3. Pureza Interceptor	2	3.2	4.5
4. Casanas-Margal-Quijote DM	2	3.5	2.4
5. Earnshaw DM	2	2.4	2.4



**Figure 1. Typical Section for the Improvement of Estero de Valencia**

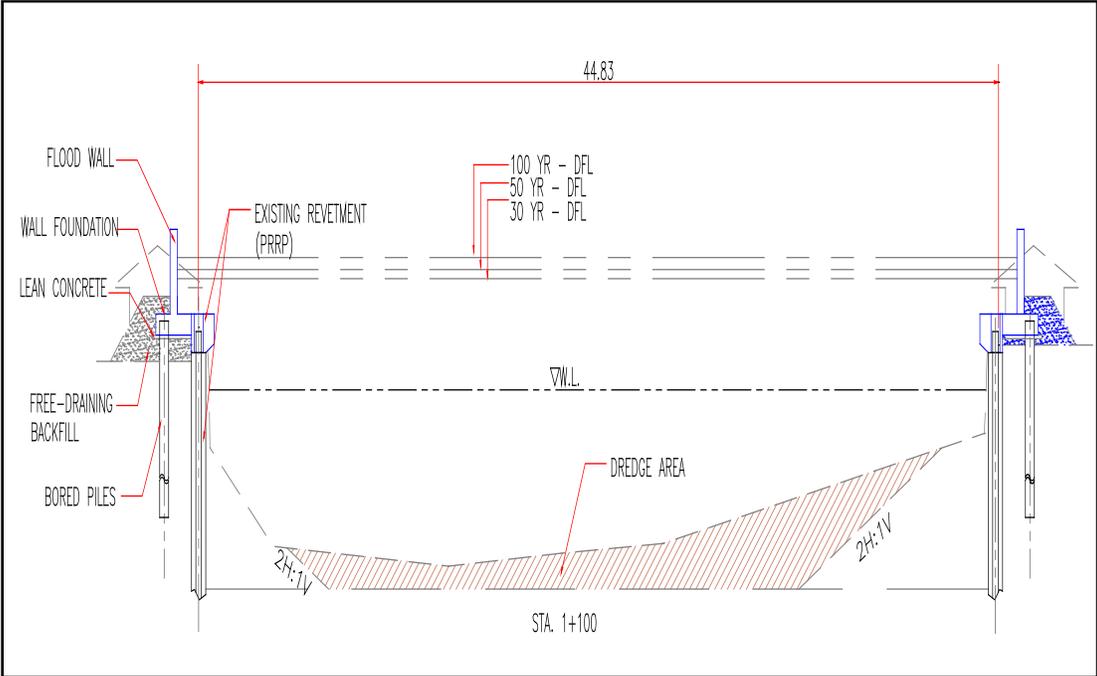


**Figure 2. Typical Section for the Improvement of Estero de San Miguel – Uli-Uli**

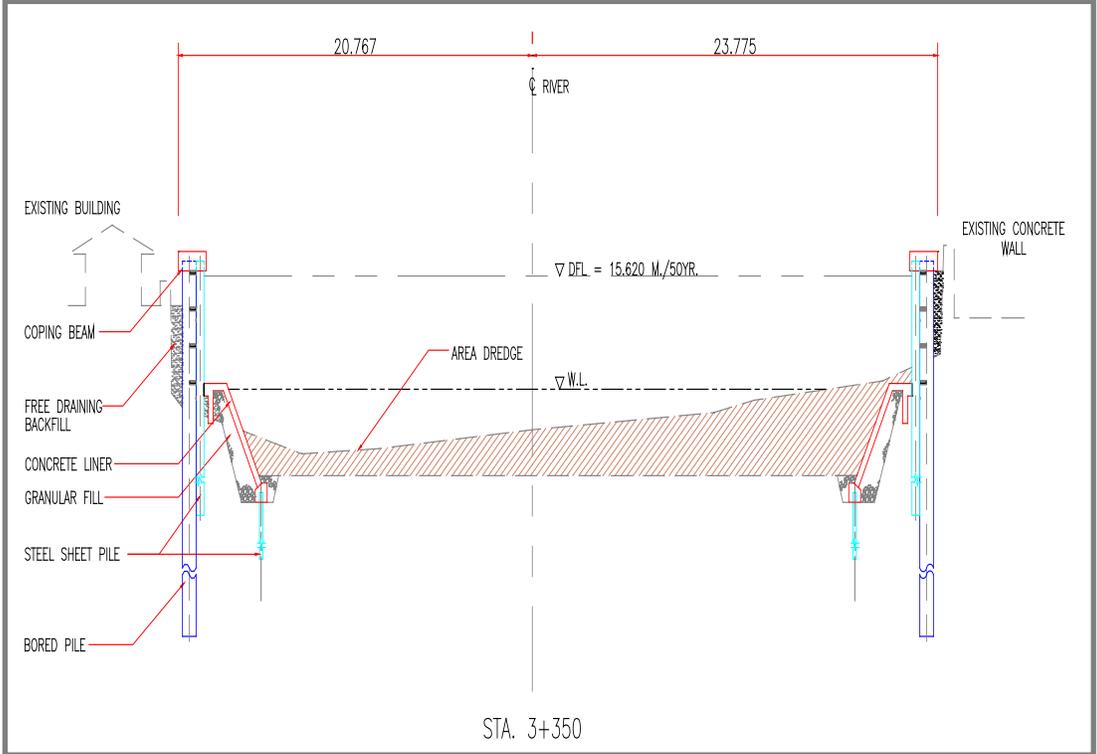


**Figure 3. Typical Section for the Improvement of Estero de Sampaloc I**

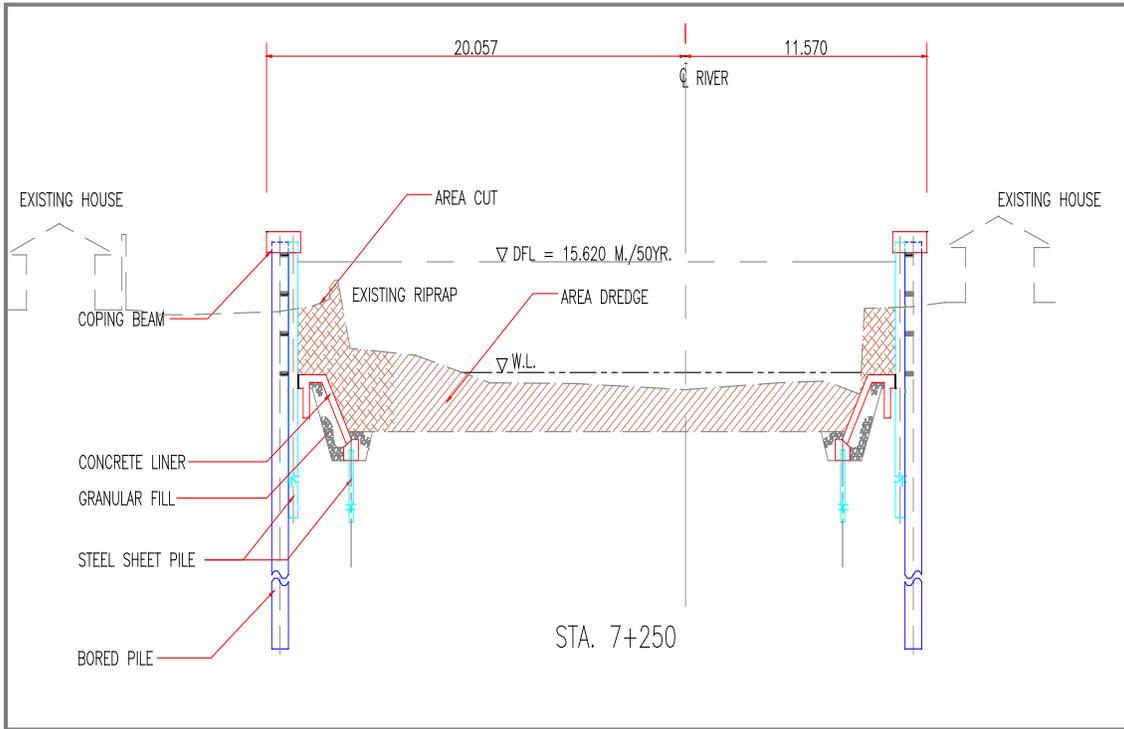
# ANNEX B. San Juan River



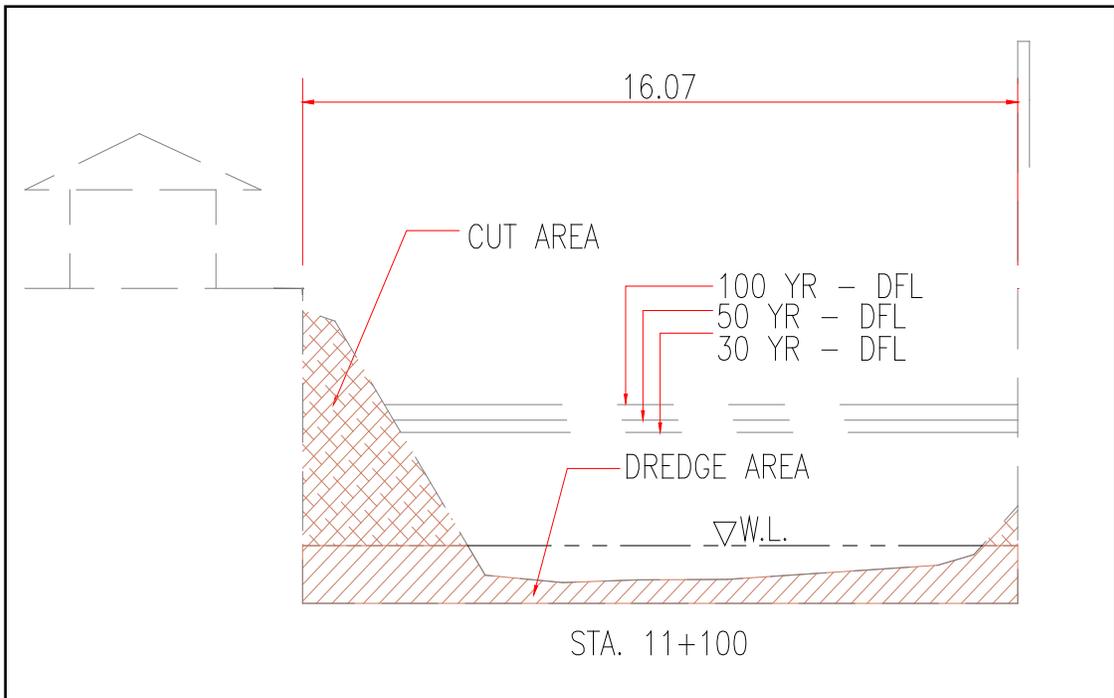
Package 4



Package 1

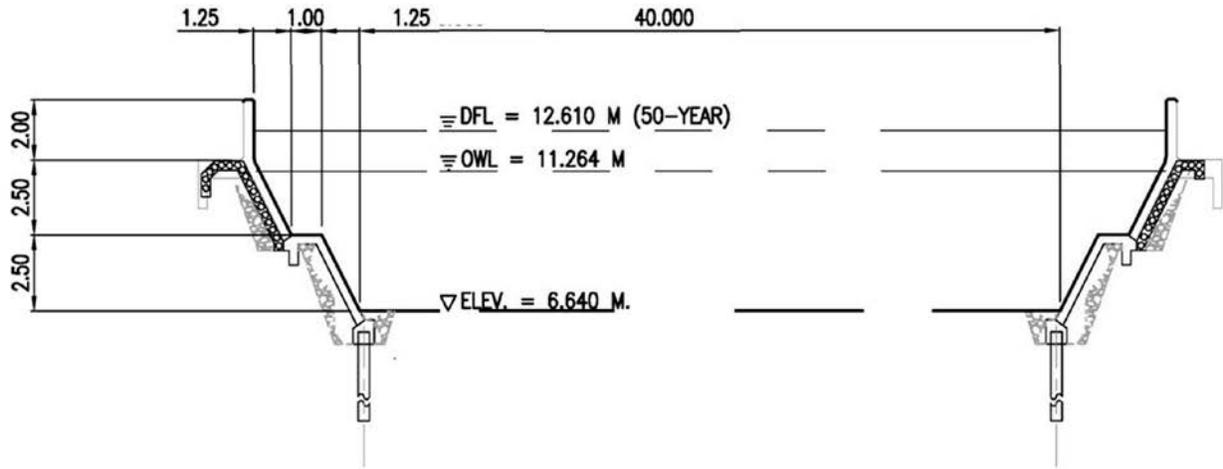


Package 2

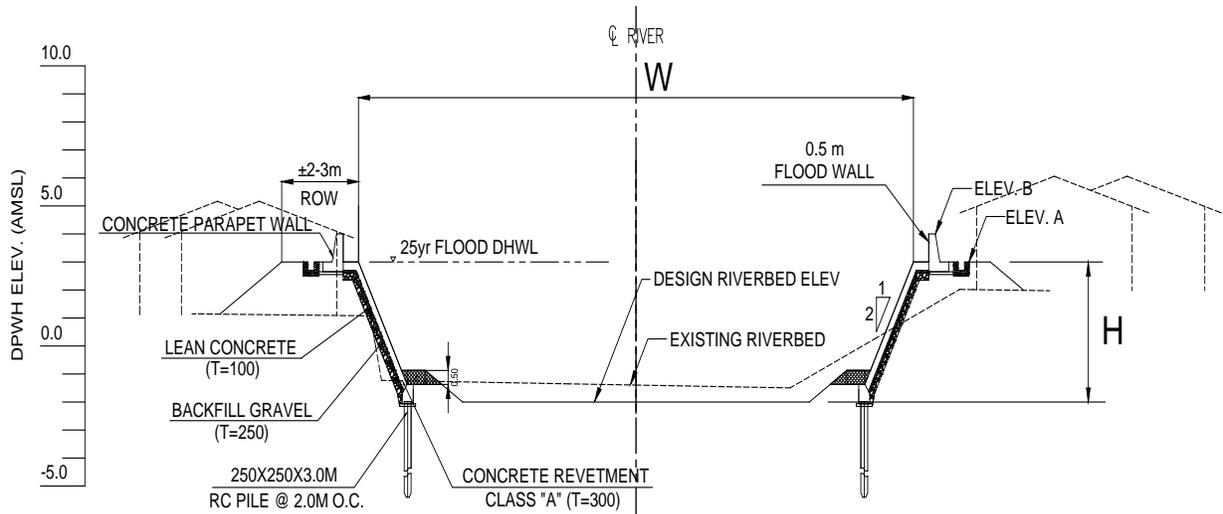


Package 3

# ANNEX C. Tullahan River



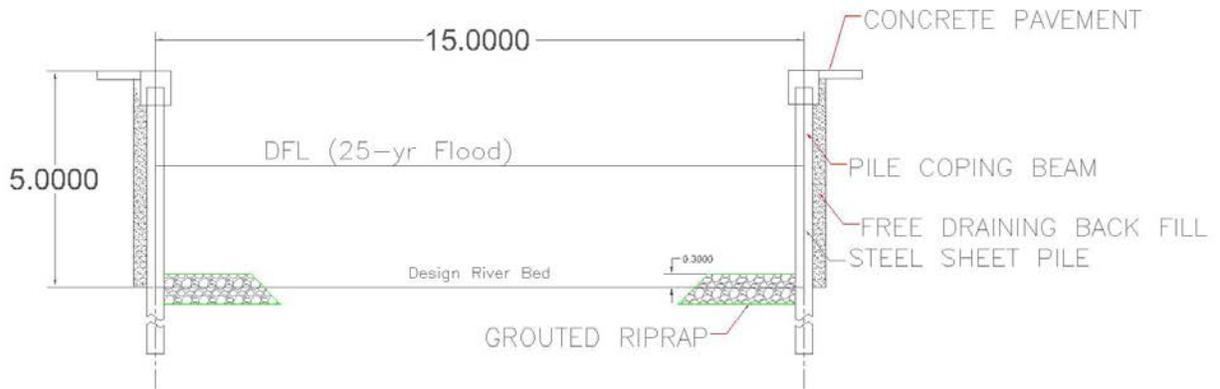
# ANNEX D. Zapote-Las Piñas River



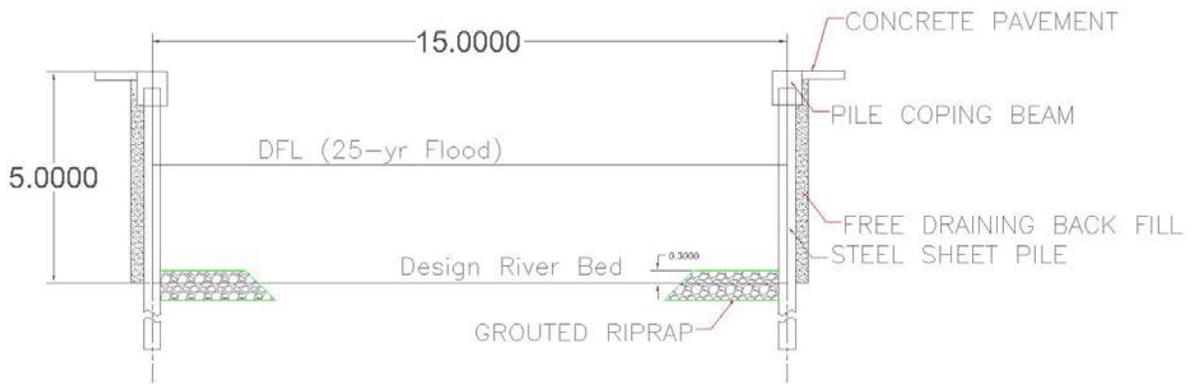
## Notes:

Zapote River 25-yr					Las Piñas River 25-yr				
Reach	W	H	Existing Width	Landmark	Reach	W	H	Existing Width	Landmark
5	50	6	20		4	21	5	12	
4	57	6	21		3	24	4.5	14	
3	68	5	22		2	30	4	15	
2	80	5	25		1	36	3.5	18	Mouth
1	99	4	38	Mouth					

# ANNEX E. Buendia-Maricaban-NAIA-Parañaque



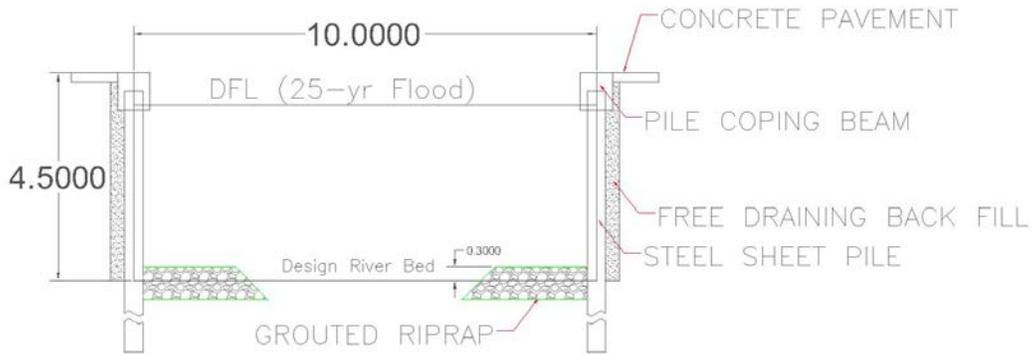
Calatagan Creek



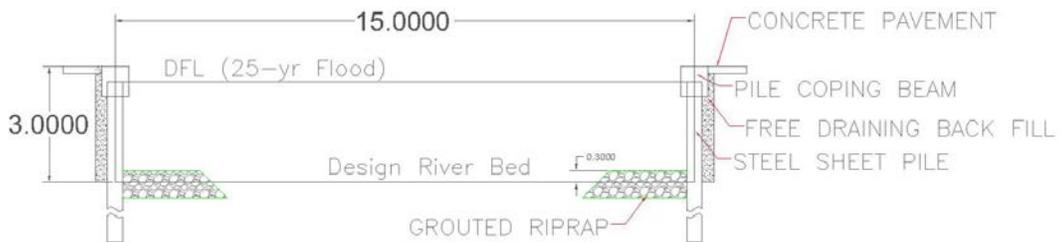
Makati Diversion Channel



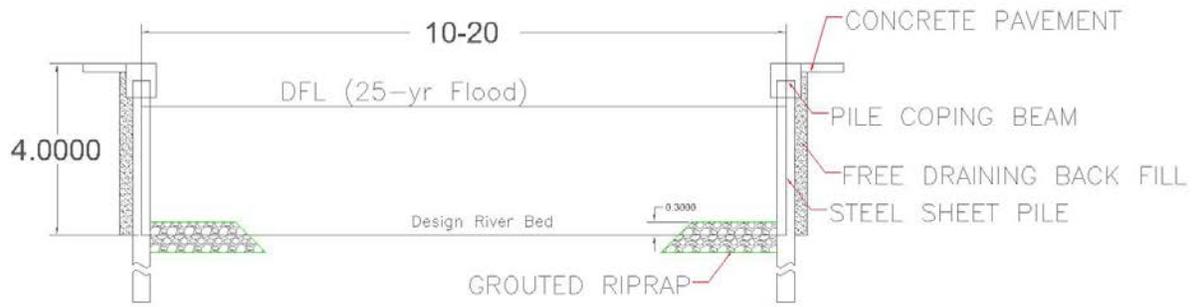
Maricaban I



Maricaban II



Maricaban III



Estero de Tripa de Gallina

**(1) Design Discharge for Buendia, Maricaban, NAIA, and Parañaque.**

Project Site	Rainfall Station	Duration	Catchment Area (km <sup>2</sup> )	Peak Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Specific Discharge (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )
<b>BUENDIA</b>					
Tripa de Gallina	Port Area	60 mins	0.83	14.49	17.39
Calatagan Creek I	Port Area	60 mins	1.17	44.04	37.57
Calatagan Creek II	Port Area	60 mins	2.46	79.02	32.18
Zobel DM	Port Area	60 mins	2.26	49.36	21.86
Makati Diversion I	Port Area	60 mins	3.63	59.08	16.29
Makati Diversion II	Port Area	60 mins	1.17	48.81	41.74
Makati Div-Tripa	Port Area	60 mins	0.32	5.04	15.63
Calatagan Creek	Port Area	60 mins	0.65	14.69	22.72
Paco	Port Area	60 mins	1.42	14.04	9.88
Pandacan	Port Area	60 mins	1.91	15.49	8.11
Provisor	Port Area	60 mins	2.30	18.49	8.04
Libertad pumping Station	Port Area	60 mins	6.51	58.99	9.06
Edsa Outfall	Port Area	60 mins	1.27	55.68	43.99
Libertad Outfall	Port Area	60 mins	0.99	10.06	10.14
Buendia Outfall	Port Area	60 mins	2.27	22.14	9.76
Vito Cruz Outfall	Port Area	60 mins	0.42	6.01	14.35
Project Site	Rainfall Station	Duration	Catchment Area (km <sup>2</sup> )	Peak Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Specific Discharge (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )
<b>MARICABAN</b>					
Maricaban Creek I	NAIA	60 mins	6.45	217.36	33.69
Maricaban Creek II	NAIA	60 mins	1.56	77.56	49.74
Maricaban Creek III	NAIA	60 mins	3.34	164.21	49.21
Project Site	Rainfall Station	Duration	Catchment Area (km <sup>2</sup> )	Peak Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Specific Discharge (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )
<b>NAIA</b>					
Parañaque Channel 1	NAIA	60 mins	11.02	266.26	24.16
Rivera	NAIA	60 mins	0.44	23.07	52.34
Parañaque Channel 2	NAIA	60 mins	10.58	171.97	16.26
Airport Road	NAIA	60 mins	1.06	49.92	47.19
Parañaque Channel 3	NAIA	60 mins	12.08	186.57	15.45
Librada	NAIA	60 mins	1.21	20.24	16.76
Parañaque Channel 4	NAIA	60 mins	12.88	160.76	12.48
Seaside	NAIA	60 mins	1.49	10.30	6.93
Parañaque Channel 5	NAIA	60 mins	15.74	192.21	12.21
Inland Channel	NAIA	60 mins	1.74	101.35	58.36
Redemptorist Channel	NAIA	60 mins	2.68	105.00	39.12
Seaside Channel	NAIA	60 mins	4.73	126.99	26.87
Banana Island Creek	NAIA	60 mins	1.47	31.97	21.77
Ibayo Creek	NAIA	60 mins	0.27	13.46	50.20
Cut-cut Creek	NAIA	60 mins	1.94	48.38	24.93
Project Site	Rainfall Station	Duration	Catchment Area (km <sup>2</sup> )	Peak Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Specific Discharge (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )
<b>PARANAQUE</b>					
Baliwag River	NAIA	60 mins	9.09	276.31	30.41
Don Galo River	NAIA	60 mins	15.39	510.57	33.17*
San Dionisio River	NAIA	60 mins	10.22	90.62	8.86
San Isidro River	NAIA	60 mins	13.54	521.25	38.49
Las Piñas River	NAIA	60 mins	12.38	122.85	9.92
South Parañaque River	NAIA	60 mins	42.36	863.92	20.39
Parañaque River (Manila Bay)	NAIA	60 mins	57.23	1024.68	17.91

Source: DPWH-UPMO-FCMC- and Woodfields Consultants Inc.

Specific discharges are computed by JICA Survey Team based on the data source.

\*: Catchment area was modified

Requested Data Summary for JICA Study on Flood Control

**(2) Design Discharge for Tullahan River**

Project Site	Rainfall Station	Duration	Catchment Area (km <sup>2</sup> )	Peak Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Specific Discharge (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )
1. Tenejeros Bridge	Science Garden	24-hrs	70.00	588.40	8.41
2. PNR	Science Garden	24-hrs	68.44	582.00	8.50
3. McArthur highway	Science Garden	24-hrs	62.12	564.40	9.09
4. NLEX	Science Garden	24-hrs	52.50	553.20	10.54

**(3) Design Discharge for Zapote-Las Piñas River**

Project Site	Rainfall Station	Duration	Catchment Area (km <sup>2</sup> )	Peak Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Specific Discharge (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )
1. Zapote River	NAIA	24-hrs	67.00	703.00	10.49
2. Las Piñas River	NAIA	24-hrs	21.44	197.00	9.19

**(4) Design Discharge for UST-España Areas**

Project Site	Rainfall Station	Duration	Catchment Area (km <sup>2</sup> )	Peak Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Specific Discharge (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )
1. Constancia Interceptor	Port Area	1 hr	1.55	17.25	11.12
2. Antipolo Interceptor	Port Area	1 hr	1.50	21.92	14.59
3. Pureza Interceptor	Port Area	1 hr	3.25	51.55	15.84
4. Casanas-Margal-Quijote DM	Port Area	1 hr	1.98	19.68	9.94
5. Earnshaw DM	Port Area	1 hr	0.23	5.81	24.99
6. Lepanto-Forbes DM (Existing)	Port Area	1 hr	2.43	20.10	8.29
7. Estero de Valencia	Port Area	1 hr	1.84	29.08	15.80
8. Estero de Sampaloc I	Port Area	1 hr	2.73	20.17	7.38
9. Estero de San Miguel- Uli-Uli	Port Area	1 hr	0.47	7.09	14.98

**(5) Design Discharge for San Juan River**

Project Site	Rainfall Station	Duration	Catchment Area (km <sup>2</sup> )	Peak Discharge (m <sup>3</sup> /s)	Specific Discharge (m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> )
1. STA 1+100	Science Garden	24-hrs	91.60	822.50	8.98
2. STA 3+350	Science Garden	24-hrs	82.58	728.46	8.82
3. STA 7+250	Science Garden	24-hrs	51.49	436.95	8.49
4. STA 11+100	Science Garden	24-hrs	14.40	283.60	19.69

Source: DPWH-UPMO-FCMC- and Woodfields Consultants Inc.

Specific discharges are computed by JICA Survey Team based on the data source.

**a. Science Garden**

Duration in hours

Return Period	1	3	6	12	24
2	55.5	90.3	117.4	136.3	156.0
5	81.8	135.7	185.1	216.1	243.1
10	99.3	165.8	229.9	268.9	300.7
15	109.1	182.7	255.2	298.8	333.3
20	116.0	194.6	272.9	319.6	356.0
25	121.3	203.8	286.5	335.7	373.6
30	125.4	210.8	297.1	348.2	387.1
50	137.6	231.9	328.5	385.2	427.6
100	153.8	259.9	370.2	343.4	481.2

**b. Port Area**

Duration in hours

Return Period	1	3	6	12	24
2	55.5	86.3	111.2	134.6	153.3
5	75.2	121.4	160.0	195.9	223.5
10	88.1	144.6	192.3	236.6	270.0
15	95.5	157.7	210.5	259.5	296.3
20	100.6	166.9	223.2	275.6	314.6
25	104.5	174.0	233.1	288.0	328.8
50	116.7	195.7	263.3	326.1	372.4
100	128.8	217.3	293.4	363.9	415.8

**c. NAIA**

Duration in hours

Return Period	1	3	6	12	24
2	49.4	77.6	101.1	125.5	143.8
5	82.1	132.9	173.6	215.3	246.9
10	103.7	169.5	221.5	274.7	315.2
20	124.4	204.6	267.5	331.7	380.7
25	131.0	215.8	282.1	349.8	401.5
50	151.2	250.1	327.1	405.6	465.5
100	171.3	284.2	371.7	460.9	529.1