

パラグアイ共和国
パラグアイ宇宙機構

パラグアイ国
社会経済基盤開発に向けた
宇宙計画管理プロジェクト
事業完了報告書

2025 年 10 月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構
株式会社パスコ
一般財団法人日本宇宙フォーラム

ガ平

JR

25-024

プロジェクト実施時為替レート
(2025 年 9 月 JICA 統制レート)

1USD = 147.077000 円

1PYG = 0.020540 円

略語表

#	略語	日本語	英語	スペイン語
1	AEP	パラグアイ国宇宙機構	Space Agency of Paraguay	Agencia Espacial del Paraguay
2	DMH	国立気象水文総局	Director of Meteorology and Hydrology	Dirección de Meteorología e Hidrología
3	EM	エンジニアリングモデル	Engineering Model	-
4	INE	国家統計局	National Institute of Statistics	Instituto Nacional de Estadística
5	INDERT	土地開発局	National Institute of Rural and Land Development	Instituto Nacional de Desarrollo Rural y de la Tierra
6	INFONA	国家森林局	National Forestry Institute	Instituto Forestal Nacional
7	IPTA	パラグアイ農業技術機構	Paraguayan Institute of Agricultural Technology	Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria
8	ISS	国際宇宙ステーション	International Space Station	-
9	JAXA	宇宙航空研究開発機構	Japan Aerospace Exploration Agency	-
10	JCC	合同調整委員会	Joint Coordination Committee	-
11	JICA	国際協力機構	Japan International Cooperation Agency	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
12	Kyutech	九州工業大学	Kyushu Institute of Technology	-
13	MADES	環境持続開発省	Ministry of Environment and Sustainable Development	Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible
14	MAG	農牧省	Ministry of Agriculture and Livestock	Ministerio de Agricultura y Ganadería
15	MEF	経済開発省	Vice-Ministry of Economy and Planning	Ministerio de Economía y Finanzas
16	MOPC	公共事業通信省	Ministry of Public Works and Communication	Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
17	PEI	制度的戦略計画 2018-2023	Plan of Institutional Strategy 2018 - 2023	Plan Estratégico Institucional 2018-2023
18	SDGs	持続可能な開発目標	Sustainable Development Goals	Objetivos de Desarrollo Sostenible
19	SEN	国家緊急事態庁	National Emergency Secretary	Secretaría de Emergencia Nacional
20	SENAVE	国家植物種子品質研究所	National Plant, Seed Quality and Health Service	Servicio Nacional de Calidad y Sanidad Vegetal y de Semillas
21	UCA	カトリカ大学	Catholic University	Universidad Católica
22	UNA	アスンシオン国立大学	National University of Asuncion	Universidad Nacional de Asunción
23	WG	協議体	Working Group	

図一覧

図 1.5-1.	対象地域（AEP 本部、GEOLab、SPACELab 及びパイロットプロジェクト（防災））	5
図 1.5-2.	対象地域（AEP 本部及びパイロットプロジェクト（農牧））	5
図 1.8-1.	プロジェクト期間及びプロジェクト活動	8
図 1.9-1.	実施体制	9
図 1.10-1.	本プロジェクトで貢献すべき SDGs のゴール	10
図 2.1-1.	AEP の組織図（2025 年 7 月現在）	12
図 2.1-2.	AEP の組織図（将来構想（2028 年））	13
図 2.2-1.	AEP と日本との産学官連携宇宙協力強化をとおして宇宙技術のハブ化による宇宙技術の利用展開	15
図 3.3.6-1.	パイロットプロジェクト前の現地調査（防災）	39
図 3.3.6-2.	パイロットプロジェクト前の現地調査（農牧）	40
図 3.3.7-1.	現地視察エリア	58
図 3.3.7-2.	視察写真（左：住民の家屋、右：湿地帯）	59
図 3.3.7-3.	防災分野パイロットプロジェクトのスケジュール	59
図 3.3.7-4.	防災分野パイロットプロジェクトの実施フロー	60
図 3.3.7-5.	受講証明書	63
図 3.3.7-6.	洪水ハザードマップ（左：Norte エリア、右：Sur エリア）	65
図 3.3.7-7.	マニュアルと洪水ハザードマップダッシュボード	65
図 3.3.7-8.	ワークショップの様子	66
図 3.3.8-1.	対象地域の位置図及び概況	71
図 3.3.8-2.	AEP によって作成された生育マップの例	74
図 3.3.8-3.	現地調査の様子	74
図 3.3.8-4.	Google Earth Engine（GEE）を用いて予測された作付け分類マップ	75
図 3.3.8-5.	AEP により整備された農牧分野衛星利活用マニュアルの概況	75
図 3.3.8-6.	農牧分野ワークショップの様子	76

表一覧

表 1.3-1.	上位目標及びプロジェクト目標	4
表 1.4-1.	本プロジェクトの成果	4
表 1.5-1.	対象地域	4
表 1.7-1.	WG（防災）	6
表 1.7-2.	WG（農牧）	7
表 1.7-3.	派生プロジェクト	7
表 2.2-1.	戦略計画 2024-2033 に掲げられている目標	14
表 3.1.1-1.	専門家	16
表 3.1.1-2.	調達した機材	17
表 3.1.1-3.	調達した衛星データ（農牧: PlanetScope）	18
表 3.1.1-4.	調達した衛星データ（農牧: GRUS）	26
表 3.2-1.	初版の PDM	29
表 3.2-2.	PDM 変更履歴	31
表 3.3.2-1.	報告書一覧	33
表 3.3.3-1.	ベースライン調査計画	34
表 3.3.3-2.	エンドライン調査計画	34
表 3.3.4-1.	JCC 会議概要	34
表 3.3.5-1.	モニタリングシート	35
表 3.3.6-1.	訪問省庁大学機関及びヒアリング内容概要	37
表 3.3.6-2.	エンドライン調査による宇宙システム利活用にかかる評価	38
表 3.3.6-3.	宇宙システム利活用の現状を踏まえた提言	39
表 3.3.6-4.	KCCP（アップストリーム研修スケジュール）（第 1 バッチ）	42
表 3.3.6-5.	KCCP（アップストリーム研修スケジュール）（第 2 バッチ）	44
表 3.3.6-6.	KCCP（ダウンストリーム研修スケジュール）	47
表 3.3.6-7.	KCCP（単元目標）	49
表 3.3.6-8.	KCCP で連携を図った企業、大学及び政府機関	51
表 3.3.7-1.	防災分野 WG 候補機関	53
表 3.3.7-2.	防災分野の WG ミーティング	54
表 3.3.7-3.	防災分野への宇宙関連技術の適用に関する聞き取り調査結果	55
表 3.3.7-4.	洪水氾濫解析に必要なデータ一覧	60
表 3.3.7-5.	第 1 回オンライントレーニング	62
表 3.3.7-6.	第 2 回オンライントレーニング	63
表 3.3.7-7.	収集データ一覧	64
表 3.3.8-1.	農牧分野 WG 候補機関	67
表 3.3.8-2.	WG ミーティングの概要	67
表 3.3.8-3.	農牧分野に関する訪問省庁大学機関からのヒアリング結果の整理	68
表 3.3.8-4.	追加ヒアリング結果	69
表 3.3.8-5.	パイロットプロジェクト設計詳細	70
表 3.3.8-6.	衛星画像調達計画および諸元一覧	72
表 3.3.8-7.	農牧分野オンライントレーニング実施概要	73
表 4.1.1-1.	成果 1 に対する結果	77
表 4.1.2-1.	成果 2 に対する結果	78
表 4.1.3-1.	成果 3 に対する結果	79
表 4.2.1-1.	成果 1 の活動実施にあたり直面した課題、工夫	80
表 4.2.2-1.	成果 2 の活動実施にあたり直面した課題、工夫	81
表 4.2.3-1.	成果 3 の活動実施にあたり直面した課題、工夫	83
表 4.3-1.	各成果に対する日本側及びパラグアイ側の投入	86
表 4.4-1.	成果 1 の指標に対する結果	88

表 4.4-2.	成果 2 の指標に対する結果	90
表 4.4-3.	成果 3 の指標に対する結果	91
表 5.1-1.	上位目標の指標に対する評価	92
表 5.2-1	プロジェクト目標の各指標の達成度評価	94
表 6.3-1.	アクションプランに対する定量的評価（案）	99

別添一覧

別添 1-1	Results of the Project
別添 1-2	Plan of Operation
別添 2	List of Products
別添 3-1	PDM (ver. 1.0)
別添 3-2	PDM (ver. 1.5)
別添 3-3	PDM (ver. 2.0)
別添 3-4	PDM (ver. 2.1)
別添 4	Manual Metodológico de Manejo de Desastres
別添 5	Manual Metodológico de Monitoreo Agrícola
別添 6	Baseline Survey
別添 7	EVALUATION REPORT (Endline Survey)
別添 8	Photos

目次

略語表	i
図一覧	ii
表一覧	iii
別添一覧	v
目次	1
第1章 プロジェクト概要	3
1.1. プロジェクトの背景	3
1.2. プロジェクト名	4
1.3. プロジェクトの目標	4
1.4. プロジェクトに期待される成果	4
1.5. プロジェクト対象地域	4
1.6. プロジェクト実施機関	6
1.7. プロジェクト協議体（WG）機関	6
1.8. プロジェクト期間	7
1.9. プロジェクト実施体制	9
1.10. プロジェクト実施方法	10
第2章 パラグアイの宇宙政策の現状	11
2.1. AEP の現状	11
2.2. パラグアイの宇宙方針	14
第3章 プロジェクトの活動内容と成果	16
3.1. 日本側及びパラグアイ側の投入の実績	16
3.1.1. 日本側の投入実績	16
3.1.2. パラグアイ側の投入実績	28
3.2. PDM の変更履歴	29
3.3. 活動の成果	32
3.3.1. 業務計画書及びワークプランの作成・協議	32
3.3.2. 活動進捗報告書及び事業完了報告書	32
3.3.3. ベースライン調査報告書及びエンドライン調査	33
3.3.4. 合同調整委員会（JCC）会議の開催	34
3.3.5. モニタリング及びモニタリングシートサマリーの作成	35
3.3.6. 成果1に関わる活動	35
3.3.7. 成果2に関わる活動	52
3.3.8. 成果3に関わる活動	64
第4章 プロジェクトの活動結果	75
4.1. 各成果に対する結果	75
4.1.1. 成果1に対する結果	75
4.1.2. 成果2に対する結果	76
4.1.3. 成果3に対する結果	77
4.2. 実施運営上の課題・工夫	78
4.2.1. 成果1における課題・工夫	78
4.2.2. 成果2における課題・工夫	79
4.2.3. 成果3における課題・工夫	80
4.3. DAC6 評価基準に基づく評価結果	82
4.4. 各成果の指標に対する結果	86
第5章 上位目標達成に向けた提言	89
5.1. 上位目標達成の見通し	89
5.2. プロジェクト目標達成に向けた成果と活動の結果	90

5.3.	パラグアイ側への提言.....	91
5.4.	防災分野への衛星データ利活用に関する提言	93
5.5.	農牧分野への衛星データ利活用に関する提言	93
第 6 章	アクションプラン.....	95
6.1.	組織力の強化.....	95
6.2.	技術力の強化.....	95
6.3.	アクションプランに対する定量的評価の案.....	96

第1章 プロジェクト概要

1.1. プロジェクトの背景

パラグアイは、農業を主幹産業とし世界有数の大豆生産量・輸出量を誇る国である一方、経済は農作物の生産状況と国際価格に大きく左右されるため脆弱で、中南米の中でも経済発展が遅れている国の一つである。そのような中、パラグアイ政府は 2014 年 12 月に、パラグアイ国家開発計画 2030 (Plan Nacional de Desarrollo Paraguay 2030) を策定し、以下の 3 つの活動軸を打ち立て社会経済発展の促進を行っている。

1. 貧困削減及び社会開発
2. 包括的な経済成長
3. パラグアイの世界への適切な進出

パラグアイにおける宇宙開発は、航空宇宙分野の研究開発、技術イノベーション、政策等の全般を担う「パラグアイ宇宙機構 (Space Agency of Paraguay : AEP)」(以下、AEP) が 2014 年に設立され、2017 年 12 月に作成された「制度的戦略計画 2018-2023 (Plan Estrategico Institucional 2018-2023 (PEI))」(以下、PEI) に準拠し、国家の宇宙活動の発展を 2018 年より推進している。また、上述の国家開発計画 2030 の 3 つの活動軸に従い、AEP は以下の中長期戦略を策定しそれらの戦略に対してさらに 17 項目の具体的な活動及び計画を示している。

1. 航空宇宙開発を通じた官民発展への貢献
2. 喫緊の課題へ対応できる人材育成
3. 宇宙インフラの整備・構築
4. 持続可能なシステム構築

特に 1. に関しては、宇宙開発に必要な最先端技術の開発、官民に対して宇宙技術を用いた様々な分野（農牧、地図、鉱物探査、気象、地質、環境等）への社会実装に向けた促進、海外機関や民間企業との連携強化等が定められている。また、2. についても大学、政府機関、国内外の研究機関等と連携し宇宙技術開発の研究者や技術者の人材育成の強化が示されている。

日本からの支援に関しては、AEP と宇宙航空研究開発機構 (Japan Aerospace Exploration Agency : JAXA) (以下、JAXA) と九州工業大学 (以下、九工大) との共同で、2021 年にパラグアイ初の人工衛星「GuaraniSat-1」が国際宇宙ステーション (International Space Station : ISS) (以下、ISS) の JEM (きぼう) から宇宙空間に放出され、宇宙開発の大きな一歩を踏み出す支援を行った。また、国際協力機構 (Japan International Cooperation Agency : JICA) (以下、JICA) も農牧業での衛星利用の促進を目的に長期研修員を九工大へ派遣し、人材開発の支援も続けている。

一方、AEP は 2014 年に設置され 2018 年に予算が割り当てられ動き出した若い機関であり、宇宙技術の開発に必要な人的資源や資金等も限られている。また、衛星データを活用するための解析能力や利用省庁等が災害、農業、環境等の分野へ意思決定として使う仕組みや枠組みも不足している状況である。かかる状況下、パラグアイの社会開発や経済成長を見据えて、宇宙開発及び衛星データ利活用の技術的能力強化の支援要請がなされた。

1.2. プロジェクト名

パラグアイ国社会経済開発に向けた宇宙計画管理プロジェクト

1.3. プロジェクトの目標

本プロジェクトの上位目標及びプロジェクト目標を表 1.3-1.に示す。

表 1.3-1. 上位目標及びプロジェクト目標

上位目標	パラグアイの宇宙分野全体における能力向上、及び社会・経済・科学・技術力が強化される。
プロジェクト目標	宇宙関連技術の活用能力が強化され、地理空間情報に基づく意思決定が推進される。

1.4. プロジェクトに期待される成果

本プロジェクトの成果を表 1.4-1.に示す。

表 1.4-1. 本プロジェクトの成果

成果	
成果 1	AEP の衛星開発及び衛星データ利活用にかかる人材及び基盤が強化される。
成果 2	AEP 及び関連機関において、災害リスクの分析や自然災害の予防・対応能力強化のためのパイロットプロジェクトが実施される。
成果 3	AEP 及び関係機関において、農牧業の生産性や品質に関連する情報管理の能力強化のためにパイロットプロジェクトが実施される。

1.5. プロジェクト対象地域

プロジェクト対象地域を表 1.5-1.に示す。また、対象地域を図 1.5-1.及び図 1.5-2.に示す。

表 1.5-1. 対象地域

機関	地域
AEP 本部及び GEOLab	アスンシオン市内
SPACELab	アスンシオン国立大学内（サン・ロレンソ市内）
パイロットプロジェクト（防災）	アスンシオン市バニャード地区
パイロットプロジェクト（農牧）	カーグアス地域

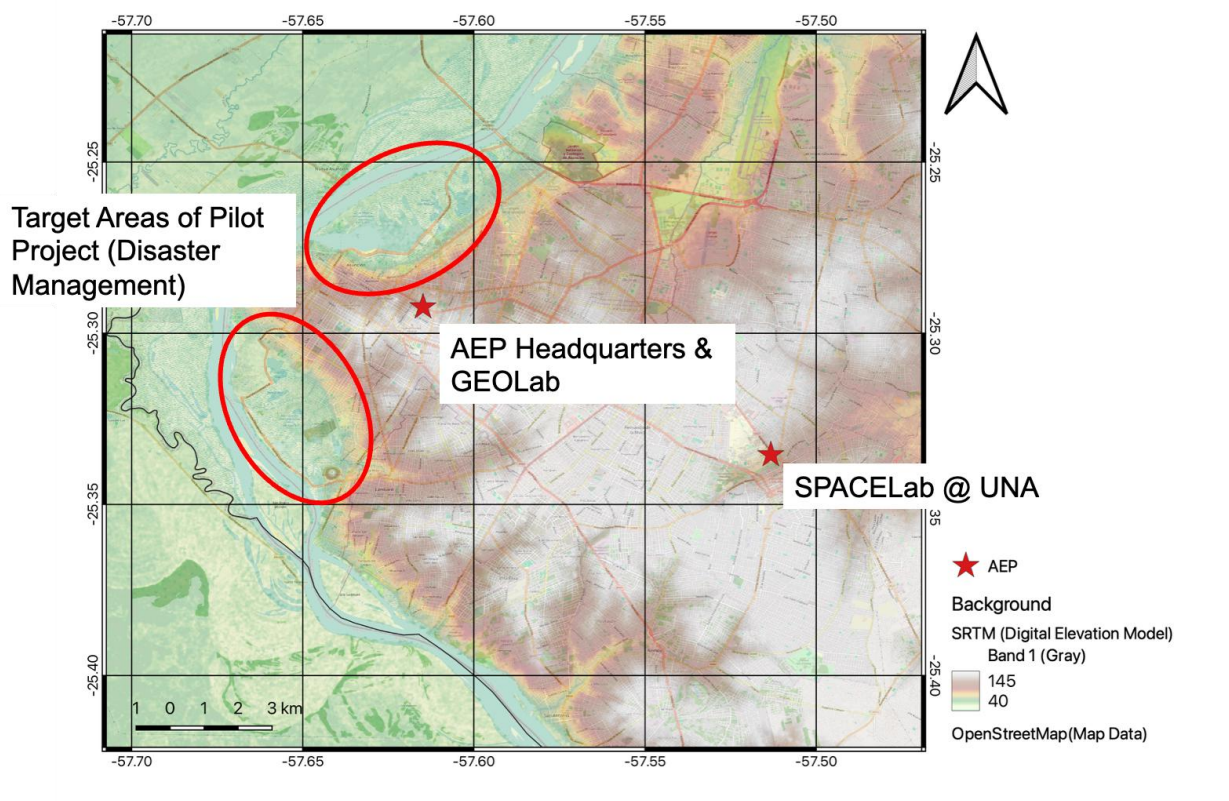


図 1.5-1. 対象地域（AEP 本部、GEOLab、SPACELab 及びパイロットプロジェクト（防災））

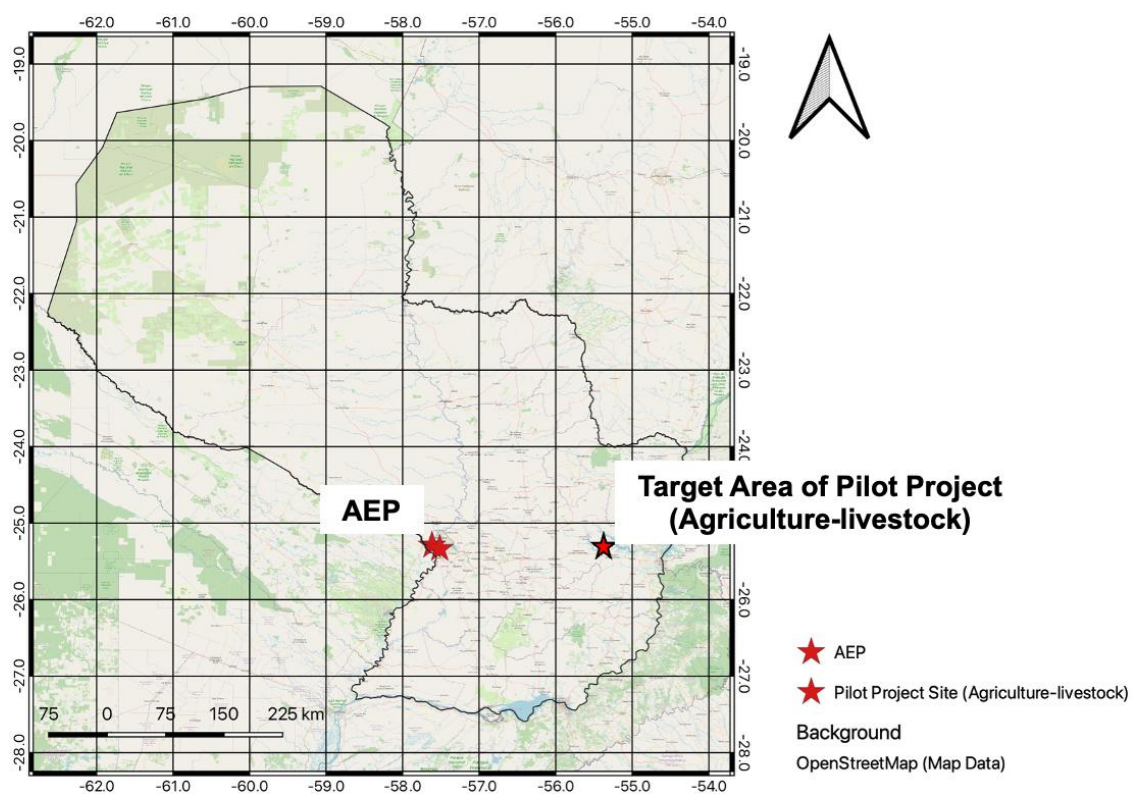


図 1.5-2. 対象地域（AEP 本部及びパイロットプロジェクト（農牧））

1.6. プロジェクト実施機関

パラグアイ宇宙機構（AEP）

1.7. プロジェクト協議体（WG）機関

成果 2 及び成果 3 に関わる活動では、パイロットプロジェクトの目的を明確化し、解析手法やアプリケーション開発にかかる助言や知見の共有、現地調査実施にかかる協力、解析結果についての協議、及び継続的かつ発展的活動をプロジェクト終了後も行うため、防災分野および農牧分野における社会経済課題を抱える関係省庁及び大学との連携を図った。AEP の主体的な活動により、関係省庁及び大学からの理解を十分に得ることができたことで、協議体（Working Group : WG）（以下、WG）を設置し、衛星データ解析手法にかかる技術移転及び活発な意見交換のほか、派生プロジェクトが実施された。なお、成果 1 に関わる活動では AEP の宇宙技術開発・利活用技術向上及び運用能力向上を主目的として活動したため、WG の設置はしていない。WG の構成を表 1.7-1.及び表 1.7-2.に示す。WG 運用をとおして派生したプロジェクトを表 1.7-3.に示す。

表 1.7-1. WG（防災）

構成メンバ	役割
パラグアイ宇宙機構（AEP）	取りまとめ、衛星データ解析、現地調査
国家緊急事態庁（SEN）	災害対応に関する知見の共有、ハザードマップ利活用についての検討
公共事業通信省（MOPC）	都市インフラに関する知見の共有、ハザードマップ利活用についての検討
国家統計局（INE）	都市情報（人口等）の共有
環境持続開発省（MADES）	気候変動、自然災害に関する知見及び情報の共有
国立気象水文総局（DMH）	気象データの共有
土地開発局（INDERT）	地方の土地管理情報の共有
アスンシオン国立大学（UNA）	学際的知見（自然科学）の共有
カトリカ大学（UCA）	学際的知見（インフラ）の共有
イタイプ水力発電所（ITAIPU）	空間情報解析に関する知見の共有

表 1.7-2. WG（農牧）

構成メンバ	役割
パラグアイ宇宙機構（AEP）	取りまとめ、衛星データ解析、現地調査
農牧省（MAG）	農業政策に関する知見の共有、データ利活用の検討
国家植物種子品質研究所（SENAVE）	研究サイトの提供、現地調査及び衛星データ解析、データ利活用の検討
土地開発局（INDERT）	郊外における農地開発状況に関する情報の共有
国家統計局（INE）	統計情報（人口、農業）の共有
国家森林局（MADES）	開発と環境保全政策に関する知見の共有
国立気象水文総局（DMH）	気象情報の共有
アスンシオン国立大学（UNA）	学際的知見（農学）の共有
カトリカ大学（UCA）	学際的知見（農学）の共有
イタイプ水力発電所（ITAIPU）	空間情報解析に関する知見の共有
パラグアイ農業技術研所（IPTA）	農業分野に関する知見の共有

表 1.7-3. 派生プロジェクト

プロジェクト	内容	プロジェクトメンバ
トマト作付けモニタリング	衛星データによる土地被覆図作成及び 現地調査によるトマト作付面積の特定	AEP 及び SENAVE
データインフラ開発計画調査	統計情報及び地理空間情報（GIS）デー タの統合的データインフラ開発計画	AEP、INE、等

1.8. プロジェクト期間

本プロジェクトは 2023 年 10 月から 2025 年 10 月まで実施された。プロジェクト活動計画を図 1.8-1.に示す。

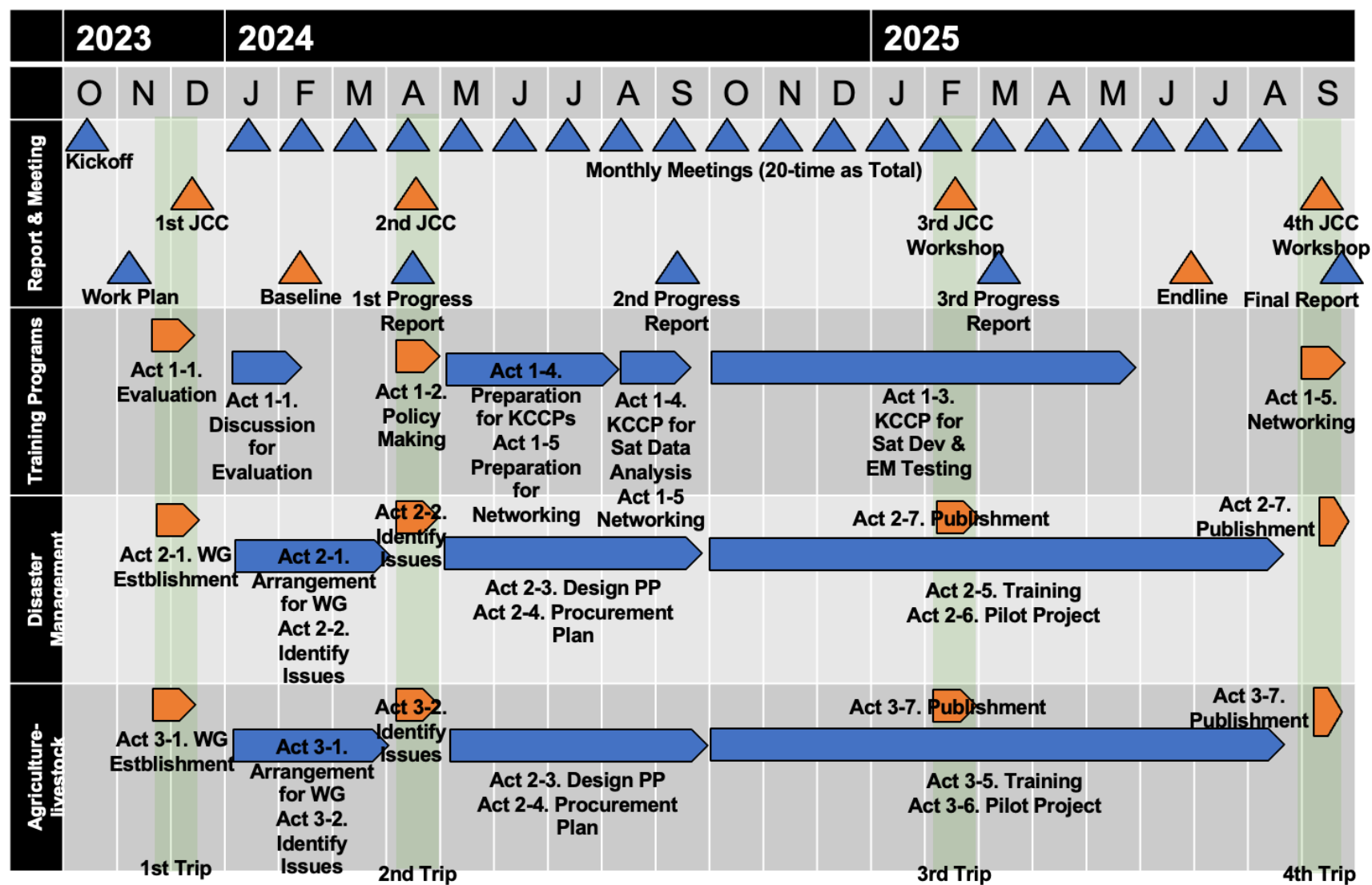


図 1.8-1.プロジェクト期間及びプロジェクト活動

1.9. プロジェクト実施体制

合同調整委員会（Joint Coordination Committee : JCC）（以下、JCC）については、AEP 長官がチェアを、また、パラグアイ側のメンバとして GEOLab の局長がプロジェクトマネージャを勤め、SPLACELab 及び GEOLab に所属する研究員が技術メンバとなる体制を構築。日本側は JICA パラグアイ事務所及び JICA コンサルタントチームによりメンバを構成した。

プロジェクトチームの体制として、AEP 長官をプロジェクトディレクタ、GEOLab 局長をプロジェクトマネージャに設置。この他、SPLACELab 及び GEOLab 研究員、JICA コンサルタントチーム技術メンバとして設置した。

防災分野及び農牧分野における社会経済課題に対して直接取り組んでいる関係省庁を JCC のオブザーバとして迎えることで、宇宙システムの開発、運用及び利活用に対する期待や要求をプロジェクト運営に反映。さらに、これら関係省庁は、パイロットプロジェクトの WG メンバとしてパイロットプロジェクト運営に参画した。プロジェクトの実施体制を図 1.9-1.に示す。

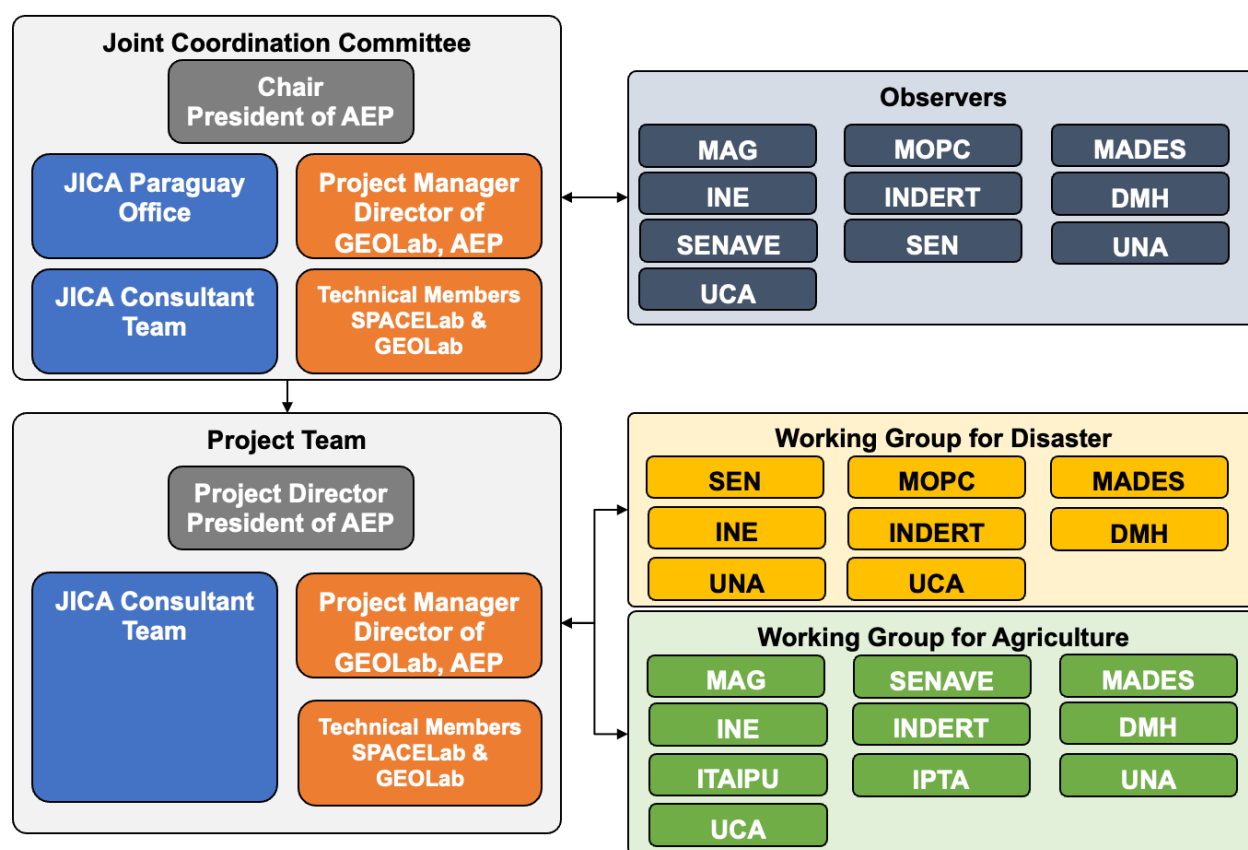


図 1.9-1. 実施体制

1.10. プロジェクト実施方法

本プロジェクトのキーワードは、「衛星開発」「衛星データ利活用」「災害」「農牧業」「人材育成」である。「衛星開発」は、背景にも触れたとおり制度戦略計画に基づきこれから進展が期待されている。また、本プロジェクトは、パラグアイの様々な課題分野に対して衛星技術や「衛星データを利活用」する点にも重きを置く。特に、昨今の気候変動の影響により、熱波、洪水、干ばつ、森林火災等の「自然災害」が発生し、経済の柱である「農牧業」にも影響が拡大している。そのような中、衛星技術の活用を向上させ、農牧業や防災分野等の気候変動による影響を低減・緩和へ繋がるような活動を行うとともに、持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals：SDGs）のゴール2（飢餓をゼロに）、ゴール11（住み続けられるまちづくりを）、ゴール13（気候変動に具体的な対策を）にも貢献するように取り組むこととした。図1.10-1.に本プロジェクトで貢献すべきSDGsのゴールを示す。これにより、衛星データを農牧分野に利活用することで、安定的かつ持続的な食料生産への寄与のみならず、衛星データを防災分野に利活用することで洪水等による被害状況を定量的に把握することができ、持続的な都市計画への寄与が期待できる。農牧業及び災害は気候変動の影響を大きく受けるため、これらの分野に利活用できる小型地球観測衛星の開発及びそのデータ利活用にかかる人材・基盤を強化することは、パラグアイにおける社会経済基盤向上に寄与するものである。

このほか、2024年12月より「パラグアイ国衛星技術関連施設整備計画準備調査」（以下、準備調査）が開始された。準備調査では、パラグアイにおける衛星技術関連施設の整備を実施する必要性や妥当性を精査し、適切な概略設計・事業計画を策定し、概略事業費の積算を行うことを目的としている。本プロジェクトでは、衛星開発及び防災分野・農牧分野に資する衛星データ利活用にかかる技術移転を通じて、パラグアイの社会経済基盤強化につながる宇宙システム利活用についてAEP及び関係省庁機関と検討・協議を行い宇宙計画の設計を進めている。これまでの活動で得られた知見等を準備調査団と共有し連携をとることで、二国間宇宙協力及びパラグアイの社会経済基盤の向上につながる人材育成面からの協力を進めることとした。



図 1.10-1. 本プロジェクトで貢献すべき SDGs のゴール

第2章 パラグアイの宇宙政策の現状

2.1. AEP の現状

AEP は 2014 年に制定された「Ley 5151」（法律第 5151 号）により設置され、大統領府が AEP を所管することが明記されている。

AEP は、2018 年より九工大が推進する非宇宙先進国を支援する学際的な衛星開発プロジェクト「BIRDS プロジェクト（Joint Global Multi Nation Birds）」に参画している。その成果としてパラグアイ初の小型衛星「GuaraniSat-1（BIRDS-4 衛星）」を開発し、2021 年 3 月 14 日に国際宇宙ステーション（ISS）から放出した。GuaraniSat-1 は、リモートセンシング技術の実証及び宇宙環境におけるペロブスカイト太陽電池の性能評価を目的とした。

AEP は日本のアークエッジ・スペース社と連携し、6U サイズの IoT 衛星ミッションの共同開発を 2023 年より進めている。この取り組みは、地方の通信課題の解決を目指しており、AEP は九工大の小型衛星「KITSUNE」衛星ミッションにも参画している。

今後 SPACELab および GEOLab で技術職員を毎年 1-2 名ずつ採用し、2031 年を目途に SPACELab 職員を 22 名、GEOLab 職員を 24 名まで増強する予定である。

AEP の技術部局は、組織体系的には計画管理局及び航空宇宙開発局の 2 部門に分かれている。しかしながら、実際には、小型衛星開発及びその運用を行う SPACELab（アスンシオン国立大学キャンパス内に設置されている）と、衛星データ解析を行う GEOLab（アスンシオン市内の防衛省施設内に設置されている）の 2 部門として運用されている。

将来的な組織体系として、宇宙開発利用における上流（宇宙システム開発・運用）を担う SPACELab と下流（衛星データ利活用）を担う GEOLab とに分かれる予定である。

SPACELab では、5 部局あり、宇宙教育とアウトリーチ部、宇宙システム研究部、技術開発部、産業開発部及び宇宙運用部が設置される予定である。

GEOLab では、4 部局あり、宇宙アプリケーション研究部、地理空間情報ソリューション開発部、地理空間情報及び緊急モニタリング部及び地球観測・GNSS・GIS 部がある。

将来的に宇宙システム開発・運用を担う SPACELab と衛星データ解析利活用を担う GEOLab の役割が明確化されることで、宇宙開発と利用が両輪となってパラグアイの社会経済基盤開発に資する科学技術の発展と利用が見込まれる。図 2.1-1.に AEP の組織図（現在）を、図 2.1-2.に AEP の組織図（将来構想（2028 年））を示す。

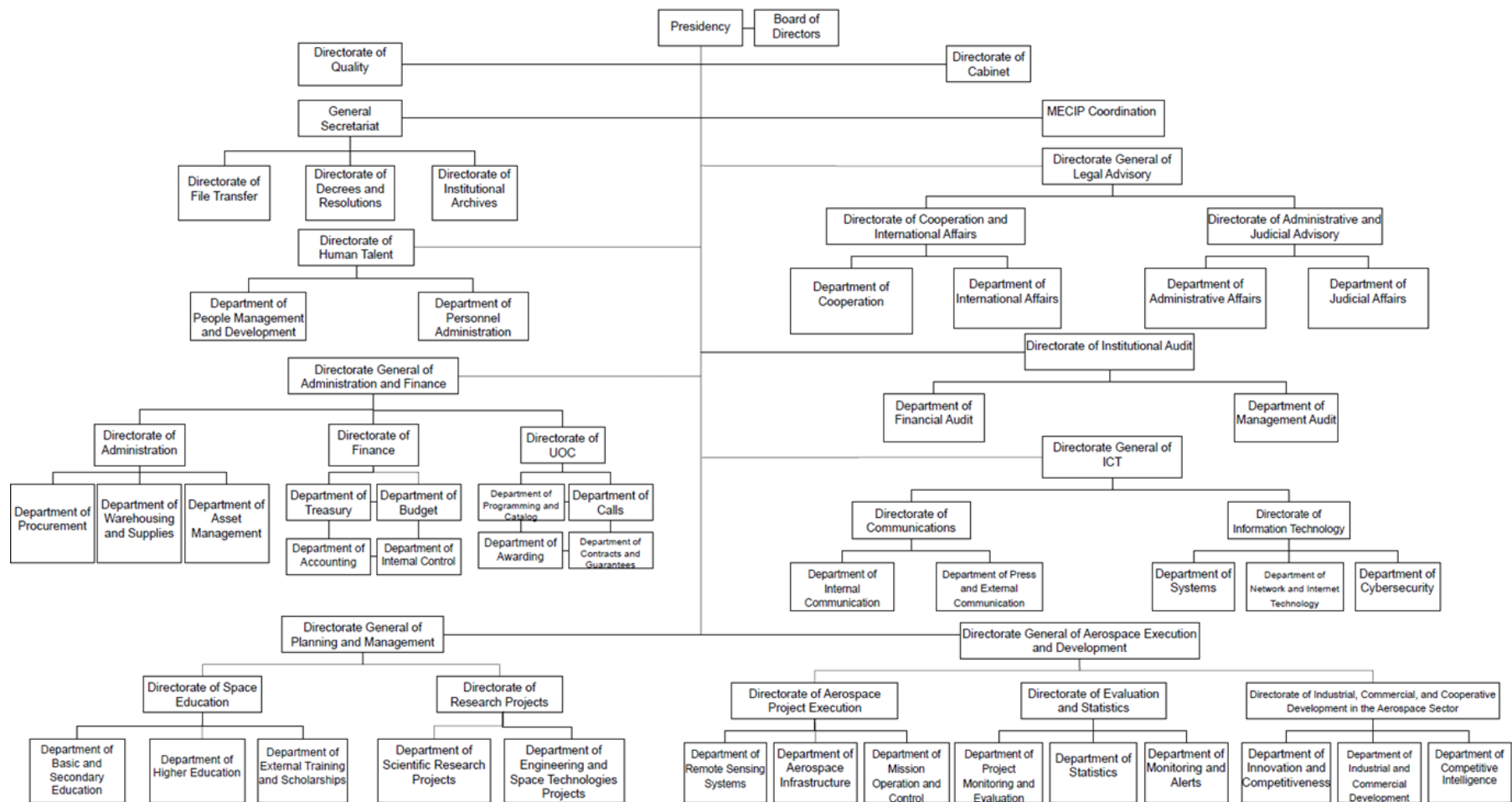


図 2.1-1. AEP の組織図 (2025 年 7 月現在)

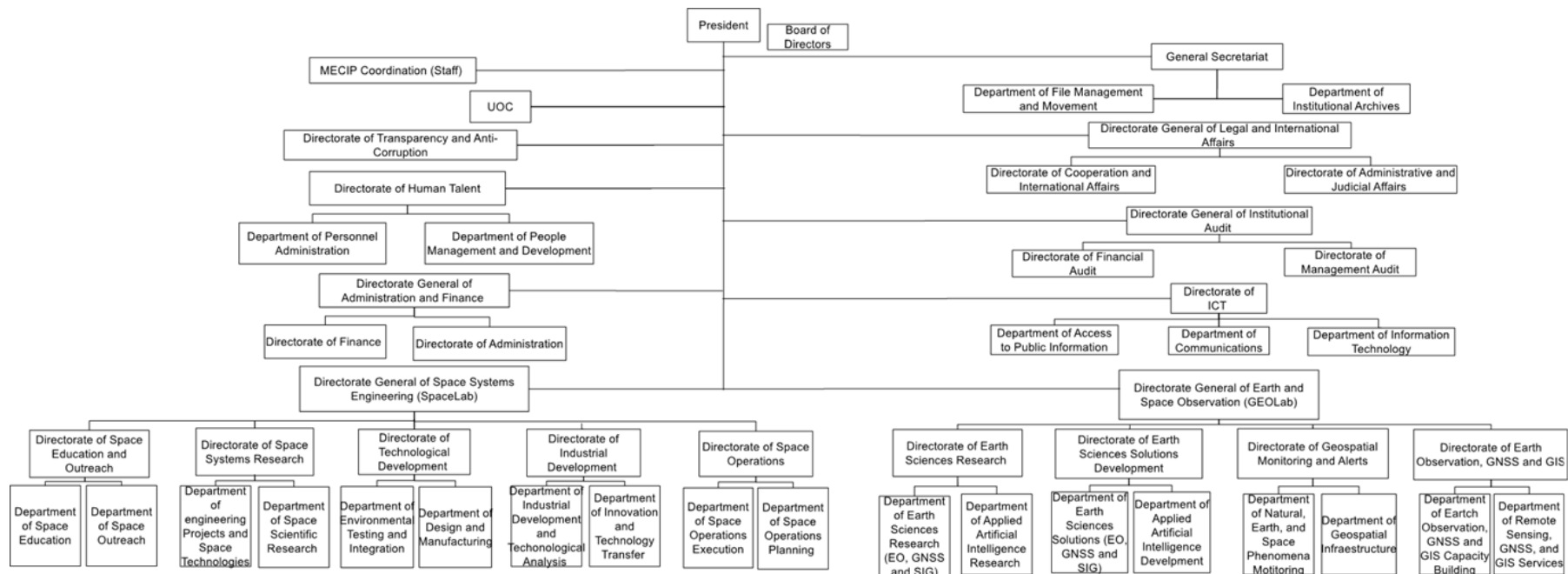


図 2.1-2. AEP の組織図（将来構想（2028 年））

2.2. パラグアイの宇宙方針

パラグアイでは、宇宙開発の初期段階で他国と比較して遅れを取っていたものの、国際社会における科学技術の進展や、宇宙技術の農業や災害管理への応用に対する関心が高まっていた。そこで、パラグアイ政府は、宇宙開発を本格的に進めるための専門機関として、AEP を 2014 年に設立した。また、2018 年より国家予算が AEP に割り当てられ、同年より本格的な活動を開始した。

パラグアイ政府は、2014 年 12 月に、パラグアイ国家開発計画 2030 を策定し、以下の活動軸を打ち立て社会・経済発展の加速化を促し宇宙技術開発もその一環として進められている。

1. 貧困削減及び社会開発
2. 包括的な経済成長
3. パラグアイの世界への適切な進出
4. 競争力とイノベーション

パラグアイ政府は続けて、2017 年 12 月に PEI を作成した。AEP はこれに準拠し、国家の宇宙活動の発展を推進している。上述の国家開発計画 2030 の 3 つの活動軸にそって、AEP は以下の戦略を掲げて具体的な活動項目やスケジュールを示している。

1. 航空宇宙開発を通じた官民発展への貢献
2. 喫緊の課題へ対応できる人材育成
3. 宇宙インフラの整備・構築
4. 持続可能なシステム構築

特に上記 1.航空宇宙開発を通じた官民発展への貢献に関しては、宇宙開発に必要な最先端技術の開発、官民に対して宇宙技術を用いた様々な分野（農牧、地図、鉱物探査、気象、地質、環境等）への社会実装に向けた促進、海外機関や民間企業との連携強化等が定められている。上記 2.喫緊の課題へ対応できる人材育成についても大学、政府機関、国内外の研究機関等と連携し宇宙技術開発の研究者や技術者の人材育成の強化が示されている。

パラグアイ政府は「戦略計画 2024-2033（ドラフト版）」を 2024 年に策定した。表 2.2-1.に戦略計画に掲げられている目標を示す。

表 2.2-1. 戦略計画 2024-2033 に掲げられている目標

	目標	概要
1	国家宇宙技術の確立と自立性の強化	自国の宇宙技術能力を開発し、他国への依存度を減らす。 地球観測衛星などの開発・運用を通じて、持続的な技術基盤を構築。
2	農業・環境・災害管理への応用	主産業である農業の精密化や効率化のために、リモートセンシングを活用。 気候変動や洪水・干ばつなどの自然災害への備えとして衛星データを利用。
3	宇宙教育と人材育成	若年層への STEM 教育の普及と、国内宇宙技術人材の育成。 国内大学や研究機関との連携強化。
4	国際協力と宇宙外交の推進	国連宇宙空間平和利用委員会（COPUOS）などへの参加を通じた国際的な関与。 友好国（日本、アメリカなど）との共同開発・人材交流。

本プロジェクト以外の日本からの支援に関しては、AEP と JAXA と九工大との協力により、2021 年にパラグアイ初の人工衛星「GuaraniSat-1」が ISS の「きぼう」から宇宙空間に放出され、宇宙開発の大きな一歩を踏み出す支援を行った。また、JICA も農牧業での衛星利用の促進を目的に長期研修員を九工大へ派遣し、人材開発の支援も続けている。

この他、2024 年より準備調査が開始された。パラグアイが自立的かつ持続的に宇宙技術を開発し、同国の社会経済基盤開発を進めるため、小型衛星を開発、試験、運用する環境を整備することを目的に調査が進められている。本プロジェクトによる技術面での協力と両輪をなす設備面を強化することで、今後、宇宙技術をキーワードとした「ハブ」として国内関係省庁との宇宙連携による農牧業の強化や防災分野での応用を推進するものである。

農畜産業はパラグアイ GDP の 10%、輸出の 60%を占める主要産業である¹が、気候変動が原因と考えられる干ばつや洪水等の自然災害の影響を受けやすく、気候変動への脆弱性が指摘されており、その対策が急務となっている。AEP は前述の戦略計画において衛星データを有効活用し、気候変動の影響に適切な対処を施すことで、同分野の生産性や品質向上に貢献するとしている。加えて、災害リスクの早期把握や被害軽減といった防災・減災分野への応用により、衛星データの利活用は国民生活の安全・安心にも資することが期待される。さらには日本および中南米カリブ海諸国の産学官との協業による技術革新を推進している。これらの活動は、上述したパラグアイ国家開発計画 2030 及び PEI さらに AEP 法（Ley 5151（法第 5151 号））と合致し同国も期待するところである。

図 2.2-1.に、本プロジェクトを通じて技術面を強化しパラグアイ国内外宇宙技術の「ハブ」としての役割による宇宙技術の利用展開を目指す AEP の構想を示す。

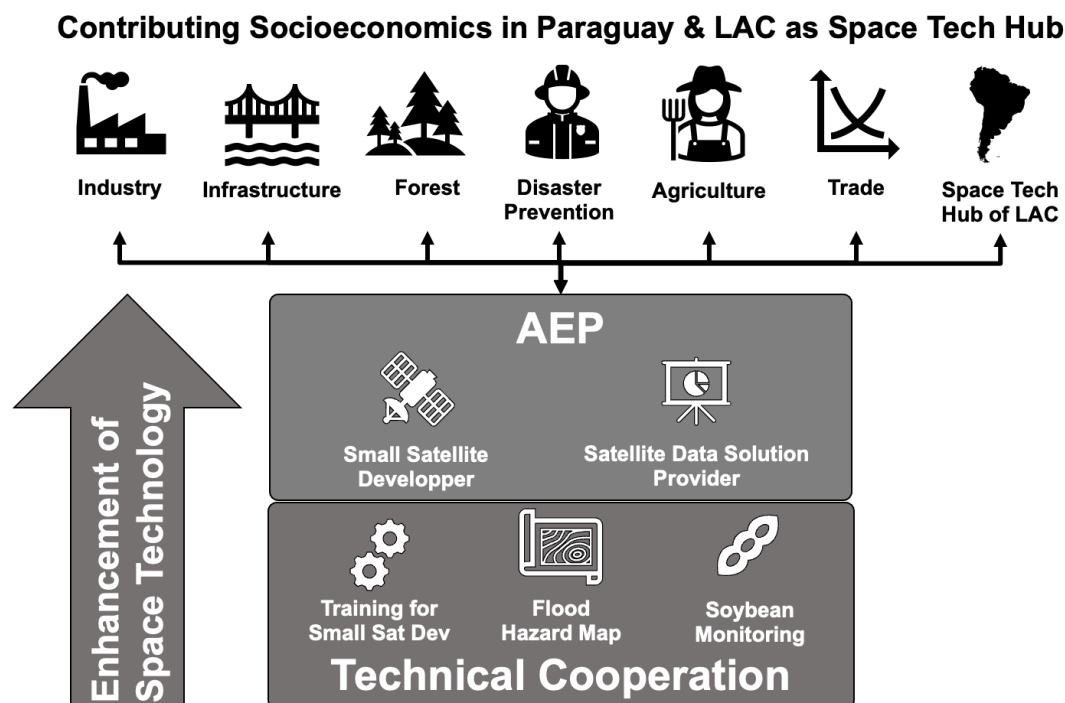


図 2.2-1. AEP と日本との産学官連携宇宙協力強化をととして宇宙技術のハブ化による宇宙技術の利用展開

¹ <https://tradingeconomics.com/paraguay/agriculture-value-added-percent-of-gdp-wb-data.html>

第3章 プロジェクトの活動内容と成果

3.1. 日本側及びパラグアイ側の投入の実績

日本側及びパラグアイ側の適切な投入により、本プロジェクトはスムーズに実施された。日本側及びパラグアイ側の投入実績を 3.1.1.及び 3.1.2.に示す。

3.1.1. 日本側の投入実績

本プロジェクトを実施するにあたり日本側より以下の投入を行った。

1. 専門家の派遣
2. AEP 及び関係省庁職員への技術移転
3. 機材調達
4. 衛星データ調達

専門家は、3 社による共同企業体を結成し本プロジェクトに従事した。表 3.1.1-1.に専門家を示す。

表 3.1.1-1. 専門家

1	氏名/所属	中村 晋作/一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構
	担当	業務主任/調査・分析
	業務内容	・ 会議の実施 ・ AEP の既存の衛星データ解析手法及びツールの評価を実施する ・ AEP で利用可能な衛星開発施設に関する評価に基づき、強化のための方針を策定する ・ 衛星データほかの処理・応用に関するトレーニングを行う ・ ベースライン調査及びエンドライン調査 ・ 報告書等の取りまとめ
	派遣期間	第 1 次: 2023 年 11 月 19 日 – 2023 年 12 月 09 日 第 2 次: 2024 年 04 月 14 日 – 2024 年 04 月 29 日 第 3 次: 2025 年 02 月 19 日 – 2025 年 03 月 02 日 第 4 次: 2025 年 08 月 30 日 – 2025 年 09 月 15 日
2	氏名/所属	佐藤 圭/株式会社パスコ
	担当	副業務主任/災害リスク軽減分野のデータ利活用
	業務内容	・ 会議の実施 ・ 成果 2 にかかる活動 ・ 報告書等の取りまとめ
	派遣期間	第 1 次: 2023 年 11 月 19 日 – 2023 年 12 月 09 日 第 2 次: 2024 年 04 月 05 日 – 2024 年 04 月 29 日 第 3 次: 2025 年 01 月 31 日 – 2025 年 02 月 24 日 第 4 次: 2025 年 08 月 30 日 – 2025 年 09 月 16 日

3	氏名/所属	小林 功典/一般財団法人日本宇宙フォーラム
	担当	データ利活用計画
	業務内容	・ 衛星開発やオペレーションにかかるトレーニングを行う ・ 衛星データほかの処理・応用に関するトレーニングを行う ・ AEP と本邦政府系機関、大学、及び民間企業との連携を行う
	派遣期間	第1次: 2023年11月24日 – 2023年12月09日 第2次: 2024年04月12日 – 2024年04月29日 第3次: - 第4次: 2025年09月02日 – 2025年09月16日
4	氏名/所属	木村 篤史/株式会社パスコ
	担当	農牧業のデータ利活用 A
	業務内容	・ 成果3にかかる活動 ・ 農牧業パイロットの計画策定と全体管理・指揮を行う
	派遣期間	第1次: 2023年11月19日 – 2023年12月09日 第2次: - 第3次: - 第4次: 2025年09月06日 – 2025年09月17日
5	氏名/所属	古賀 秋絵/株式会社パスコ
	担当	農牧業のデータ利活用 B
	業務内容	・ 成果3にかかる活動 ・ 農牧業パイロットを円滑に進める支援を行う
	派遣期間	第1次: - 第2次: 2024年04月05日 – 2024年04月19日 第3次: 2025年02月05日 – 2025年02月24日 第4次: 2025年09月04日 – 2025年09月17日

表 3.1.1-2. に調達した機材の一覧を示す。機材は、2024 年 8 月 19 日に AEP に引き渡された。

表 3.1.1-2. 調達した機材

#	機材名	詳細	目的	数量
1	GNSS Receiver	GARMIN ETREX 32X	現地調査用 GPS ロガー	1
2	GNSS Receiver	GlobalSat BU-353N5	データ解析用 GPS ロガー (PC 接続型)	1
3	HDD	ADATA HV300 (2TB)	衛星データ保存用 HDD	1

表 3.1.1-3. 及び表 3.1.1-4. に調達した衛星データの一覧を示す。衛星データはパイロットプロジェクト期間を通じて適切に AEP に引き渡され解析された。

表 3.1.1-3. 調達した衛星データ（農牧: PlanetScope）

No.	シーン ID	撮影日時 (UTC)	サムネイル
1	20220924_134437_75_2407	2022 年 09 月 24 日 13 時 44 分 37 秒	 Includes material © (2022) Planet. All rights reserved.
2	20221002_125613_83_2432	2022 年 10 月 02 日 12 時 56 分 13 秒	 Includes material © (2022) Planet. All rights reserved.
3	20221008_133906_06_227b	2022 年 10 月 08 日 13 時 39 分 06 秒	 Includes material © (2022) Planet. All rights reserved.
4	20221023_125228_19_2453	2022 年 10 月 23 日 12 時 52 分 28 秒	 Includes material © (2022) Planet. All rights reserved.
5	20221026_125132_06_2460	2022 年 10 月 26 日 12 時 51 分 32 秒	 Includes material © (2022) Planet. All rights reserved.
6	20221103_125430_21_2431	2022 年 11 月 03 日 12 時 54 分 30 秒	 Includes material © (2022) Planet. All rights reserved.
7	20221106_125007_34_241b	2022 年 11 月 06 日 12 時 50 分 07 秒	 Includes material © (2022) Planet. All rights reserved.

8	20221116_132619_92_2484	2022 年 11 月 16 日 13 時 26 分 19 秒	
9	20221119_133554_31_2416	2022 年 11 月 19 日 13 時 35 分 54 秒	
10	20221127_132711_03_2490	2022 年 11 月 27 日 13 時 27 分 11 秒	 Includes material © (2020) Planet. All rights reserved.
11	20221214_134644_99_2413	2022 年 12 月 14 日 13 時 46 分 44 秒	
12	20221220_125200_13_2430	2022 年 12 月 20 日 12 時 52 分 00 秒	
13	20221227_125319_27_2453	2022 年 12 月 27 日 12 時 53 分 19 秒	 Includes material © (2020) Planet. All rights reserved.
14	20230104_124939_36_2423	2023 年 01 月 04 日 12 時 49 分 39 秒	 Includes material © (2020) Planet. All rights reserved.

15	20230117_132847_92_249d	2023 年 01 月 17 日 13 時 28 分 47 秒	
16	20230124_132900_38_248c	2023 年 01 月 24 日 13 時 29 分 00 秒	
17	20230204_125233_06_241f	2023 年 02 月 04 日 12 時 52 分 33 秒	 Includes material © (2023) Planet. All rights reserved.
18	20230209_132737_43_249b	2023 年 02 月 09 日 13 時 27 分 37 秒	 Includes material © (2023) Planet. All rights reserved.
19	20230218_125529_09_2439	2023 年 02 月 18 日 12 時 55 分 29 秒	
20	20240228_130410_26_24ba	2024 年 02 月 28 日 13 時 04 分 10 秒	 Includes material © (2023) Planet. All rights reserved.
21	20240312_135833_70_24f6	2024 年 03 月 12 日 13 時 58 分 33 秒	

22	20240320_140042_61_24d3	2024 年 03 月 20 日 14 時 00 分 42 秒	
23	20240328_134643_23_2424	2024 年 03 月 28 日 13 時 46 分 43 秒	
24	20240403_135812_82_2498	2024 年 04 月 03 日 13 時 58 分 12 秒	
25	20240418_130837_67_24c7	2024 年 04 月 18 日 13 時 08 分 37 秒	
26	20240429_135814_33_24eb	2024 年 04 月 29 日 13 時 58 分 14 秒	 Includes material ID (2020) P-00000000
27	20240507_140136_63_2483	2024 年 05 月 07 日 14 時 01 分 36 秒	
28	20240522_140212_14_2484	2024 年 05 月 22 日 14 時 02 分 12 秒	 Includes material ID (2020) P-00000000

29	20240531_130804_86_24c4	2024 年 05 月 31 日 13 時 08 分 04 秒	 Includes material © (2025) Planet. All rights reserved.
30	20240602_140204_09_24d3	2024 年 06 月 02 日 14 時 02 分 04 秒	
31	20240906_142005_17_2470	2024 年 09 月 06 日 14 時 20 分 05 秒	
32	20240930_141057_04_24d6	2024 年 09 月 30 日 14 時 10 分 57 秒	
33	20240930_141058_94_24d6	2024 年 09 月 30 日 14 時 10 分 58 秒	
34	20241013_135951_86_24bd	2024 年 10 月 13 日 13 時 59 分 51 秒	
35	20241022_140645_72_2516	2024 年 10 月 22 日 14 時 06 分 45 秒	

36	20241027_140523_15_24de	2024 年 10 月 27 日 14 時 05 分 23 秒	 Includes material © (2025) Planet. All rights reserved.
37	20241029_140405_73_24d7	2024 年 10 月 29 日 14 時 04 分 05 秒	
38	20241109_140822_80_251c	2024 年 11 月 09 日 14 時 08 分 22 秒	
39	20241113_131859_45_24d0	2024 年 11 月 13 日 13 時 18 分 59 秒	
40	20241116_131929_11_24a1	2024 年 11 月 16 日 13 時 19 分 29 秒	
41	20241126_140257_07_24df	2024 年 11 月 26 日 14 時 02 分 57 秒	 Includes material © (2025) Planet. All rights reserved.
42	20241211_132059_86_2417	2024 年 12 月 11 日 13 時 20 分 59 秒	 Includes material © (2025) Planet. All rights reserved.

43	20241217_132527_58_24ce	2024 年 12 月 17 日 13 時 25 分 27 秒	
44	20241223_140825_06_24b7	2024 年 12 月 23 日 14 時 08 分 25 秒	
45	20241227_140601_28_24fa	2024 年 12 月 27 日 14 時 06 分 01 秒	 Includes material © (2025) Planet. All rights reserved.
46	20250101_140635_83_24e0	2025 年 01 月 01 日 14 時 06 分 35 秒	
47	20250104_140508_83_2521	2025 年 01 月 04 日 14 時 05 分 08 秒	
48	20250108_140835_63_24c6	2025 年 01 月 08 日 14 時 08 分 35 秒	 Includes material © (2025) Planet. All rights reserved.
49	20250111_140626_66_24e6	2025 年 01 月 11 日 14 時 06 分 26 秒	

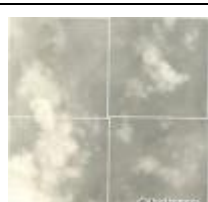
50	20250116_140739_39_2523	2025 年 01 月 16 日 14 時 07 分 39 秒	
51	20250121_140605_80_24dd	2025 年 01 月 21 日 14 時 06 分 05 秒	
52	20250202_132959_19_24c3	2025 年 02 月 02 日 13 時 29 分 59 秒	
53	20250225_140755_45_24df	2025 年 02 月 25 日 14 時 07 分 55 秒	
54	20250318_140839_29_24ed	2025 年 03 月 18 日 14 時 08 分 39 秒	
55	20250330_140608_20_2515	2025 年 03 月 30 日 14 時 06 分 08 秒	
56	20250411_141941_42_2504	2025 年 04 月 11 日 14 時 19 分 41 秒	

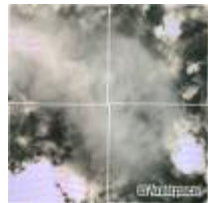
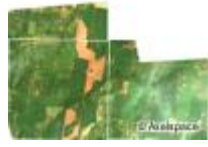
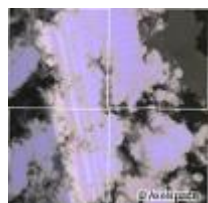
57	20250420_140915_07_24db	2025 年 04 月 20 日 14 時 09 分 15 秒	 all © (2025) Planet, All rights reserved.
58	20250501_142045_29_2541	2025 年 05 月 01 日 14 時 20 分 45 秒	
59	20250511_134516_92_24b4	2025 年 05 月 11 日 13 時 45 分 16 秒	 Includes material © (2025) Planet. All rights reserved.
60	20250519_141424_73_24d7	2025 年 05 月 19 日 14 時 14 分 24 秒	

シーン ID は、metadata.json 上の id、撮影日時については metadata.json 上の acquired を参照し本表に記載をした。

表 3.1.1-4. 調達した衛星データ（農牧: GRUS）

No.	シーン ID	撮影日時 (UTC)	サムネイル
1	2261301354880	2024 年 10 月 02 日 14 時 19 分 42 秒	 © Airbus
2	2264522332560	2024 年 10 月 05 日 14 時 14 分 34 秒	 © Airbus

3	2276333252528	2024 年 10 月 16 日 14 時 11 分 06 秒	
4	2279554230816	2024 年 10 月 19 日 13 時 36 分 33 秒	
5	2288144998640	2024 年 10 月 27 日 14 時 10 分 42 秒	
6	2290292477984	2024 年 10 月 29 日 14 時 17 分 19 秒	
7	2295660948800	2024 年 11 月 03 日 14 時 17 分 53 秒	
8	2307471886992	2024 年 11 月 14 日 14 時 10 分 19 秒	
9	2320357353664	2024 年 11 月 26 日 14 時 10 分 17 秒	

10	2325725820384	2024 年 12 月 01 日 14 時 09 分 32 秒	
11	2343978708560	2024 年 12 月 18 日 13 時 33 分 24 秒	
12	2354716953568	2024 年 12 月 28 日 14 時 07 分 49 秒	
13	2382633696688	2025 年 01 月 23 日 14 時 17 分 02 秒	
14	2383707438496	2025 年 01 月 24 日 14 時 19 分 34 秒	

シーン ID は、metadata.json 上の captureId、撮影日時については metadata.json 上の acquisitionStartDateTime を参照し本表に記載をした。

3.1.2. パラグアイ側の投入実績

本プロジェクトを実施するにあたりパラグアイ側より以下の投入を行った。

1. 人員の配置
2. 関係省庁との調整
3. 他の協力機関との調整
4. 必要データの提供
5. 専門家への執務室提供
6. その他プロジェクト運営に必要な経費

本プロジェクトのカウンターパートは AEP の小型衛星開発及び運用を担当する SPACELab 及び衛星データ解析を担当する GEOLab であった。

3.2. PDM の変更履歴

表 3.2-1.に初版の PDM を示す。さらに、表 3.2-2.に PDM の変更履歴を示す。

表 3.2-1. 初版の PDM

Narrative Summary	Objectively Verification Indicators	Means of Verification	Important Assumption
Overall Goal			
Contribute to the development of national skills in the space sector and strengthen the country's social, economic, scientific and technological development	1. # of projects utilizing space related technology in public and private sector 2. # of public data based on geospatial information 3. # of users of data provided	- Government Statistics - Report from AEP and/or other institutions	Mechanism of data provision for governmental statistics or decision-making process is well established.
Project Purpose			
The ability to utilize space-related technologies in Paraguay is strengthened and geospatially informed decision-making is promoted.	1. # of interagency projects in which AEP was involved 2. # of value-added products based on satellite data by AEP	Government Statistics, Project Report	
Outputs			
Output1: Human resources and infrastructure for AEP upstream and downstream will be strengthened.	# of trained persons considering gender balance # of seminars and workshops satisfaction of seminars and workshops	Project Report	- Counterpart personnel is continuously secured properly - Other institutions, such as government and universities accept involvement of pilot projects.
Output2: AEP and related agencies implement pilot projects to improve capacity for analyzing disaster risk and preventing and responding to natural disasters.	Same as 1-1, 1-2, 1-3 # of PoC, # of practical plans from activity, # of papers and reports related to activity	Project Report	- Counterpart personnel is continuously secured properly - Other institutions, such as government and universities accept involvement of pilot projects.
Output3: AEP and related agencies implement pilot projects to improve capacity for management of agriculture and livestock information related to productivity and quality of products.	Same as 1-1, 1-2, 1-3 # of PoC, # of practical plans from activity, # of papers and reports related to activity	Project Report	- Counterpart personnel is continuously secured properly - Other institutions, such as government and universities accept involvement of pilot projects.
Activities	Inputs		Important Assumption
	Japanese Side	Paraguayan Side	
	- Short-term experts (Data utilization planning, Satellite development/testing, Data utilization in disaster risk reduction/agriculture and livestock sector)	- Allocation of counterpart personnel - Coordination among ministries and organizations	
	- Training for Counterpart Personnel in Japan	- Arrangements between projects with other development partners, etc.	Pre-conditions

1-5. Liaison between AEP and Japanese governmental institutions, universities, and private companies.	- Local cost for the activities	- Arrangements for providing necessary data - Office space for Japanese professionals - Local costs (maintenance costs for existing equipment not covered by JICA support, meeting preparation costs, operating costs required for the project, etc.)	
2-1: Set up working groups consisting of AEP and related organizations to identify issues and implement pilot projects.			
2-2: Identify issues where space-related technologies can be effectively applied in the field of disaster risk reduction			
2-3. Determine scope for applying space-related technologies to the issues and Design pilot projects			
2-4. Develop plan and procure equipments (hardware and software) for satellite imagery and data processing			
2-5. Train personnel in the use of tools, methods, and techniques for disaster risk reduction.			
2-6. Implement pilot projects with existing agreements with academia and other governmental and non-governmental organizations			
2-7. Publish results of pilot projects locally and internationally.			
3-1: Set up working groups consisting of AEP and related organizations to identify issues and implement pilot projects.			
3-2: Identify issues where space-related technologies can be effectively applied in the agriculture and livestock sector.			
3-3. Determine scope for applying space-related technologies to the issues and Design pilot projects			
3-4. Develop plan and procure equipments (hardware and software) for satellite imagery and data processing			
3-5. Train personnel in the use of tools, methods, and techniques to improve productivity and quality in agriculture and livestock sector.			
3-6. Implement pilot projects with existing agreements with academia and other governmental and non-governmental organizations			
3-7. Publish results of pilot projects locally and internationally.			

表 3.2-2. PDM 変更履歴

版	変更年月日	変更履歴		変更理由
		変更箇所	変更内容	
1.0	2023 年 06 月 19 日	-		初版
1.5	2023 年 12 月 05 日	プロジェクト期間	「2023 年 9 月-2025 年 8 月（2 年）」から「2023 年 10 月-2025 年 9 月（2 年）」に変更	現状に即して変更
		指標	「2. 付加価値衛星データ数」から「2. GEOLab によるパイロットプロジェクト以外での付加価値衛星データ数」に変更	GEOLab の技術向上を直接はかるためパイロットプロジェクトの結果を含まないこととした。
			「3. 日本とパラグアイでの研修に参加したパラグアイ側職員数」を追加	研修の成果を確認するため追加した。
		活動 1-2	「AEP におけるインフラ調査に基づく強化計画の策定」から「GEOLab における調査に基づく強化計画の策定」に変更	衛星データ解析能力強化を主軸とした。
		活動 1-3	「衛星開発及び運用にかかる研修の実施」から「衛星開発特に GuaraniSat-2 EM 試験にかかるハンズオン研修の実施（プラン A: 設備強化及び SPLACELab での試験実施、もしくはプラン B: 九工大に 2 名派遣する）」に変更	GuaraniSat-2 EM 試験の実施について検討を開始したため変更した。案を複数設定し、以降の協議で調整することとなった。
		活動 2-4	「衛星データ及びデータ処理のための開発計画及び機材調達（ハードウェアおよびソフトウェア）」から「衛星データ及びデータ収集・処理のための開発計画及び機材調達（ハードウェアおよびソフトウェア）」に変更	衛星データ収集を追加した。
		活動 2-6	「学際及び他省庁、非政府機関との既存合意によるパイロットプロジェクトの実施」から「学際及び他省庁、非政府機関との既存合意及び G とのパイロットプロジェクト実施」に変更	WG でパイロットプロジェクトを運営すること認め、WG を追記した。

		活動 3-4	「衛星データ及びデータ処理のための開発計画及び機材調達（ハードウェアおよびソフトウェア）」から「衛星データ及びデータ収集・処理のための開発計画及び機材調達（ハードウェアおよびソフトウェア）」に変更	衛星データ収集を追加した。
		活動 3-6	「学際及び他省庁、非政府機関との既存合意によるパイロットプロジェクトの実施」から「学際及び他省庁、非政府機関との既存合意及び WG とのパイロットプロジェクト実施」に変更	WG でパイロットプロジェクトを運営すること認め、WG を追記した。
2.0	2024 年 04 月 25 日	活動 1-3	「衛星開発特に GuaraniSat-2 EM 試験にかかるハンズオン研修の実施（プラン A: 設備強化及び SPLACELab での試験実施、もしくはプラン B: 九工大に 2 名派遣する）」から「2024 年 10 月から 2025 年 3 月にかけて九工大において GuaraniSat-2 EM 試験を含む 6 ヶ月のハンズオン研修の実施」に変更	第 1 回 JCC 会議以降の協議及び調整により実施内容が固まったことによりそれを反映した。
2.1	2025 年 02 月 19 日	活動 1-3	「2024 年 10 月から 2025 年 3 月にかけて九工大において GuaraniSat-2 EM 試験を含む 6 ヶ月のハンズオン研修の実施」から「2024 年 10 月から 2025 年 5 月にかけて九工大において GuaraniSat-2 EM 試験を含む 6 ヶ月のハンズオン研修の実施」に変更	GuaraniSat-2 EM 開発の遅延による研修期間の変更が発生したため、スケジュールを反映した。

3.3. 活動の成果

3.3.1. 業務計画書及びワークプランの作成・協議

業務計画書及びワークプランを作成し 2023 年 11 月 21 日に提出した。それを踏まえ、2023 年 12 月 05 日に開催された第 1 回 JCC 会議においてワークプランが承認された。

3.3.2. 活動進捗報告書及び事業完了報告書

表 3.3.2-1.に活動進捗報告書及び事業完了報告書について示す。

表 3.3.2-1. 報告書一覧

報告書	提出日	概要
進捗報告書（第1版） Progress Report（Vol. 1）	2024年02月20日	業務開始から2024年02月までの活動進捗状況をまとめた。記載された主な活動: ・ 第1回JCC会議の開催 ・ PDMの改訂（1.5版） ・ 第1次渡航での活動 ・ WG結成に向けた活動
進捗報告書（第2版） Progress Report（Vol. 2）	2024年09月30日	2024年03月から2024年08月までの活動進捗状況をまとめた。記載された主な活動: ・ 第2回JCC会議の開催 ・ PDMの改訂（2.0版） ・ 第2次渡航での活動 ・ WG結成 ・ 現地調査 ・ ベースライン調査 ・ KCCP（衛星データ利活用）
進捗報告書（第3版） Progress Report（Vol. 3）	2025年03月31日	2024年09月から2025年03月までの活動進捗をまとめた。記載された主な活動: ・ 第3回JCC会議 ・ ワークショップ ・ KCCP（衛星データ利活用） ・ KCCP（衛星開発） ・ パイロットプロジェクト（防災） ・ パイロットプロジェクト（農業）
事業完了報告書（ドラフト） Draft Final Report	2025年06月27日 （初回提出）	プロジェクト全体にかかる活動成果をまとめた。以降、活動状況等に修正を重ねた。
事業完了報告書 Final Report	2025年10月03日	業務開始から業務完了までの活動成果をまとめた。

3.3.3. ベースライン調査報告書及びエンドライン調査

本プロジェクトでは、パラグアイにおける宇宙計画をまとめ今後の活動について目標や活動内容を定めるため、プロジェクト成果を客観的にはかることを目的にベースライン調査及びエンドライン調査を実施した。なお、ベースライン調査及びエンドライン調査については、活動1-1の一部として実施し、その対象範囲をAEPの活動全体（小型衛星開発及びその運用、衛星データ利活用）とした。

第1回JCC会議終了後よりAEPと協力し、関係機関への質問票を作成した。調査結果については、2024年3月末をめぐりに報告書をまとめ提出した。表3.3.3-1.にベースライン調査計画を示す。

表 3.3.3-1. ベースライン調査計画

#	活動	実施期間	備考
1	質問票の作成	2024 年 1 月 10 日 – 2024 年 2 月 23 日	スペイン語に翻訳
2	オンライン調査	2024 年 2 月 26 日 – 2024 年 3 月 8 日	
3	調査結果取りまとめ評価	2024 年 3 月 11 日 – 2024 年 3 月 22 日	
4	報告書作成・提出	2024 年 3 月 29 日	

ベースライン調査については JICA コンサルタントチームと AEP による協議を通して質問票を作成し、AEP が調査を進めた。調査結果については JICA コンサルタントチームと AEP で確認を行い報告書にまとめた。

第 3 回 JCC 会議終了後より AEP と協力してエンドライン調査を行なった。公平性を持たせ客観的な評価を得るために、エンドライン調査はアスンシオン国立大学（UNA）に委託し実施した。質問票については、ベースライン調査結果と比較するためにエンドライン調査で使用した質問票をベースに UNA と協力を得ながら追加の質問をまとめた。4 月から 5 月にかけて調査を実施し 6 月 20 日に報告書を提出した。表 3.3.3-2. にエンドライン調査計画を示す。

表 3.3.3-2. エンドライン調査計画

#	活動	実施期間	備考
1	質問票の作成	2025 年 4 月 22 日 – 2025 年 5 月 2 日	
2	インタビュー調査	2025 年 5 月 5 日 – 2025 年 5 月 21 日	
3	調査結果取りまとめ評価	2025 年 5 月 21 日 – 2025 年 6 月 13 日	
4	報告書作成・提出	2025 年 6 月 20 日	

調査結果は、別添 6. Baseline Survey 及び 別添 7. EVALUATION REPORT を参照のこと。

なお、本調査結果は後述の各成果の項目において記載する。

3.3.4. 合同調整委員会（JCC）会議の開催

JCC 会議を 4 回開催した。表 3.3.4-1. に JCC 会議概要を示す。

表 3.3.4-1. JCC 会議概要

回	開催日	場所	主な内容
第 1 回	2023 年 12 月 05 日	Hilton Asunción（アスンシオン市内のホテル）	ワークプランの承認 PDM の改訂（1.5 版）
第 2 回	2024 年 04 月 24 日	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología（国立科学技術会議）	活動進捗の確認 PDM の改訂（2.0 版）

第3回	2025年02月19日	Ministerio de Industria y Comercio (商工省)	活動進捗の確認 ワークショップと合わせて開催（パイロットプロジェクト成果報告及び準備調査状況報告）
最終回	2025年09月12日	LA MISION HOTEL BOUTIQUE (アスンシオン市内のホテル)	プロジェクト成果の確認 アクションプランの確認 事業完了報告書（Final Report）の承認

3.3.5. モニタリング及びモニタリングシートサマリーの作成

モニタリングシートを作成し本プロジェクトの進捗情報を JICA パラグアイ事務所に報告した。作成及び提出したモニタリングシートの概要を表 3.3.5-1.に示す。

表 3.3.5-1. モニタリングシート

#	提出日	内容
1	2024年03月03日	2023年10月から2024年03月までの活動についてまとめた。記載されている主な活動を以下に示す。 ・ 第1次渡航 ・ 第1回 JCC 会議 ・ ベースライン調査 ・ WG 結成に向けた取り組み及びパイロットプロジェクトの検討
2	2024年09月18日	2024年04月から2024年09月までの活動についてまとめた。記載されている主な活動を以下に示す。 ・ 第2次渡航 ・ 第2回 JCC 会議 ・ KCCPs（衛星開発及び衛星データ利活用） ・ パイロットプロジェクト実施前調査活動報告（防災及び農牧）
3	2025年03月31日	2024年10月から2025年02月までの活動についてまとめた。記載されている主な活動を以下に示す。 ・ 第3次渡航 ・ 第3回 JCC 会議 ・ KCCPs（衛星開発及び衛星データ利活用） ・ パイロットプロジェクト活動進捗（防災及び農牧）

3.3.6. 成果1に関わる活動

活動 1-1. AEP の既存の衛星データ解析手法及びツールの評価を実施する。

AEPの活動状況を把握し、AEPによるパラグアイにおける効果的な宇宙計画の立案を目指すため、本プロジェクト開始当時の宇宙システム（パラグアイはじめ各国が運用する小型を含む地球観測衛星）及び宇宙データ利活用の状況を把握する必要がある。そのため、AEP 及び関係省庁に対してヒアリング調査及びベースライン調査を行なった。さらに、本プロジェクト後の宇宙システム利活用にかかる知識・意識の変化測るため、本プロジェクト後期にエンドライン調査を行いその効果を検証した。

関係省庁へのヒアリング調査をととして災害対策及び農牧業における課題と衛星データの利活用方法の検討に資する情報を得ることができた。

ベースライン調査においては、AEP を含むすべての省庁大学において人材、設備、技術及び財源の制約があり、独自での衛星データ利用及びアプリケーションにかかる技術向上が課題であることが浮き彫りとなった。一方で、AEP は、宇宙情報を共有するためのハブ機能であり、衛星データ利用にかかる技術移転は AEP の目的とも合致しており、パラグアイの社会経済開発のための要望を収集し衛星データ利用技術の裾野拡大と向上に資する組織たることが期待されている組織であることが明らかとなった。

これらの結果は、成果 1 で実施した KCCP の設計と実施、成果 2 及び成果 3 における協議体結成、パイロットプロジェクトの設計及び運用に活用することができた。

本プロジェクト後期に実施したエンドライン調査では、防災分野及び農牧分野におけるパイロットプロジェクトの効果により、関係省庁における衛星データ利活用への理解が深まり、衛星データへのアクセス（利用しようと考えて実際に衛星データ解析を行うこと）への難しさが軽減され衛星データ利活用の裾野を広げることができたという結果を得ることができた。一方で、衛星データ解析や直面する課題を解決するためのアプリケーション開発においてはより専門的な知識が必要となるため、AEP においては引き続き衛星データ利活用及びアプリケーション開発にかかる技術移転を期待する意見が少なくなかった。

これらの結果は、本プロジェクト後期における JICA コンサルタントチームと AEP メンバとの協議の中でアクションプランの立案に活用することができた（第 6 章参照）。

以下、各省庁へのヒアリング調査及びエンドライン調査の結果を示す。

2023 年 11 月 19 日から 12 月 9 日にかけて実施した第 1 次渡航において、AEP の協力を得て関係省庁大学に訪問し衛星データ解析手法及びツールを評価するためヒアリング調査を行った。AEP は宇宙システム及び衛星データを提供する機関である。このため、直接的に社会経済にかかる課題を抱える関係省庁及び大学が AEP に期待する宇宙システム及び衛星データ利活用状況について把握することで、パラグアイ国内における AEP の役割を明確化し、AEP の既存の衛星データ解析及びツールの現状と比較することで、本プロジェクトにおける宇宙計画の管理の方向性について検討することをヒアリング調査の目的とした。訪問した省庁大学機関とそのヒアリング結果の概要を表 3.3.6-1.に示す。

表 3.3.6-1. 訪問省庁大学機関及びヒアリング内容概要

#	訪問省庁大学機関	概要
1	国家緊急事態庁 (SEN)	・ 通常は避難所設置の準備をしており、災害が発生した際には被災地での救難活動、避難所設置等対応している。 ・ 北西部は住人も少なく、手薄になっている。 ・ 国際チャーターの登録部署となっており、災害時はAEPに職員を派遣しAEPの協力のもと衛星データの調達を申請している。 ・ Windyで気象状況をモニタリングしている程度であった。
2	公共事業通信省 (MOPC)	・ 公共事業の環境（安全性含む）評価や環境に配慮した公共事業の計画を策定している。 ・ 農牧系の土木業務（灌漑や土手）は、管轄外とのこと。 ・ 早期アラートシステム、気候変動、環境影響評価について興味がある。
3	農牧省 (MAG)	・ 気候変動による農作物へのダメージにかかるリスク管理のためのアプリケーションを開発している。 ・ 農牧省で技術検証が実施可能な圃場を48ha管理しており、その圃場でのパイロットプロジェクトの実施の可能性がある。 ・ 産学官連携をベースにしたWGでの意見交換ができる可能性が示された。
4	国家植物種子品質研究所 (SENAVE)	・ SENAVEは種子の品質と安定供給を目指している。 ・ 土壌品質管理等による衛星データ利用を模索している。 ・ 違法農作物（薬物系植物）の取り締まりも行っている。
5	環境持続開発省 (MADES)	・ 森林管理、森林火災のモニタリング、湿地管理等を行っている。 ・ 森林保護においては、国連、各国協力機関（JICAやUSAID、自然保護団体等）の参入が多く、目的や対象地域等が重複している部分もあり整理が必要という課題がある。 ・ データの整理や解析手法の統一化を図ることがまず重要。
6	国家森林局 (INFONA)	・ 一次林の管理、植樹、酪農場の管理等を行っている。 ・ 有償無償の衛星データを使い分け、ArcGISで解析し公開する等、日本での森林モニタリングと変わらないほどの設備と解析手法でモニタリングを実施している。
7	経済開発省 (MEF)	・ テリトリー管理や政策の計画立案・分析への衛星データの活用は有効だと考えている。 ・ Sentinel-2を使った土地利用分類の経験がある。
8	国家統計局 (INE)	・ 各省庁から統計データを集約し、統計データの標準化を進めているが、公開基準や標準化はまだ整備されていない。 ・ 衛星データとINEが持つ統計情報（例えば農作物の収量や家計調査等の統計情報が農牧省から得られれば）の組み合わせによる今後のパイロットプロジェクトへの期待ができる。

9	アスンシオン国立大学 (UNA)	・ 森林学部では日本の支援を受けて森林火災モニタリングや森林のカーボン蓄積量の調査等を行ってきた。
10	カトリカ大学 (UCA)	・ リモセンによる環境管理、災害（特に洪水、干ばつ）の研究のほか、都市工学やIoT、ニューロ工学等にも力を入れている。

上記ヒアリング及びベースライン調査によるアンケート回答の解析を通して、ベースライン調査報告書を 2024 年 3 月にまとめた。

机上の衛星データ解析のみならず、現地調査をとおして得られた結果と相関を取ることで解析結果に対する知見と考察できる能力を身につけることが課題として浮き彫りとなった。このほか、関係省庁は宇宙システム利活用について興味はあり、AEP に技術移転等を期待しているものの省庁間の連携が取れておらずそれが実現できていないことが課題としてあがった。

ベースライン調査については別添 6. Baseline Survey を参照のこと。

このほか、2024 年 5 月に岸田前首相のパラグアイ訪問を踏まえ、AEP 職員と協議し衛星データ解析に必要な機材や人材育成プログラム及びその導入計画案をまとめ 2024 年 5 月の月例会で AEP 及び JICA と共有した。また、2024 年 12 月より準備調査が開始され、準備調査団と連携し社会経済基盤に資する宇宙計画管理のための活動を進めた。

2025 年 4 月から 6 月にかけてエンドライン調査を実施した。

エンドライン調査では、本プロジェクトの前後における宇宙システムの利活用の変化について評価が行われた。表 3.3.6-2.及び表 3.3.6-3.に評価結果及び結果を踏まえた提言を示す。

表 3.3.6-2. エンドライン調査による宇宙システム利活用にかかる評価

項目	評価
宇宙システム利活用の裾野拡大	本プロジェクトにより、宇宙の利用拡大のための各ステークホルダーの基本的な参入障害は克服されたとの評価。具体的には、参入障害の克服を受け、トマト畑の作付面積管理のため SENAVE とプロジェクトが開始された。さらに、INE やその他の省庁との協業による衛星データを含むデータインフラの開発プロジェクトが始まった。
人材の確保	本プロジェクトにより、高度な衛星データ解析技術を有する人材の需要が顕在化し、AEP による技術移転に対する期待が高いと評価。関係省庁がそれぞれ必要としている人材の規模を明確化することができた。
データアクセスと可用性	本プロジェクトを通じ、無償データの利活用が可能であるとの認識が共有された等により、衛星データへのアクセスにかかる障害が克服されたとの評価。即時性や継続的な衛星データ配付システムが今後期待される項目である。
能動的アプリケーションの開発	本プロジェクトにより、農業管理（57.1%がデータを更新するために利用したことがない）や災害管理による積極的な活動（早期警戒及び予防）等の主要分野において、衛星データ利活用による解析結果の解釈の必要性が明らかになったとの評価。今後、更に成熟させるために、基礎的な衛星データ解析にとどまらない高度な解析技術の習得に期待が寄せられた。

エンドライン調査の詳細については、別添 7. EVALUATION REPORT を参照のこと。

活動 1-2. AEP の GEOLab における調査に基づく強化計画を策定する。

衛星データ解析及びアプリケーション開発を担う GEOLab における課題は、机上の衛星データ解析のみならず、現地調査をとおして得られた結果と相関を取ることで解析結果に対する知見と考察できる能力を身につけることが最初の課題であった。これを踏まえ、活動 1-3、活動 1-4 及び活動 1-5 についての方針を JICA コンサルタントチームと AEP 間での協議をとおして取りまとめた。各活動の方針を以下に示す。

活動 1-3 の方針

小型衛星開発における知識を深めること、及び GuaraniSat-2 のエンジニアリングモデルの試験実施を目的とした。小型衛星開発では、設計、開発、試験及び運用について知識を深めるほか、九工大の学生及び留学生との共同作業をとおして宇宙システム開発における国際連携の手法及び枠組みについての知識を深めることができるよう九工大と協議を重ね KCCP を設計。さらに、AEP が独自で開発を進める GuaraniSat-2 のエンジニアリングモデルの一連の試験を実施し、AEP がフライトモデル開発に向けた試験データ取得とコンポーネントの改良につなげる知見を得ることができるよう KCCP を設計することとした。

活動 1-4 の方針

防災と農牧の 2 つのテーマに対して、先進的、効果的かつ実践的な衛星データ利活用に関する技術や知見を学び、パラグアイの関連機関と連携して、持続的に衛星データを利用し、実運用化するための知識を深めることができるよう KCCP を設計した。

活動 1-5

将来的な宇宙技術を活用した両国の連携が強化を目的として、我が国の産学間の宇宙関係者とネットワークングを行い、連携するための機会を提供することとした。

活動 1-3. GuaraniSat-2 のエンジニアリングモデル (EM) の試験を含む 6 ヶ月のハンズオン研修を九州工業大学 (九工大) で 2024 年 10 月から 2025 年 5 月の期間実施する。

① 研修名

衛星開発研修「パラグアイ国社会経済基盤開発に向けた宇宙計画管理プロジェクト (第 2 回技術研修)」

② 研修期間

【第 1 バッチ】

研修期間: 2024 年 10 月 4 日 – 2025 年 3 月 28 日

【第 2 バッチ】

研修期間: 2025 年 4 月 3 日 – 2025 年 5 月 30 日

③ 修了者数

第 1 バッチにおいて AEP から 1 名、第 2 バッチにおいて AEP から 2 名の合計 3 名が研修を修了した。

④ 研修の概要

パラグアイの宇宙分野全体における能力向上、及び社会・経済・科学・技術力の向上のため、宇宙関連技術の活用能力強化、地理空間情報に基づく意思決定の推進を行うことが必要であり、パラグアイ独自の衛星によるデータ取得を促進するためにも、本研修は、衛星開発・衛星試験に関する技術・知識を深めることを目的に実施された。研修に参加する AEP のエンジニア職員が、九工大において、6 ヶ月のハンズオントレーニング（以下、「第 1 バッチ」という。）を通じて、超小型衛星のミッション定義策定、エンジニアリングモデル開発に向けた設計、試験に関する基礎的な計画策定や知見を取得することを目標とした。また、同じく九工大において、2 ヶ月のハンズオントレーニング（以下、「第 2 バッチ」という。）を通じて、AEP が開発した 3U 超小型衛星 GuaraniSat-2 のエンジニアリングモデルの一連の試験を実施し、AEP がフライトモデル開発に向けた試験データ取得とコンポーネントの改良につなげる知見を得ることを目指した。第 1 バッチ、第 2 バッチの実施日、研修実施内容をそれぞれ表 3.3.6-4.及び表 3.3.6-5.に示す。

表 3.3.6-4. KCCP（アップストリーム研修スケジュール）（第 1 バッチ）

実施日		研修実施内容
1	2024 年 10 月 7 日 - 2024 年 10 月 11 日	- オリエンテーション、施設ツアー、キックオフ（10 月 7 日） - 国際低炭素街づくりフォーラムへの参加（10 月 8 日、9 日）
2	2024 年 10 月 14 日 - 2024 年 10 月 18 日	- BIRDS-RPM 衛星プロジェクト紹介 - ミッションアイデア議論 - 衛星電源系 I 講義
3	2024 年 10 月 21 日 - 2024 年 10 月 25 日	- サブシステム担当分け - ミッション目的・コンセプト議論
4	2024 年 10 月 28 日 - 2024 年 11 月 1 日	- ミッション要求及びサクセスクライテリア議論 - キューブサット磁場計測のための機械学習を用いた手法の特別講義 - 宇宙システム工学講義
5	2024 年 11 月 4 日 - 2024 年 11 月 8 日	- ミッション要求議論 - ミッションコンセプト及びモデルのレビュー - 衛星主バスのバジェット計算に関する議論
6	2024 年 11 月 11 日 - 2024 年 11 月 15 日	- 衛星内部コンフィグレーション議論 - 宇宙システム工学講義（11 月 14 日、11 月 15 日） - 衛星電源系講義（11 月 15 日）
7	2024 年 11 月 18 日 - 2024 年 11 月 22 日	- 要求事項及び検証文書に関する議論 - ミッションコンポーネントリスト準備 - 衛星電源系講義（11 月 22 日）
8	2024 年 11 月 25 日 - 2024 年 11 月 29 日	- 宇宙システム工学講義（11 月 28、11 月 29 日） - 衛星電源系講義（11 月 29 日） - 機能試作モデル（BBM）コンポーネント調達
9	2024 年 12 月 1 日 - 2024 年 12 月 6 日	- ミッション電力消費議論（12 月 4 日） - ミッション運用モデル及びインターフェース議論（12 月 4 日）
10	2024 年 12 月 9 日 - 2024 年 12 月 13 日	- ミッションデータバジェット及びコンフィグレーションのアップデート議論（12 月 11 日） - 衛星工学概論講義（12 月 12 日） - 衛星電源系講義（12 月 13 日）
11	2024 年 12 月 16 日 - 2024 年 12 月 20 日	- 衛星工学概論講義（12 月 19 日） - BBM 開発計画議論（12 月 20 日） - 衛星電源系講義（12 月 20 日）

実施日		研修実施内容
12	2024 年 12 月 23 日 - 2024 年 12 月 27 日	- ミッション定義審査議論 (12 月 25 日) - 衛星工学概論講義 (12 月 26 日)
13	2025 年 1 月 6 日 - 2025 年 1 月 10 日	- 衛星工学概論講義 (1 月 9 日) - BBM 開発 (1 月 6 日~1 月 10 日) - ミッション定義改善コメント及び改良 (1 月 9 日~1 月 10 日)
14	2025 年 1 月 13 日 - 2025 年 1 月 17 日	- BBM 試験計画及び目的議論 (1 月 13 日~17 日) - 宇宙システム工学講義 (1 月 16 日) - 衛星電源系講義 (1 月 17 日)
15	2025 年 1 月 20 日 - 2025 年 1 月 24 日	- BBM 開発 (1 月 20 日~24 日) - 衛星工学概論講義 (1 月 23 日) - 衛星電源系講義 (1 月 24 日)
16	2025 年 1 月 27 日 - 2025 年 1 月 31 日	- BBM 機能確認試験 (1 月 27 日~31 日) - 宇宙システム工学講義 (1 月 26 日、1 月 30 日) - 衛星工学概論講義 (1 月 30 日)
17	2025 年 2 月 3 日 - 2025 年 2 月 7 日	- BBM 機能確認試験 (2 月 3 日~7 日) - 衛星工学概論講義 (2 月 6 日) - 衛星電源系講義 (2 月 7 日)
18	2025 年 2 月 10 日 - 2025 年 2 月 14 日	- コマンド及びインテグレーション試験議論 (2 月 10 日~14 日) - 衛星工学概論講義 (2 月 13 日) - 宇宙システム工学講義 (2 月 13 日)
19	2025 年 2 月 17 日 - 2025 年 2 月 21 日	- BBM 機能確認試験 (2 月 17 日~21 日) - BBM ソフトウェアソフトウェア開発 (2 月 17 日~21 日) - BBM インテグレーション試験準備 (2 月 17~21 日)
20	2025 年 2 月 24 日 - 2025 年 2 月 28 日	- 衛星主バスと統合した BBM インテグレーション試験 (2 月 24 日~28 日) - エンジニアリングモデル (EM) ボード回路図準備 (2 月 24 日~28 日)
21	2025 年 3 月 3 日 - 2025 年 3 月 7 日	- 衛星主バスと統合した BBM インテグレーション試験 (3 月 3 日~7 日) - EM ボードレイアウト設計 (3 月 3~7 日) - EM ボード部品構成表準備 (3 月 5~7 日)
22	2025 年 3 月 10 日 - 2025 年 3 月 14 日	- BBM 電力消費試験 (3 月 10 日~14 日) - EM ボード及びコンポーネント調達発注 (3 月 12)

実施日		研修実施内容
23	2025 年 3 月 17 日 - 2025 年 3 月 21 日	- 衛星主バスと統合した BBM インテグレーション試験（3 月 17 日～21 日） - イーサネット帯域外チャネル（eOBC）と統合した BBM インテグレーション試験（3 月 18 日～21 日） - 基本設計審査（PDR）文書準備（3 月 17 日～20 日）
24	2025 年 3 月 24 日 - 2025 年 3 月 28 日	- BBM インテグレーション試験（3 月 24 日～25 日） - 通信系電磁適合性（EMC）試験（3 月 25 日～27 日） - PDR 実施（3 月 27 日） - JICA トレーニングレポート報告（3 月 28 日）

表 3.3.6-5. KCCP（アップストリーム研修スケジュール）（第 2 バッチ）

実施日		研修実施内容
1	2025 年 4 月 2 日 - 2025 年 4 月 4 日	- オリエンテーション、施設ツアー - クリーンルームへの衛星搬入 - 作業場の確認 - 機器及び試験要求事項リストに関する議論 - アンテナ修繕・プリント基板はんだ付け修繕 - GuaraniSat-2 の EM の採寸
2	2025 年 4 月 7 日 - 2025 年 4 月 11 日	- +Y パネルへのアンテナ取り付け - 各サブシステムの解体 - バックプレーンボード試験 - 衛星電源共有ラインの機能確認 - 制御系（ADCS）とオンボードコンピュータ（OBC）の通信確認 - 通信系試験及び地上局セットアップ - 通信系と地上局の通信確認 - 試験に向けた九工大試験設備の準備 - アンテナ展開機構の改良

実施日		研修実施内容
3	2025 年 4 月 14 日 - 2025 年 4 月 18 日	- 音響試験チャンバーのセットアップ - +Y パネルへのアンテナ取り付け - アンテナの電波計測及び周波数アジャストメント - アンテナパターン計測 - 試験に向けた九工大試験設備の準備 - 通信系（436 MHz）及び LoRa 通信（436.9 MHz）のダイポールアンテナアジャストメント - 通信系（436 MHz）及び LoRa 通信（436.9 MHz）のアンテナパターン計測 - -Y パネルへの GPS 及び Astradyne 社製セカンドペイロード取り付け
4	2025 年 4 月 21 日 - 2025 年 4 月 25 日	- クリーンルームにおけるアンテナ展開機構試験 - アセンブリ後サブシステム及びペイロード試験 - バッテリパックの組み込み - 機能確認試験に向けた衛星組立及び振動試験準備
5	2025 年 4 月 28 日 - 2025 年 5 月 2 日	- 振動試験に向けた衛星組立 - CW ビーコンチェック、OBC、EPS、通信系機能確認 - Z、X、Y 軸における振動試験実施 - Z 軸ランダム振動試験での太陽パネル展開（展開中の弦の不具合についてトラブルシューティングを行い、Astradyne 社と解決した） - X 軸準静的振動試験での太陽パネル展開（太陽パネルを固定する弦が解放してしまう不具合に対処） - 振動試験中に衛星に電源が入らない不具合に対処 - 3 軸において衝撃試験を実施 - チャンバーでの低温試験に向けてアンテナを衛星から取り外し
6	2025 年 5 月 5 日 - 2025 年 5 月 9 日	- 衛星機能確認試験 - ソフトウェア更新及びプログラム - ポリ塩化ビフェニル製-Y パネルの修復 - 通信試験 - 熱真空試験に向けた衛星解体

実施日		研修実施内容
7	2025 年 5 月 12 日 - 2025 年 5 月 16 日	- 衛星機能確認追加試験 - 熱真空試験に向けた衛星サブシステム及びペイロードへの熱電対の取り付け - 熱真空試験に向けた機械構造検証と治具の取り付け - 熱真空試験チャンバー内部への衛星取り付け - 試験設備のポンプ、電力供給、ソフトウェアの検証 - 試験設備の電気接続、電力供給、熱源、センサの検証 - 22 個の熱電対、6 つの熱源、電力供給の確認 - チャンバーの真空引き及び衛星機能確認試験
8	2025 年 5 月 19 日 - 2025 年 5 月 23 日	- チャンバーの減圧 - 試験前機能確認試験 - 低温からの熱サイクル変化開始 - 4 サイクルの熱サイクル試験達成 - 最高温度、最低温度での機能確認試験実施 - 熱真空チャンバーから衛星取り出し - 衛星からの熱電対取り外し
9	2025 年 5 月 26 日 - 2025 年 5 月 30 日	- FIUNA ミッション試験 - 衛星アセンブリ及び最終機能確認試験 - 衛星及び各種工具の収納 - クリーンルーム清掃

⑤ 研修の成果

本研修における第 1 バッチと第 2 バッチの実施により、開発した「BIRDS-RPM」や「GuaraniSat-2」エンジニアリングモデルの試験等を通じて、以下の成果を得た。

- (1) 解決すべき社会課題を踏まえた衛星ミッションアイデアの創出のための知見獲得
- (2) 超小型衛星のサブシステムの理解の増進
- (3) ミッション目的やコンセプト策定のための定義づけのための知見獲得
- (4) ミッションリクワイアメントとそれを踏まえたバスバジェット、コンフィグレーションの設計技術獲得
- (5) BBM (Bread Board Model : 機能試作モデル) コンポーネントの調達に関する知識獲得
- (6) BBM 設計開発、ソフトウェア開発技術獲得
- (7) BBM の機能性試験、インテグレーション試験、電源消費試験等の一連の試験技術の知見獲得
- (8) 基本設計レビュー (PDR) の知見の増進

- (9) 衛星エンジニアリングモデル（EM）のアンテナ試験、通信試験、振動試験、衝撃試験、機能性試験、熱真空試験等の一連の試験技術の獲得
- (10) 上記（1）から（9）の成果をもって今後の GuaraniSat-2 等のパラグアイ国内開発衛星のフライトモデル開発のための知見

活動 1-4. 衛星データほかの処理・応用に関するトレーニングを実施する。

① 研修名

データ利活用研修「パラグアイ国社会経済基盤開発に向けた宇宙計画管理プロジェクト（ダウンストリーム研修）」

② 研修期間

研修期間: 2024 年 8 月 19 日 – 9 月 18 日

③ 修了者数

AEP から 6 名、植物・種子品質・検疫機構（SENAVE）から 1 名の合計 7 名が研修を修了した。

④ 研修の概要

本研修は、パラグアイの宇宙分野全体における能力向上、及び社会・経済・科学・技術力の向上のため、宇宙関連技術の活用能力強化、地理空間情報に基づく意思決定の推進に向けて実施した。研修に参加した AEP 及び関連機関の職員が、防災と農牧の 2 つのテーマに対して、先進的かつ効果的な衛星データ利活用に関する技術や知見を学び、パラグアイにおいて、関連機関と連携して、持続的に衛星データを利用し、実運用に応用することを目指している。また、我が国の産学間の宇宙関係者とネットワーキングを行い、連携するための機会を提供することにより、将来的に宇宙技術を活用した両国の連携が強化されることを目標とした。研修の日時、訪問先を表 3.3.6-6. に示す。

表 3.3.6-6. KCCP（ダウンストリーム研修スケジュール）

月日	時間	訪問先
8 月 18 日		日本到着
8 月 19 日	10:00-12:00	JICA TIC でのブリーフィング
	13:30-15:30	研修目的、カリキュラム説明
8 月 20 日	10:00-11:30	国土交通省*
	15:30-16:30	日本気象協会*
8 月 21 日	10:00-12:00	アークエッジ・スペース①
	13:30-16:30	アークエッジ・スペース②

月日	時間	訪問先
8月22日	9:45-11:30	JAXA（宇宙技術の農業利用）
	13:15-16:15	宇宙関係企業とのネットワーキング*
8月23日	10:00-11:30	農林水産省
	14:00-15:30	ヤンマーアグリ
	15:30-17:00	国連宇宙部（UNOOSA）*
8月26日	10:00-12:00	JAXA 筑波宇宙センター*
	14:00-16:15	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（NARO）.
8月27日	10:00-12:00	国立研究開発法人土木研究所／International Centre for Water Hazard and Risk Management under the auspices of UNESCO（ICHARM）*
	14:00-16:00	国立研究開発法人防災科学技術研究所（NIED）*
8月28日	10:00-11:30	アクセルスぺース①*
	13:00-16:30	アクセルスぺース②
8月29日	10:00-12:00	Synspective①*
	13:30-16:30	Synspective②
8月30日	10:00-12:00	河川情報センター（FRICS）
	14:00-15:30	サグリ
9月2日	10:30-12:00	アチーブメントレポート準備
	14:00-16:15	ソニー
9月3日	10:30-11:30	スーパー堤防実習
	15:00-17:00	東京外郭放水路実習
9月4日	13:30-16:30	静岡県
9月5日	10:15-12:00	岐阜大学①
	13:30-16:30	岐阜大学②
9月6日	10:00-12:00	岐阜県・農業圃場フィールドサーベイ
9月9日	10:00-12:00	北海道大学①
	13:30-16:30	北海道大学②

月日	時間	訪問先
9月10日	13:00-15:00	黒松内・牧場実習
9月11日	10:00-12:00	スマートリンク北海道①
	14:00-16:30	スマートリンク北海道②
9月12日	10:00-12:00	北海道・農業圃場実習①
	14:00-16:30	北海道・農業圃場実習②
9月13日	10:00-12:00	スマートリンク北海道③
9月17日	10:00-12:00	パイロットプロジェクト準備①
	13:30-16:30	パイロットプロジェクト準備②
9月18日	9:00-11:00	アチーブメントレポート発表
	11:00-12:00	終了証授与
9月19日		離日

* JICA の別プログラムであるルワンダ国本邦研修との合同セッションとして実施された。

⑤ 研修の成果

講義と実習、さらに見学を組み合わせたカリキュラムをデザインし、以下の単元目標を達成した(表 3.3.6-7.)。

表 3.3.6-7. KCCP (単元目標)

単元目標	カリキュラム構成
単元目標 1: 光学及び SAR 衛星データを用いた防災と農牧における社会課題解決の知見習得	全カリキュラム
単元目標 2: 光学及び SAR 衛星データを用いた我が国における利活用事例の知見習得	全カリキュラム
単元目標 3: 我が国の省庁による衛星データの行政利用の知見習得	・ 国土交通省 ・ 農林水産省 ・ 静岡県
単元目標 4: 我が国の研究機関や大学による宇宙技術の社会実装に向けた研究開発に関する知見習得	・ JAXA ・ 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 (NARO) ・ 国立研究開発法人土木研究所 ・ 国立研究開発法人防災科学技術研究所 (NIED) ・ 岐阜大学 ・ 北海道大学

単元目標	カリキュラム構成
単元目標 5: 民間企業による衛星データを活用したビジネス、公共サービス、社会課題解決の取り組みについての知見習得	・ 日本気象協会 ・ アークエッジ・スペース ・ ヤンマーアグリ ・ アクセルスペース ・ Synspective ・ 河川情報センター (FRICS) ・ ソニー ・ スマートリンク北海道
単元目標 6: 我が国の産学間の多様な宇宙関連プレーヤーとのネットワークによる今後の協業の創出	・ 宇宙関係企業とのネットワーク ・ その他全カリキュラム
単元目標 7: JAXA と AEP の宇宙機関協力の促進	・ JAXA (JAXA の農業利用、筑波宇宙センター)
単元目標 8: フィールドサーベイ、実習、ハンズオンを通じた衛星データの実利用のための解析・検証技術の習得	・ スーパー堤防実習 ・ 東京外郭放水路実習 ・ 岐阜県・農業圃場現地調査 ・ 黒松内・牧場実習 ・ 北海道・農業圃場実習
単元目標 9: 上記単元目標 1 から 8 の成果をもって今後の業務や将来的な宇宙利用協力への適用	・ パイロットプロジェクト準備 ・ その他全カリキュラム

活動 1-5. AEP と本邦の政府系機関、大学、及び民間企業との連携を行う。

2024 年 8 月 22 日に東京都内において KCCP (ダウンストリーム研修) の一環として JAXA、民間企業 (アクセルスペース、Synspective など)、CONSEO 企業と連携し、お互いの活動を紹介するネットワークングを行った。表 3.3.6-8.に KCCP で連携を図った企業及び調達を検討・調達を行なった衛星データやプラットフォーム、機材等を示した。

2025 年 9 月 12 日に JAXA 職員をプロジェクト予算で招聘し、宇宙分野で活躍する本邦企業を招聘した。JAXA 職員と SPACELab 職員とを交えた協議を通じて、将来的な運用強化のための方針をまとめた。さらに、最終 JCC 会議後でワークショップを行い、JAXA 職員による基調講演と本邦企業と AEP、関係省庁、現地企業とのビジネスネットワークングを行い、日本パラグアイ間の宇宙ビジネス連携・強化を図った。

これらの活動を通じて、AEP は本邦企業との協業で衛星データプラットフォームの開発を 2024 年より開始した。また、すでに多くの本邦企業より AEP との協業 (小型衛星コンステレーション開発と運用、地上局ネットワーク構築、データプラットフォーム開発、データアプリケーション開発等) を望む声が上がっている。

表 3.3.6-8. KCCP で連携を図った企業、大学及び政府機関

#	産学官名	内容	ステータス	備考
民間企業				
1	アークエッジ・スペース	小型衛星コンステレーション開発とデータ利活用 衛星管制用地上局見学	ArkEdge Insight の開発で連携中	パイロットプロジェクト中に ArkEdge Insight の導入を行い衛星データの実践的な利用を検討している。
2	アクセルスペース	光学小型衛星コンステレーションと利活用	修了	Axelglobe データの調達を行いパイロットプロジェクト（農牧）で活用している。
3	建設技研インターナショナル	洪水シミュレーション（iRIC）のハンズオンセミナー実施（オンライントレーニング）	修了	パイロットプロジェクト（防災）の活動として洪水シミュレーションのセミナーを実施している。
4	サグリ	衛星データを活用した農業利用での民間の取組	修了	KCCP での連携
5	Synspective	SAR 小型衛星コンステレーションと利活用プラットフォーム	修了	KCCP での連携
6	スマートリンク北海道	北海道農家のスマート農業取組紹介	修了	KCCP での連携
7	ソニーグループ	低電力・低コスト衛星通信技術紹介	修了	KCCP での連携 グローバルな衛星通信での協力を模索している。
8	ヤンマーアグリ	IoT と宇宙技術を統合したスマート農業の取り組み	修了	KCCP での連携
9	衛星地球観測コンソーシアム（CONCEO）	企業紹介と交流	修了	KCCP での連携
大学				
10	岐阜大学	衛星データを利用した洪水予測シミュレーション研究紹介とハンズオン	修了	KCCP での連携 シミュレーションのハンズオンは、パイロットプロジェクト（防災）で引き続き講義を行っている。

#	産学官名	内容	ステータス	備考
11	北海道大学	宇宙技術を利用した 農業研究事例 畜産における衛星データ利用実習	修了	KCCP での連携 畜産での草種管理等実践的な衛星データ利用について検討している。
省庁・地方自治体等				
12	国土交通省	日本の治水対策・河川行政・衛星データ利活用	修了	KCCP での連携
13	農林水産省	農業統計への衛星データ利活用取組	修了	KCCP での連携
14	JAXA	衛星データの農業での利活用事例と研究紹介 筑波宇宙センター視察と衛星データを用いた災害対応の取組紹介	修了	KCCP での連携
15	農研機構	宇宙技術の農業帝王事例・研究紹介	修了	KCCP での連携
16	土木研究所	衛星データを活用した水災害・リスクマネジメントの取組紹介	修了	KCCP での連携
17	防災科学研究所	衛星データを活用した地震被災把握・災害時の衛星オペレーション紹介	修了	KCCP での連携
18	河川情報センター	川の防災情報について 河川の監視	修了	KCCP での連携
19	日本気象協会	日本の気象予報と災害の情報伝達	修了	KCCP での連携
20	国連宇宙部	国連の衛星データを活用した災害対応の取り組み紹介	修了	KCCP での連携

#	産学官名	内容	ステータス	備考
21	首都圏外郭放水路地底探検ミュージアム	首都圏災害時対応の事例紹介	修了	KCCP での連携
22	静岡県	地盤沈下監視への人工衛星画像解析の活用について	修了	KCCP での連携

3.3.7. 成果 2 に関わる活動

活動 2-1. AEP 及び関連機関において、課題の特定やパイロットプロジェクトの実施にかかる協議体を設定する。

防災分野に関わると想定される関係機関を AEP とともに訪問し、聞き取り調査を実施した上で防災分野の WG 候補の選定を実施した。WG 候補機関を表 3.3.7-1.に示す。WG 候補となった機関へは、AEP からの参加要請レターとともに呼びかけた。表 3.3.7-1.で示した機関のうち水色でハイライトした機関は AEP の呼びかけに応じて WG のコアメンバーとして定常的に WG に参加した。

表 3.3.7-1. 防災分野 WG 候補機関

機関名	
パラグアイ宇宙機構 (AEP)	国家緊急事態庁 (SEN)
経済開発省 (MEF)	公共事業通信省 (MOPC)
国家統計局 (INE)	環境持続開発省 (MADES)
国家森林局 (INFONA)	国立気象水文総局 (DMH)
アスンシオン国立大学 (UNA)	カトリカ大学 (UCA)
土地開発庁 (INDERT)	

※ イタイプ水力発電所 (ITAIPU) が 2024 年 7 月より参加

WG 活動を実施するあたり、WG に関するガイドラインを作成し、活用内容について事前説明を行った。WG ミーティングでは、主にパイロットプロジェクトに向けた説明や協議を実施した。実施した WG ミーティングは、下記の表 3.3.7-2.の通り。

表 3.3.7-2. 防災分野の WG ミーティング

協議	開催日 (現地時間)	会場	概要	成果
WG 事前ミーティング	2024 年 3 月 6 日	オンライン	WG のガイドラインの承認 WG の結成	WG 結成
第 1 回目 WG ミーティング	2024 年 4 月 24 日	現地	WG ミーティング目的 衛星データ利活用事例の紹介 パイロットプロジェクトに向けたスケジュール 聞き取り調査結果の確認及び衛星データ利用に関する協議 パイロットプロジェクトのスコープ案の共有・承認	スコープの承認
第 2 回目 WG ミーティング	2024 年 7 月 4 日	オンライン	洪水シミュレーションに必要なデータ 洪水ハザードマップ作成フロー 洪水ハザードマップの利活用	手法の承認
第 3 回目 WG ミーティング	2024 年 11 月 25 日	オンライン	パイロットプロジェクト進捗状況の共有 ワークショップ開催予定及び発表内容 湛水域図→洪水ハザードマップへの落とし込み 洪水ハザードマップの利活用	進捗状況の共有

活動 2-2. 防災分野で宇宙関連技術の適用が有効な課題が特定される。

宇宙関連技術の適用が有効な課題の洗い出しを行うため、2023 年 11 月～12 月の第 1 回目渡航で防災分野の関係機関を訪問し、聞き取り調査を実施した。聞き取り調査にあたっては、業務内容、地球観測衛星データに関する知見の有無や活用経験の有無、業務内容から想定される地球観測衛星データの利活用の可能性など念頭に行った。各機関から聞き取った情報を整理し、宇宙関連技術の適用が想定される内容、役割と課題について整理した結果を表 3.3.7-3.に示す。

表 3.3.7-3. 防災分野への宇宙関連技術の適用に関する聞き取り調査結果

訪問先	期待される衛星データ利用	役割	課題
SEN	- 被害情報の収集 - 洪水早期警戒 - 森林火災モニタリング	- 災害時に AEP へ職員を派遣し、国際チャーターにデータ取得・配布を要請 - 被害状況の発信 - 洪水アラートの発信	- AEP との連携が重要 - 衛星データからの被害情報の抽出には AEP からの協力が必要 - 災害発生時の衛星データ利用手順書（他省庁との連携含む）は整備されていない - 洪水早期警戒や森林火災モニタリングは、Windy の気象情報や NASA のホットスポット情報のみ
MEF	- 洪水ハザード／リスクマップ * 土地テリトリー管理へ反映	- 減災ための土地テリトリー管理を行う - 防災サイクルの事前フェーズとして洪水ハザード／リスクマップの配布	- 洪水ハザード／リスクマップの作成に関する知見が必要 - AEP からの協力が必要
MOPC	- 洪水ハザード／リスクマップ * 公共事業計画や実施後の安全面評価に活用 - 公共事業への洪水早期警戒システムの取り入れ	- 公共事業によるインフラの安全面の確認 - 減災を考慮した公共事業の実施	- 洪水ハザード／リスクマップの作成に関する知見が必要 - AEP からの協力が必要
INE	衛星データによる統計情報の更新	- 災害時に SEN へ統計情報を共有（リクエストベース） - 洪水ハザード／リスクマップ作成へ統計情報を提供	統計情報の提供と言う点では課題なし
MADES	- 森林火災モニタリング - 森林火災リスクマップの作成	- 森林火災モニタリングと SEN 等への情報提供 - 森林火災リスクマップを使った早期警戒	- 森林火災モニタリングは NASA のホットスポット情報のみ - 森林火災モニタリングで INFONA とは連携していない - 森林火災リスク評価に基準がなく、各省庁（5 機関）での評価が違っている - 国立公園などの管理で人員不足 * 森林火災警戒のためのパトロール人員が不足

訪問先	期待される衛星データ利用	役割	課題
INFONA	・ 森林火災モニタリング ・ 森林火災リスクマップの作成	・ 森林火災モニタリングと SEN 等への情報提供 ・ 森林火災リスクマップを使った早期警戒	<u>衛星データを利用したモニタリング能力があり、技術面での課題はなし</u> ・ 森林火災モニタリングで MADES とは連携していない ・ 森林火災リスク評価に基準がなく、各省庁（5 機関）での評価が違っている
DMH	・ 洪水早期警戒	・ 洪水早期警戒のための気象情報を SEN へ提供	・ 洪水災害時の対応に関する標準書は整備されていない
UNA	・ 森林火災モニタリング ・ 森林火災リスクマップの作成	・ 森林火災解析アルゴリズム等の知見を提供 ・ 各専門家からの知識の提供	<u>知見の提供と言う点では課題なし</u>
UCA	・ 洪水早期警戒	・ 河川水位や流量計測の低価格センサの開発と提供 ・ 設置済みのセンサからの情報の提供 ・ 各専門家からの知識の提供	<u>知見の提供と言う点では課題なし</u>

ヒアリングから得られた情報を整理した結果、防災分野における洪水災害の関連機関については、SEN、MEF、MOPC、INE、DMH、UCA であった。また森林火災の関連機関については、SEN、MADES、INFONA、UNA であった。

2024 年 4 月に実施された第 1 回目の防災分野 WG ミーティングにて、ヒアリング結果を基に宇宙関連技術の適用が有効な課題を協議し、下記の災害の種類及び災害管理フェーズにおける対応が宇宙関連技術の適用が有効であると確認した。

- ・ 災害の種類：洪水
- ・ 災害管理フェーズ：緊急対応フェーズ、事前準備フェーズ
- ・ **課題 1**：洪水発生時の衛星データ活用に関する手順書が整備されていない
- ・ **課題 2**：地域別の洪水ハザードマップが整備されていない
- ・ これらを解決するために、パイロットプロジェクトを通して、衛星データ活用標準手順書及び洪水ハザードマップ作成にかかる技術移転を行うこととした。

SEN ならびに UCA からは、洪水災害の事前準備フェーズで活用できるハザードマップの作成が宇宙関連技術の適用が有効な課題として挙げられた。INE からは、緊急対応フェーズにおける衛星データ活用標準書の整備が課題として挙げられた。

活動 2-3. 課題に対して宇宙関連技術を適用するスコープを決定し、実験的に取り組みを設計する。

2024 年 4 月に実施された第 1 回目の防災分野 WG ミーティングにて挙げられた災害の種類ならびに災害管理フェーズをもとに協議し、パイロットプロジェクトを洪水災害における事前準備フェーズで活用される洪水ハザードマップの作成とした。また対象エリアをアスンシオン市のバニヤード地区とした。

パイロットプロジェクトに向けた洪水ハザードマップ作成のため、現地視察を実施した。図 3.3.7-1.の河川付近の青色でハイライトした区域がバニヤード地区であり、赤線で囲った Norte エリアと Sur エリアの両方を視察した。また、現地視察の様子を図 3.3.7-2.に示す。

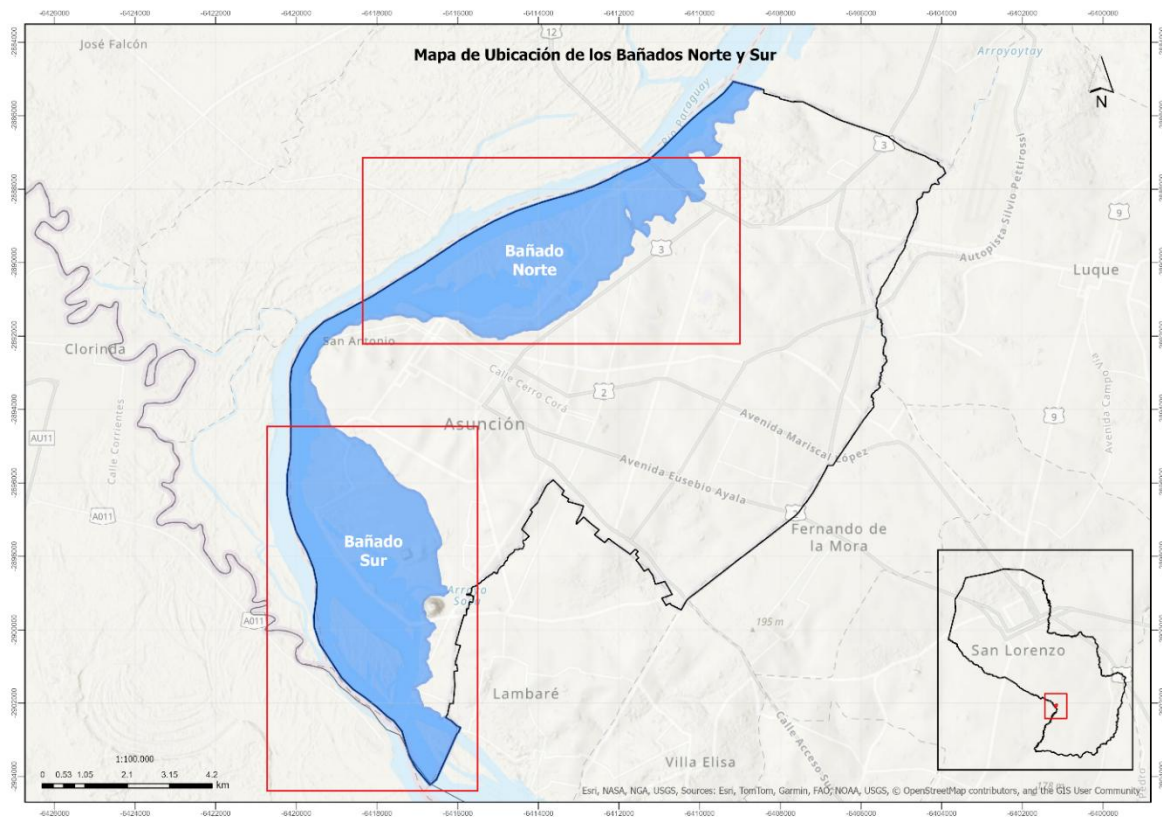


図 3.3.7-1. 現地視察エリア

対象エリアのバニヤード地区は、もともと湿地帯であったエリアに住民が瓦礫などで違法に埋め立てた地域で、河川に近く標高の低い平らな地形を有している。湿地帯と隣接しており、近くを横断するハイウェイが溜まった水の逃げ道を塞ぐ形になっている特徴がある。そのため雨季に発生する季節性洪水だけでなく、ゲリラ豪雨による瞬間的な洪水も多発している地域である。この地域の住宅は平屋が多く、住民によると 2m 以上の洪水で屋根まで浸かることもあったとの情報を得た。また、地域全体が平らで低いため、洪水時の避難が困難とのことであった。



図 3.3.7-2. 視察写真（左：住民の家屋、右：湿地帯）

洪水ハザードマップを作成するには、洪水氾濫解析を通して湛水域を算出する必要がある。湛水域の算出については洪水の各種シナリオに応じてシミュレーションを行い、得られた湛水域を基にその地域での活用に適切な洪水ハザードマップとして、様々な情報をインプットして仕上げる必要がある。また洪水氾濫解析に用いるソフトウェアを選定し、解析に必要なデータの準備などを行うことも重要である。洪水氾濫解析については、仕様するソフトウェアの種類によらず、水文の基礎及び氾濫解析の基礎を学ぶ必要がある。

そのため、パイロットプロジェクトを「データ準備」、「洪水氾濫解析ソフトに関するトレーニング」、「洪水氾濫シミュレーションと湛水域マップの作成」、「洪水ハザードマップの作成」、「洪水ハザードマップの利活用に関する協議」の5項目で構成した。図 3.3.7-3.にパイロットプロジェクトのスケジュール、図 3.3.7-4.に実施フローを示す。

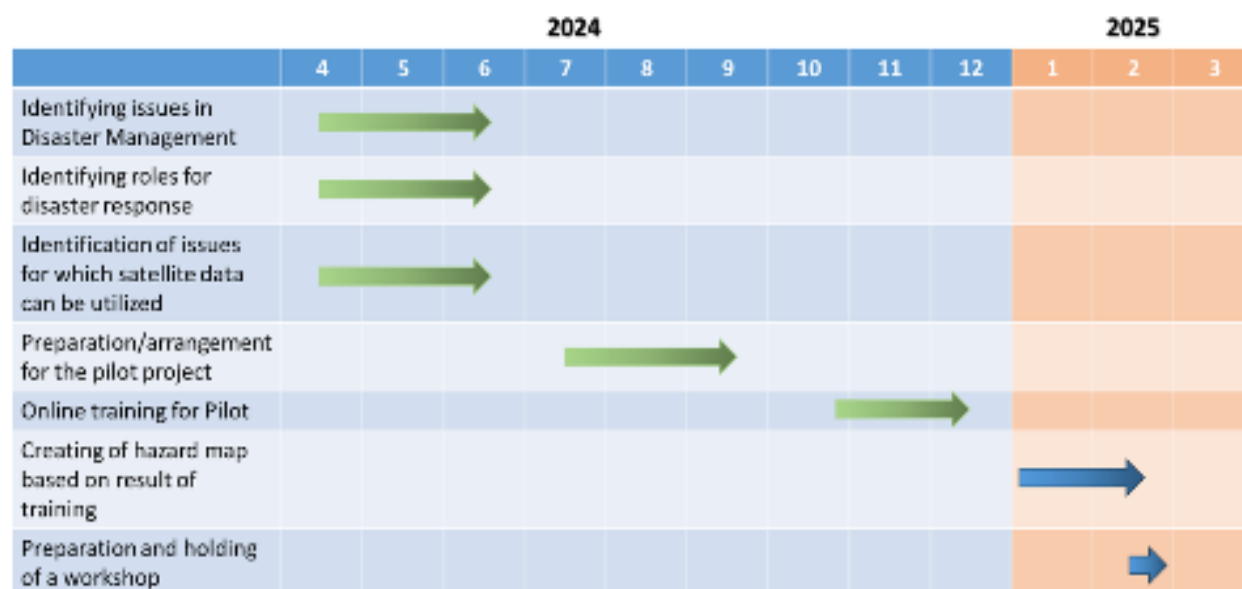


図 3.3.7-3. 防災分野パイロットプロジェクトのスケジュール

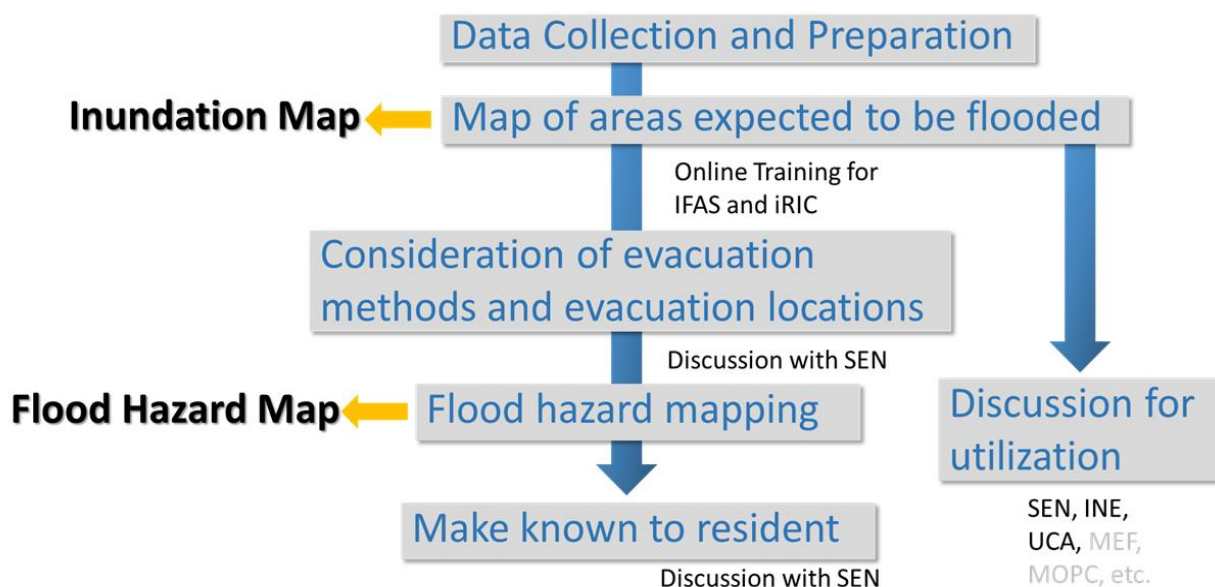


図 3.3.7-4. 防災分野パイロットプロジェクトの実施フロー

活動 2-4. 衛星データ及びデータ処理・収集用の機器（ハードウェア及びソフトウェア）購入計画を策定する。

パイロットプロジェクトとして設定した洪水ハザードマップ作成に向けて必要なデータの策定及び衛星データの購入検討を行った。防災分野では、洪水時に観測された衛星データが国際チャーターを通して AEP に蓄積されていることから、購入は行わないこととした。洪水ハザードマップ作成に必要なデータを表 3.3.7-4.に示す。

表 3.3.7-4. 洪水氾濫解析に必要なデータ一覧

データの種類	内容	備考
降雨データ	- 観測所の位置情報 - 観測間隔（日単位、時間単位） - 観測期間	観測開始からの全てのデータがあるのが望ましい
水文データ	- パラグアイ川の水位・流量 - 観測間隔（日単位、時間単位） - 観測期間	観測開始からの全てのデータがあるのが望ましい
イパラカイ湖の水位	- 観測間隔（日単位、時間単位） - 観測期間	観測開始からの全てのデータがあるのが望ましい
過去の洪水記録	- 時期やその時の雨量 - 浸水しているときの写真等 - 新聞記事や YouTube 動画など	時期だけでなく、写真や動画などがあると良い

データの種類	内容	備考
地形データ	・ DEM (Digital Elevation Model)	・ DTM (Digital Terrain Model) が望ましい ・ 特に平坦な地形では高さ精度が重要
土地利用データ	・ 衛星データなどから作成した土地被覆・利用が分かるデータ	・
橋梁の図面	・ パラグアイ川にかかっている 2 本の橋梁の設計図など	・ 図面があれば河川洪水時の水位の推測に役立つ
アルゼンチン側の水文データ	・ パラグアイ川の水位・流量 ・ 観測間隔 (日単位、時間単位) ・ 観測期間	・ 国際河川であり下流域の水位・流量を確認し、パラグアイ川一体で検証するため

パイロットプロジェクトの対象エリアであるバニャード地区では、季節性洪水による河川からの流入による外水氾濫とゲリラ豪雨などの瞬間的洪水による内水氾濫の 2 種類が発生していることから、外水氾濫、内水氾濫の両方でシミュレーションが行える iRIC をパイロットプロジェクトで活用するソフトウェアとした。iRIC は、水工学に係る数値シミュレーションのプラットフォームで、無償で利用が可能。河川の流れ・河床変動解析ができるソフトウェアであり、氾濫や流出、津波、土石流モデルなどの様々な数値シミュレーションモデルなどの機能拡張が続けられている。

活動 2-5. 災害リスクの防止と軽減に資する衛星データ解析及び使用方法に関する人材育成を行う。

洪水氾濫シミュレーションに活用する iRIC に必要なデータの種類について AEP へ共有し、AEP が中心となって防災分野 WG に参画する機関の協力を得ながらデータ収集することで、AEP の職員と関係機関との連携強化を行った。また洪水氾濫シミュレーションに必要なデータ、特に DEM データの重要性について知見の取得が行えた。

本邦研修では、防災分野における研修として日本の治水対策、河川行政、河川管理と情報システム、日本の気象予報と災害情報伝達、日本の衛星データを用いた災害対応への取り組みについて学び知見が得られた。また水災害・リスクマネジメント国際センターにおいては、パイロットプロジェクトで使用する iRIC や日本が開発した RRI モデル (降雨流水氾濫モデル) の紹介があり、パイロットプロジェクトに向けた入口となった。日本の河川管理の現場視察として、墨田川スーパー堤防や首都圏外郭放水路を視察し、日本における治水について実体験できた。また岐阜大学にて、パイロットプロジェクトで使用する iRIC によるテストデータを使った洪水氾濫解析を体験することができた。

パイロットプロジェクトとして実施した「洪水氾濫解析ソフトに関するトレーニング」では、iRIC の使用を前提としたオンライントレーニングを 11 月 6 日～12 月 13 日 (日本時間) で合計 12 回実施した。オンライントレーニングでは、利用可能な衛星データ、DEM、衛星からの雨量データの紹介、一般的な洪水管理や流量モデルなどを説明し、収集したパラグアイのデータを使った iRIC による洪水氾濫シミュレーションのハンズオントレーニングを行った。オンライントレーニングの日程及び実施内容を表 3.3.7-5. に示す。

表 3.3.7-5. 第1回オンライントレーニング

NO.	日付	内容
1	2024 年 11 月 6 日	一般的な洪水管理及び水力学解析と必要な情報について
2	2024 年 11 月 7 日	衛星データの活用と衛星プロダクションの紹介
3	2024 年 11 月 8 日	GSMaP、DEM（Merit、Fbedem など）の紹介と振り返り
4	2024 年 11 月 12 日	iRIC の紹介とハンズオントレーニング（入力データとパラメータの確認）
5	2024 年 11 月 13 日	ハンズオントレーニング（計算実行と結果の可視化）
6	2024 年 11 月 14 日	iRIC のその他の機能の紹介と振り返り
7	2024 年 11 月 19 日	パラグアイの実データを使ったハンズオントレーニング 1
8	2024 年 11 月 20 日	パラグアイの実データを使ったハンズオントレーニング 2
9	2024 年 11 月 21 日	ハイドログラフの紹介とハンズオントレーニング（ハイドログラフの作成）
10	2024 年 11 月 26 日	ハンズオントレーニング（洪水予測図の作成）
11	2024 年 12 月 4 日	参加研修員による計算結果発表及び意見交換、トレーニング全体の振り返り
12	2024 年 12 月 13 日	オンライン Q&A

防災分野における関係機関にも広く知見を得てもらうため、参加者については、AEP だけでなく WG メンバにも通知を行い募った結果、AEP、DMH、INE、MOPC、UCA、UNA から 38 名が参加登録し、この内、15 名がすべての回を受講し、13 名が動画視聴による後日の受講であった。実施したオンライントレーニングは、全て動画で記録し、受講の機会を逃した参加希望者も後から学べるよう配慮した。配布公開している講義資料ならびに後述するマニュアルと合わせて、オンライントレーニングの動画を視聴することで、復習として繰り返し学べるだけでなく、AEP はじめ WG メンバ機関に新しく入る職員へのトレーニングにも活用されることが記載される。実際、オンライントレーニング終了後も新たに 13 名が、動画を見ながら受講した。

なお、全講義を受講した 15 名については、トレーニング受講証明書（図 3.3.7-5.参照）の発行を行った。

TRAINING CERTIFICATE

Granted to

Thanya Tamara Idoyaga Irala

For participating in

Training for simple hydraulic analysis for disaster risk reduction by using satellite products

Organised by the project
For Management of Space Programs Applied to the Socioeconomic Development
in the Republic of Paraguay, implemented by the Paraguayan Space Agency (AEP)
and JICA (Japan International Corporation Agency)
on 28th Oct to 3rd Dec 2024, with a total training hours with 11 hours

Period: 28th Oct to 3rd Dec 2024
Training hour: 11 hours

JICA Project Team Leader

President
Space Agency of Paraguay

Mr. Shinsaku Nakamura

Mr. Osvaldo Almirón

図 3.3.7-5. 受講証明書

洪水ハザードマップ作成のためのオンライントレーニング時にリクエストがあった、RRI モデルについても、追加のオンライントレーニングを開催し、6 月 24 日～8 月 25 日（日本時間）で合計 9 回実施した。RRI モデルは、本邦研修でも訪問した水災害・リスクマネジメント国際センター（ICHARM）が開発したモデルであり、流域に降った雨が河川に集まり、氾濫となって河川を溢れて流れる現象を流域一体で予測するモデル。iRIC に加えて RRI モデルを理解することで、河川流量を計測していない河川域においても洪水シミュレーションを実施できるようになる。オンライントレーニングの日程及び実施内容を表 3.3.7-6. に示す。第 2 回目オンライントレーニングの参加者は、10 名であった。全員がすべての回を受講し、第 1 回目と同様に受講証明書を発行した。

表 3.3.7-6. 第 2 回オンライントレーニング

NO.	日付	内容
1	2025 年 6 月 24 日	流出・氾濫解析概要、流出・氾濫解析で用いる衛星プロダクトの紹介
2	2025 年 6 月 26 日	衛星プロダクト・地上雨量データを用いた解析手法、RRI モデルのインストール方法
3	2025 年 7 月 1 日	RRI モデルのハンズオントレーニング 1, 2 : 地形データ及び降雨データの準備方法、RRI モデルの実行方法
4	2025 年 7 月 3 日	RRI モデルのハンズオントレーニング 3 : 計算結果の可視化方法、課題の説明
5	2025 年 7 月 22 日	RRI モデルの GUI の紹介と Ypane 川流域での実践
6	2025 年 7 月 24 日	RRI モデルの GUI での Alberdi 付近の浸水解析

NO.	日付	内容
7	2025 年 7 月 29 日	RRI モデルの各種データフォーマット・水文パラメータの説明
8	2025 年 7 月 31 日	参加研修員による課題の発表及び意見交換
9	2025 年 8 月 25 日	RRI モデルの GUI の問題点整理と GSMap の使用方法

第 1 回目のオンライントレーニング後、洪水氾濫シミュレーション結果をもとにした洪水ハザードマップの作成や、WG メンバを訪問し利活用について協議することで、ハザードマップに必要な情報や活用について学ぶことができた。

活動 2-6. 協議体、学界やその他の政府及び非政府組織との既存の協定を活用し、パイロットプロジェクトを実施する。

洪水ハザードマップ作成のための洪水氾濫シミュレーションを行うため、WG メンバを通してデータを収集した。今回、WG メンバの協力を得て収集できたデータを表 3.3.7-7.に示す。

表 3.3.7-7. 収集データ一覧

データ項目	ファイル名	備考
降雨データ	・ ENG_AsuncionPort_EXP214832_nivel218 (Excel)	・ 水位・流量計と同じ箇所 ・ Precipitation のタブ参照、単位は[mm]
水文データ	・ ENG_AsuncionPort_EXP214832_nivel218 (Excel) ・ EXP 214832_nivel219 (Excel) ・ EXP 214832_nivel222 (Excel)	・ 水位[m]、流量[m ³] ・ 219 と 222 は水位データのみ ・ 222 は設置位置情報も無
土地利用データ	・ LandCover_FCA_UNA_2011	・ Shape ファイル
河川網データ	・ RiverNetwork_PY_INE2012	・ Shape ファイル
流域界データ	・ Lim_Cuencas2013	・ Shape ファイル
DEM データ	・ DEM_PY_ALOSPARSAR_12.5M	・ GeoTIFF ファイル ・ ALOS PALSAR を使って JAXA が作成
橋梁の図面	・ Adenda_N3.ATLAS_DE_PLAN_CAD	・ CAD (DWG ファイル)
アルゼンチン側の水文データ	・	・ 入手できず
過去の洪水記録	・ Priority 1:30 and 31 December 2015、1 January 2016 ・ Priority 2: 28 and 29 May 2019 ・ Priority 3: 19 November 2018	・ パイロット対象エリアでひどい洪水が起きた時期

オンライントレーニングを通して、iRIC による洪水氾濫シミュレーションを学び、浸水域図を作成することができた。浸水域図は、河川からの外水氾濫だけでなくゲリラ豪雨による内水氾濫の両方について作成することができた。

洪水ハザードマップについては、日本の自治体が整備した洪水ハザードマップを紹介し、洪水による浸水域だけでなくハザードマップとしてどのような情報が必要かを示し、ドラフトを作成した上で、実際に活用する SEN と協議し、パラグアイで必要な情報を盛り込んだ洪水ハザードマップを作成した。作成した洪水ハザードマップを図 3.3.7-6.に示す。

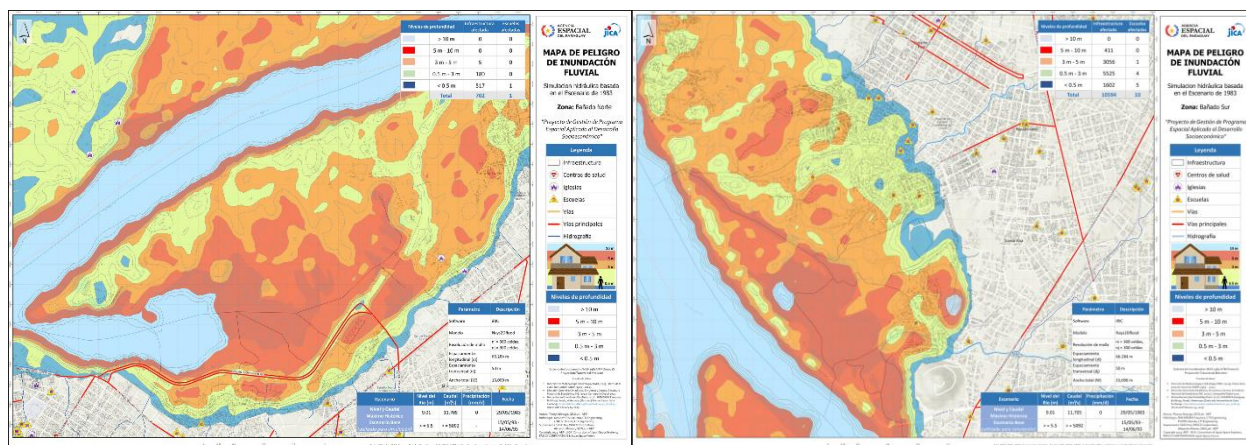


図 3.3.7-6. 洪水ハザードマップ（左：Norte エリア、右：Sur エリア）

また SEN だけでなく、WG の各メンバにも作成した洪水ハザードマップについて説明を行い、利活用について協議を行った。SEN を含む各メンバからは、利活用として洪水が起きたときの計画準備への活用や被害に関する統計情報の発信に活用したいなどと言った意見が寄せられた。

パイロットプロジェクトでは、実施したトレーニングや浸水域への情報付加による洪水ハザードマップ作成についてとりまとめ、マニュアルとして整備した（図 3.3.7-7.）。これにより、今回参加していない AEP の職員や WG メンバも洪水ハザードマップ作成について学べ、職員の能力強化を図ることができる。マニュアルの詳細は、別添 4 を参照。

本パイロットプロジェクト実施後には、オンライントレーニングの講義資料及び動画を通して新たに洪水氾濫解析を学んだ UNA の学生が、別地域の洪水ハザードマップについて本マニュアルを使い作成し、パイロットプロジェクトの拡張を図ることができた。

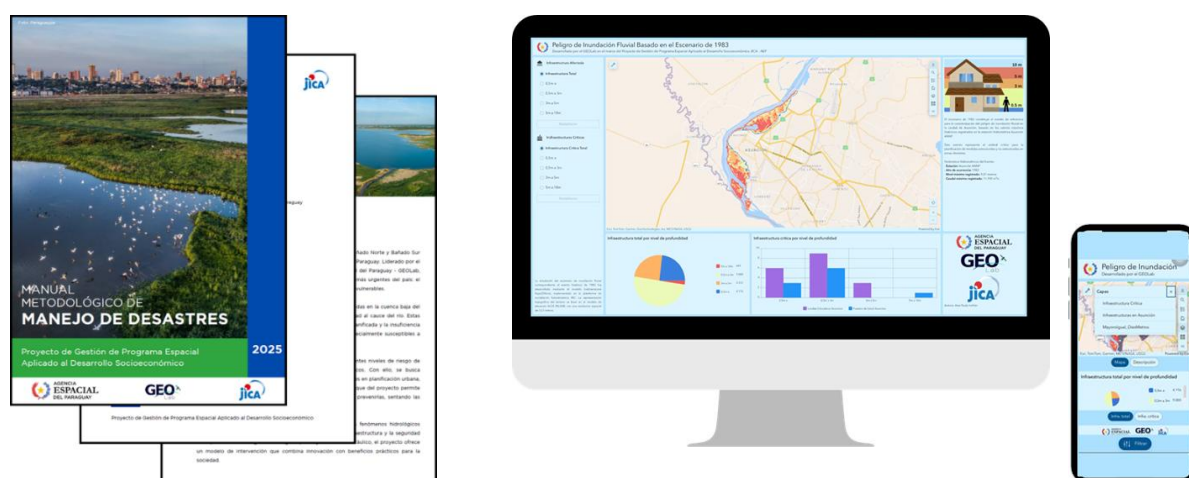


図 3.3.7-7. マニュアルと洪水ハザードマップダッシュボード

活動 2-7. パイロットプロジェクトの結果を現地/国際的に公開する。

第 3 回渡航時の 2025 年 2 月 19 日にパラグアイでワークショップを開催し、パイロットプロジェクトの成果を公開した。ワークショップではプロジェクトの活動について、WG の結成、課題の特定と衛星データの活用に関する協議、パイロットプロジェクト設定について説明を行い、オンライントレーニングを通して学んだ内容について発表し、作成した洪水ハザードマップの紹介を行った（図 3.3.7-8.）。

ワークショップ開催に合わせ、本パイロットプロジェクトのマニュアルの第一版をリリースし、出席者にレビューと改善点などのフィードバックを依頼した。マニュアル第一版は、オンライントレーニングで学んだことが再現され、iRIC を使って洪水浸水域シミュレーションができるようまとめられている。また正式な最終版については、最終 JCC の開催時にリリースした。今後も必要に応じてレビュー及び改善を実施していく予定である。また AEP は、本パイロットプロジェクトの成果について、GEOLab が年に一度公開している Atlas に掲載した。

パイロットプロジェクトで作成された洪水ハザードマップについては、WEB 上で確認できるダッシュボード（図 3.3.7-7.）を開発し、コンピュータやスマートフォンで任意に確認できるようにした。このダッシュボードについては、最終 JCC の開催時に QR コードからアクセスできるよう公開した。



図 3.3.7-8. ワークショップの様子

3.3.8. 成果 3 に関わる活動

活動 3-1. AEP 及び関連機関において、課題の特定やパイロットプロジェクトの実施にかかる協議体を設定する。

本プロジェクトにおいては、表 3.3.8-1. 中青色で示す 9 機関により WG が正式に結成され、さらにプロジェクト期間中に ITAIPU 水力発電所および IPTA が新たに参加するなど、WG の拡充が図られた。WG は定期的に招集され、プレミーティングを含めて全 4 回のワーキンググループ（WG）が開催され、各回の議題および決定事項は表 3.3.8-2. に示す通りである。

表 3.3.8-1. 農牧分野 WG 候補機関

機関名	
パラグアイ宇宙機構（AEP）	農牧省（MAG）
経済開発省（MEF）	国家植物種子品質研究所（SENAVE）
土地開発局（INDERT）	国家統計局（INE）
国家森林局（MADES）	国家森林局（INFONA）
国立気象水文総局（DMH）	アスンシオン大学（UNA）
カトリカ大学（UCA）	

※ イタイプ水力発電所（ITAIPU）、パラグアイ農業技術研究所（IPTA）がプロジェクト期間中に追加で参加

表 3.3.8-2. WG ミーティングの概要

協議	開催日 (現地時間)	会場	概要	成果
WG 事前ミーティング	2024 年 3 月 6 日	オンライン	- WG のガイドラインの承認 - WG の結成	WG 結成
第 1 回目 WG ミーティング	2024 年 4 月 24 日	現地・ オンライン 併用	- 特定された課題の共有 - パイロットプロジェクトの スコープ案の共有・承認	スコープの 承認
第 2 回目 WG ミーティング	2024 年 7 月 4 日	オンライン	手法およびデータ調達に関する説明および協力依頼	手法の承認
第 3 回目 WG ミーティング	2024 年 11 月 25 日	オンライン	モニタリング結果の共有	結果に対するフィードバック

この WG の形成に先立ち、初回渡航時には、想定される WG 候補機関（表 3.3.8-1.）を AEP と共に訪問し、聞き取り調査を行ったことを契機に、2024 年 3 月に候補機関を招集してガイドラインに基づく説明を行った結果、正式に発足したものである。また、AEP による積極的な対外的アプローチにより、ITAIPU 水力発電所及び IPTA の参加が実現した。

活動 3-2. 農牧分野で宇宙関連技術の適用が有効な課題が特定される。

農牧分野において、広域的な生育状況の把握手法が未整備であり、気候変動への早期対策が困難であること、生育状況の確認に多大な労力を要すること、また作付け・収量に関する国内統計・予測の精度などが、宇宙関連技術の導入が有効と考えられる課題として特定された。

課題の特定にあたっては、まず初回渡航時に行った関係機関への聞き取り調査を通じて得られた

情報をもとに、衛星データ利用・各機関の役割・課題を整理し（表 3.3.8-3.）、衛星画像解析に対する高い期待を明らかにした。また、AEP が基本的な植生解析の経験を有している一方で、現地調査による解析結果の検証が十分に行われていないという、現場での解析手法に関する課題が明らかとなった。

表 3.3.8-3. 農牧分野に関する訪問省庁大学機関からのヒアリング結果の整理

訪問先	農牧分野への衛星データ活用に対する期待・関心	想定される衛星データ利用	課題
MAG	災害時、農業保険による保証料決定のため農地の被害を正確に把握するために活用したい UAV データと衛星データの連携によるスマート農業の展開 気候変動へ適応した農業のためにデータを活用し食料安全保障につなげたい	・ 農地水分量のリアルタイムモニタリング ・ 農薬のスポット散布に活用する可変施肥マップの作成	・ AEP との連携が重要 ・ 衛星データと UAV データを連携し活用できる人材の不足 ・ WG 内での知見の共有
MEF	戦略的地域計画のために衛星データを活用したい	・ 気候変動に応じた農作物の栽培適地に関する情報共有	・ WG 内での知見の共有
SENAVE	パラグアイ国内における農作物の品質・安全性を保障するために活用したい	・ 国内農産物のトレーサビリティーの担保 ・ 土質・水質情報調査	・ 農地の区画情報（圃場ポリゴン）の整備数が少ない ・ 衛星データを活用した土質・水質調査の全国的な実施が必要
INDERT	国内で栽培される農作物の分光特性について、SENAVE などと連携して整理を行いたい	・ 作付け情報調査	・ 衛星解析部門の設立が求められており人材育成が必要 ・ WG 内での知見の共有
INE	地理空間情報インフラストラクチャを国内で構築する必要がある	・ 衛星データによる統計データの更新	<u>統計情報の提供と言う点では課題なし</u>
MADES	保護区内での違法伐採および違法薬物の栽培の検知に活用したい	・ 森林伐採の早期検知 ・ 違法薬物栽培の検知	・ GEOLab との連携が必要
INFONA	土地利用改変のモニタリングを行っており、より早期での改変検知に関心がある	・ 土地利用改変の早期検知・情報提供	・ 土地利用の改変検知情報の MADES やその他農牧関連

訪問先	農牧分野への衛星データ活用に対する期待・関心	想定される衛星データ利用	課題
			機関との連携
DMH	—	・ 異常気象による不作や災害被害警戒のための気象情報の提供	・ WG 内での知見の共有
UNA	UAV データと連携したスマート農業に関する研究を行っている	・ 衛星データのスマート農業への応用	・ WG 内での知見の共有
UCA	気象学や土地利用改変、および数値解析モデルの構築について研究を行っている	・ 土地利用改変の早期検知 ・ 衛星データを用いた数値解析アルゴリズムの開発および知見の提供	・ WG 内での知見の共有

農牧分野に関する訪問省庁大学機関からのヒアリング結果による衛星画像解析に対する高い期待を受けて、第2回渡航時には関連性の高い機関を中心に追加ヒアリングを実施した結果(表 3.3.8-4.)、広域的な情報把握が労働時間の削減やリスク管理に資する重要なテーマであることが確認された。また、手順書等の整備によって、こうした技術の広域展開が可能であるとの認識も共有された。

表 3.3.8-4. 追加ヒアリング結果

機関名	課題と期待
MAG	対象は主に小・中規模農家であり、衛星の利活用については作物の健康状態、土壌水分のモニタリングや収量予測などについて 生育期間全体での監視が重要 と考えている。すでに Landsat や MODIS などの衛星画像の利用は行っているが、より解像度の高い画像の利活用について関心がある。
SENAVE	全国にフィールドがあり病虫害などのモニタリングのため、 月に一回程度 SENAVE 職員または地域の職員が現地の確認 を行っている。 農家により、収量などが報告されていており、ポータル上で情報は管理されているが、データの共有などは今のところ他の省庁と行っていない。今後、協力を進めたいと考えている。
INDERT	地籍管理のため農地における 営農状況 を把握すべく現地調査を行っており、 衛星利活用による労働削減に関心 がある。

追加ヒアリングの結果から、宇宙技術は農牧分野における実務的課題の解決に向けた有効な手段であり、今後の技術実装に向けた具体的な方向性を示すものといえる。

活動 3-3. 課題に対して宇宙関連技術を適用するスコープを決定し、実験的に取り組みを設計する。

活動 3-2 で整理・特定された、広域的な生育状況の把握手法の未整備、気候変動への早期対応の困難、生育確認に伴う労力負担、そして統計・予測精度などの課題を踏まえ、モニタリングにかかる労

働コストの削減やリスク管理に資するダイズの生育状況の広域把握手法確立をスコープとしてパイロットプロジェクト設計を行った。

スコープの決定にあたり、特定された課題のうち広域的な生育状況把握手法の確立が特に重要なテーマとして位置づけられた。また、パラグアイにおけるダイズ生産の重要性から、対象作物はダイズとした。本スコープは労働コストの削減やリスク管理といった実務上のニーズに直結するものであり、関係機関にとって実用性の高いテーマである。さらに、国内統計に資する作付面積や収量推計の解析に必要な基礎データの収集にもつながる取り組みである。本スコープについて、2024年4月に対面で行った第1回のWGミーティングで共有し、WGから承認を得た。

承認されたスコープ・テーマについて、技術的課題として指摘されていた現場検証の必要性も考慮し、解析結果の解釈能力向上を目的としたスコープを含めて設計が行われた。設計の詳細については、表 3.3.8-5. に示す通りである。

表 3.3.8-5. パイロットプロジェクト設計詳細

項目		内容	備考
目的		衛星画像を用いたダイズ生育状況の広域把握手法の検証	—
使用データ		・ 衛星画像 (Sentinel-2、PlanetScope、GRUS) ・ 気象データ	衛星画像調達に関しては活動 3-4 に記載。気象データは DMH に提供してもらう。
対象地域		Caaguazú 地域の SENAVE の連携圃場 (図 3.3.8-1.)	MAG および SENAVE に対象として適した条件 (面積が 30m×30m 以上である、草丈の測定などが可能である、アスンシオンから日帰りで現地調査に行くことができる、等) を満たす圃場についてヒアリングを行い決定。
期間		① 2024 年 9 月~2025 年 2 月 ② 2024 年 2 月~2024 年 7 月	① パイロットプロジェクト実施期間 ② 後期運用期間
手法	生育状況解析	パイロットプロジェクト実施期間間における対象圃場の生育状況の把握を、NDVI 解析や時系列解析により実施し、生育マップを作成する。また、現地調査を月に一回程度行い、解析データと現地情報との紐づけを行う。	—
	現地調査	パイロットプロジェクト実施期間中、現地調査を月に 1 回程度行い、ダイズの生育ステージ、草丈、および莢数を計測する。	—
	モニタリング手法の検証・データ蓄積	過去 2 作期と後期運用期間中におけるダイズ圃場の NDVI 時系列解析を行い、気象状況や雨季・乾季ごとの生育の違いを分析する。	データの検証のみならず、雨季作と乾季作で生育スピードなどが異なることが予想されるため、多時期の画像解析を行うことで知見の蓄積を行う。

項目		内容	備考
	作付け分類	上述の生育状況解析によって収集されたフェノロジーデータを用いて、作付け分類の手法を検討し、作付け分類マップの作成を試みる。	—
実施体制		AEP 主導による WG メンバによるデータ連携・共同実施	SENAVE による現地調査補助、DMH による気象データの貸与、等
成果物		生育マップ、解析手順書	—

なお、農牧分野における宇宙関連技術の活用に向けては、対象課題に対する解析手法の確立だけでなく、継続的なデータ蓄積を通じたさらなる利活用の可能性を見据えた取り組みが求められる。この観点から、本プロジェクトでは、生育モニタリングによって蓄積した情報をもとに作付けマップの作成手順についても後期運用期間に試みるものとした。本内容については、第3回渡航時に MAG から得た「作付け状況の把握に際して衛星利活用が国内統計に資する形で行いたい」とのコメントに基づき、AEP と協議の上決定した。

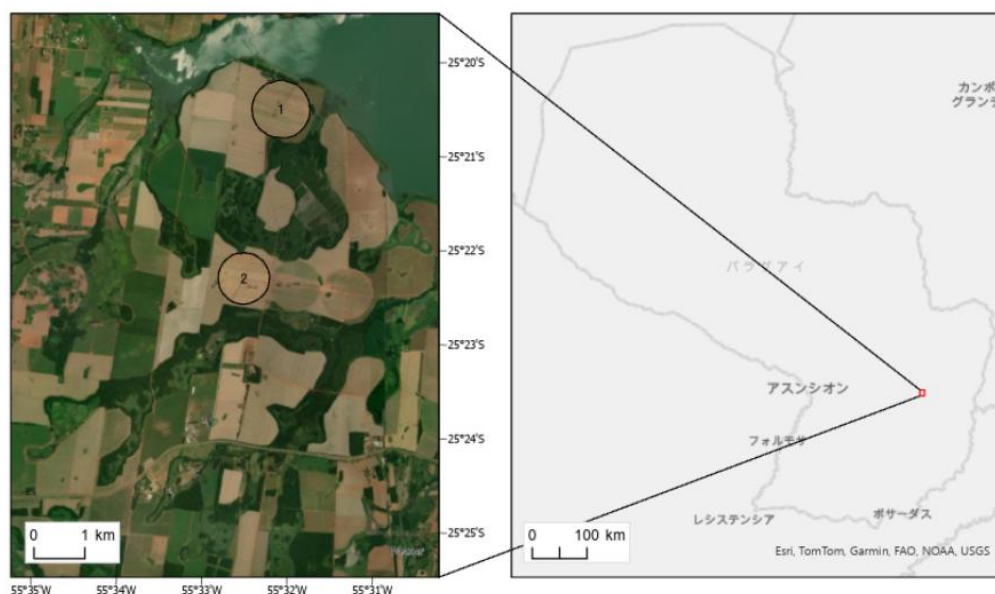


図 3.3.8-1. 対象地域の位置図及び概況

活動 3-4. 衛星データ及びデータ処理・収集用の機器（ハードウェア及びソフトウェア）購入計画を策定する。

今後の継続的な利活用を見据え、衛星データの購入計画を策定した。

まず、持続的な運用を前提に、無償で利用可能な衛星データを活用する方針に加えて、効果的なモニタリングを実現するためには、時間分解能の高い衛星画像の取得が必要であるとの認識が AEP と共有され、知見蓄積に資する画像の購入について合意が得られた。

これを踏まえ、解析タイムラインおよび生育暦に合わせた調達計画を立案し、対象画像の諸元と合わせて表 3.3.8-6.の通り整理した。

表 3.3.8-6. 衛星画像調達計画および諸元一覧

項目	内容	
	PlanetScope	GRUS
運用機関	Planet Labs (米国)	Axelspace (日本)
解像度 (GSD)	約 3.7m	パンクロ : 2.5m、マルチスペクトル : 5.0m
撮影頻度	毎日	約 2 日に 1 回 (中緯度域)
調達期間	パイロットプロジェクト期間、解析対象となる過去 2 作期、および後期運用期間	パイロットプロジェクト期間
調達方針	生育暦および解析タイムラインに基づき、必要時に柔軟にシーンを追加・変更	

活動 3-5. 農牧業の生産性や品質向上に資する衛星データ解析及び使用方法に関する人材育成を行う。

農牧業における衛星データの解析および活用方法に関する人材育成は、概念理解から実践的スキルの習得までを段階的に実施した。

初期段階では、本邦研修を通じて関連機関を訪問し、衛星データの利活用に関するイメージの構築を支援した。訪問機関については活動 1 に記載の通りである。

次に、日本国内およびパラグアイでの現地調査研修を実施し、現場でのデータ取得・解析の実践的なスキル習得を促進した。このとき、衛星データの意味づけと現場との接続を理解する力を育成することを目的として、衛星画像解析の現場適用に関する理解を深めるための取り組みを行った。具体的には、現地調査に先立ち、NDVI マップを用いて対象地域の植生状況を予測し、実際の圃場の状況と照らし合わせながら解析結果の検討・検証を行う手法を共有した。以上のプロセスにより、衛星データの活用が現地の実態把握にどのように貢献するかを実感し、解析の精度向上に向けた視点を養うことができた。

生育モニタリングの解析にあたっては、解析手順に関する資料の共有に加え、ArcGIS を用いた生育状況マップの自動生成ツールの作成手順についても情報提供を行った。単にツールを使うだけでなく、解析の背景にある考え方や処理の流れを理解し、業務に応用するための基礎的なスキルを身につける機会を提供することができた。

後期運用期間においては、衛星データの利活用を現場で継続的に推進するため、オンライン形式によるトレーニングを実施した。このトレーニングは、現地での研修や実地調査を通じて得られた知見を応用する方針・手法の共有を目的としており、実践的なスキルを強化する内容となった。テーマは「パイロットプロジェクトで蓄積したデータを応用した作付けマップ作成に関する基礎技術」に加え、MAG が土壌水分の衛星解析について関心を示していたことから、「土壌水分に関する衛星データ活用の基礎」についてもテーマとすることとした。トレーニングは Google Earth Engine (GEE) を用いて 4 回に分けて実施され、質疑応答や画面共有を通じて参加者の理解を深める工夫がなされた。実

施内容および成果については、表 3.3.8-7.に示す通りである。なお、参加者は AEP（11 名）に加え MAG（9 名）および SENAWE（4 名）の計 24 名であった。

表 3.3.8-7. 農牧分野オンライントレーニング実施概要

No.	実施日 (現地時間)	研修内容	成果
1	2025 年 7 月 15 日	・ 衛星画像概要 ・ GEE 概要 ・ パイロットプロジェクトで実施された生育モニタリング成果の解釈方法 ・ 作物マッピングにおけるフェノロジーの重要性 ・ 作物マッピングの基本技術 ・ ハンズオン準備①：NDVI 時系列抽出（GEE） ・ ハンズオン準備②：作付け地抽出（GEE）	・ NDVI 時系列データ ・ 作付け地マップ（未分類）
2	2025 年 7 月 18 日	・ 作物分類の教師あり学習手法のレビュー ・ ハンズオン①：作物の特徴量抽出（GEE） ・ ハンズオン②：教師データ作成（GEE） ・ ハンズオン③：ランダムフォレストモデル構築と精度検証（GEE） ・ ハンズオン④：作物分類マップの予測（GEE）	・ ランダムフォレスト分類モデルと精度評価結果 ・ 作物分類マップ
3	2025 年 7 月 29 日	・ NASA や JAXA が主導する農牧プロジェクト・ソリューションの事例紹介 ・ 土壌水分測定 of 技術的基礎の習得（SMAP 衛星） ・ ハンズオン：土壌水分データ取得（GEE）	・ 土壌水分マップ
4	2025 年 7 月 30 日	・ 演習：土壌水分データと作付け分類マップの分析 ・ 参加者間のディスカッション	・ 作物分類分析結果と土壌水分データ重ね合わせマップ

活動 3-6. 協議体、学界やその他の政府及び非政府組織との既存の協定を活用し、パイロットプロジェクトを実施する。

既存の協定を活用しながらパイロットプロジェクトおよび後期運用の実施により、衛星データを活用したモニタリング解析および現地調査を通じて、複数の成果が得られた。

まず、パイロットプロジェクトの実施にあたり、解析および検証に必要な関連データの整備を行った。営農情報については、AEP と協定を締結している SNAWE の協力を得て地域の作付け状況や管理履歴などの基礎情報を収集した。衛星画像は策定した調達計画に基づき、必要な時期・地域に応じて柔軟に取得を進めた。また、筆ポリゴンについては、取得した画像をもとに AEP が作成を行い（図 3.3.8-2.）、解析対象の圃場を空間的に特定するための基盤データとして活用した。さらに、気象データについては、WG への参画機関である DMH の協力のもとで入手し、生育状況の変動要因の分析や衛星画像との照合に活用した。これらのデータ整備を通じて、解析の精度向上と検証の信頼性確保に

寄与する体制が構築された。

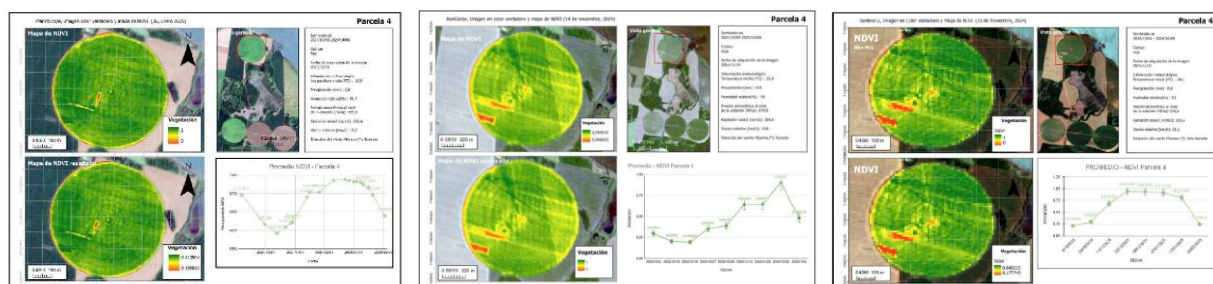


図 3.3.8-2. AEP によって作成された生育マップの例
(左 : PlanetScope、 中央 : GRUS、 右 : Sentinel-2)

次に、衛星画像の NDVI 解析を実施し、ダイズの生育状況を可視化するマップを作成した。作成されたマップの一部は図 3.3.8-2 に示す通りである。また画像の時系列解析と並行して SENA VE 協力のもと、AEP 主導で研修を除いて現地調査を計 5 回（2024 年 10 月 7 日、11 月 4 日、12 月 9 日、2025 年 1 月 17 日、2 月 13 日）実施し、衛星画像上で生育不良と判定された地域において排水不良などの要因を確認するとともに、生育ステージに関する現地情報を収集し、基礎情報として蓄積を行った。現地調査の様子は図 3.3.8-3 に示す。



図 3.3.8-3. 現地調査の様子

また、過去の衛星データを用いた検証により、季節や気温の変動が生育状況に与える影響について分析を行い、技術的な知見を蓄積した。後期運用期間には、同一圃場においてモニタリング手法の検証を行い、解析の再現性と実用性を確認した。

さらに、後期のオンライントレーニングでは、上記で蓄積したダイズのフェノロジー情報（NDVI の時系列情報から抽出される生育の特徴を示すピークの日数など）を用いて周辺地域を対象とした作付けマップ作成のトライアルを実施し、参加者による実践的な応用が試みられた。トライアルにより作成された作付けマップ（プロトタイプ）を図 3.3.8-4 に示す。なお、現地情報が限られていた

め、十分な検証には至らなかったものの、衛星画像を用いた解析の基本的な手法や作業手順を共有することで、今後の展開に向けた技術的な基盤づくりを図った。この取り組みは、現地での情報収集体制が整備されることで、将来的な応用可能性を高めることを目的としており、参加者にとっても衛星データの活用に関する理解を深める機会となった。



図 3.3.8-4. Google Earth Engine (GEE) を用いて予測された作付け分類マップ

これら一連の取り組みを通じて得られた手法や手順については、マニュアルとして整備を行った。マニュアルの概況は図 3.3.8-5.に示しており、詳細は別添 5 の通りである。



図 3.3.8-5. AEP により整備された農牧分野衛星利活用マニュアルの概況

活動 3-7. パイロットプロジェクトの結果を現地/国際的に公開する。

パイロットプロジェクトの成果は、現地での成果報告ワークショップの開催およびマニュアルの公開を通じて、関係機関に対して共有・公開された。

まず、2025 年 2 月 19 日に現地にて関係機関や技術者を対象とした成果報告ワークショップを開催し、パイロットプロジェクトの活動について、WG 結成の成果やプロジェクトで実施された衛星データ解析の手法及び成果物（生育マップ、マニュアルなど）を紹介し、今後の展開などについて発表を行った（図 3.3.8-6.）。本ワークショップでは、高解像度衛星画像の利活用に対する関心が高く、参加

者からは「現地の農業管理において非常に有用である」といったコメントが寄せられた。



図 3.3.8-6. 農牧分野ワークショップの様子

第4章 プロジェクトの活動結果

4.1. 各成果に対する結果

4.1.1. 成果 1 に対する結果

成果 1 の活動内容に対する結果を表 4.1.1-1.に示す。

表 4.1.1-1. 成果 1 に対する結果

活動	活動内容	結果
活動 1-1	AEP の既存の衛星データ解析手法及びツールの評価を実施する	<u>達成</u> ベースライン調査、AEP が導入すべき調達機材案及びその運用にかかる技術移転・人材育成計画案の策定、宇宙計画案の検討、エンドライン調査を実施した。これにより、AEP における小型衛星開発、衛星データ利活用にかかる能力を評価することができた。
活動 1-2	AEP の GEOLab における調査に基づく強化計画を策定する	<u>達成</u> ヒアリング調査をととして衛星データ解析結果に対する知見及び考察を深めるためには現地調査が重要である旨を説いた上で、パイロットプロジェクト前の現地調査を行いその重要性を実証した。 日本とパラグアイ間での宇宙ビジネス連携・強化のための方針（強化計画）を策定した。AEP との協議を通じて、将来的な運用強化のための方針をまとめた。
活動 1-3	GuaraniSat-2 のエンジニアリングモデル（EM）の試験を含む 6 ヶ月のハンズオン研修を九工大で 2024 年 10 月から 2025 年 5 月の期間実施する	<u>達成</u> KCCP（アップストリーム）及び GuaraniSat-2 EM 試験を実施した。これにより、九工大が運用する BIRDS-RPM（ルワンダ、パラグアイ、モルディブ間の連携による小型衛星開発プログラム）に参画し、小型衛星開発及びその運用にかかる基礎技術のほか国際連携による宇宙開発の重要性について知見を深めることができた。さらに、GuaraniSat-2 EM の試験を行い、試験環境の運用に関する技術を習得するだけでなく、AEP が独自で開発する GuaraniSat-2 の開発ステージをひとつ進めることができた。今後 AEP は GuaraniSat-2 FM の開発を行い、2026 年 10 月の打ち上げを目指す。
活動 1-4	衛星データほかの処理・応用に関するトレーニングを実施する	<u>達成</u> KCCP（ダウンストリーム）を実施した。これにより、日本の省庁及び地方自治体での防災分野及び農牧分野にかかる衛星デー

		タ利活用の具体例に触れることで、国家機関としての宇宙システム及び衛星データ利活用について知見を深めることができた。岐阜大学及び北海道大学での講義をとおして、衛星データ解析技術能力の向上を図ることができた。特に岐阜大学で実施した洪水シミュレーション解析技術は、パラグアイでの洪水ハザードマップ作成に大きく活用され、パラグアイの省庁横断型による対策検討の基礎データとして扱われるようになった。
活動 1-5	AEP と本邦の政府系機関、大学、及び民間企業との連携を行う	達成 本邦政府機関、大学、民間企業との協議及びワークショップ（ビジネスネットワーキング）を実施した。産学官による日本とパラグアイの宇宙協力が促進され、新たな宇宙ビジネス創出が期待された。特に、2025 年 9 月に実施したビジネスネットワーキングにおいては、日本企業、パラグアイ企業および AEP の三者による GuaraniSat-3 開発の企画検討が開始された。

4.1.2. 成果 2 に対する結果

成果 2 の各活動内容に対する結果を表 4.1.2-1.に示す。

表 4.1.2-1. 成果 2 に対する結果

NO.	活動内容	結果
活動 2-1	AEP 及び関連機関において、課題の特定やパイロットプロジェクトの実施にかかる WG を設定する	達成 2024 年 4 月に WG が結成された。合計 4 回の WG ミーティング（事前協議含む）が実施された。
活動 2-2	防災分野で宇宙関連技術の適用が有効な課題が特定される	達成 防災関係機関の現状、宇宙関連技術適用と役割、課題について整理を行い、洪水災害における災害管理の緊急対応フェーズ時の衛星データ活用手順書の不備、事前準備フェーズの洪水ハザードマップの不備が課題として特定できた。
活動 2-3	課題に対して宇宙関連技術を適用するスコープを決定し、実験的に取り組みを設計する	達成 宇宙技術関連を適用するスコープとして、洪水災害の事前準備フェーズで活用される洪水ハザードマップの作成を行うこととし、洪水ハザードマップ作成に向けた実施フローとスケジュールを策定できた。
活動 2-4	衛星データ及びデータ処理・収集ようの機器（ハードウェア及	達成 洪水ハザードマップ作成に必要なデータを特定し、WG メンバからデータ収集を行えた。

NO.	活動内容	結果
	びソフトウェア) 購入計画を策定する	
活動 2-5	災害リスクの防止と軽減に資する衛星データ解析及び使用方法に関する人材育成を行う	<u>達成</u> 洪水ハザードマップ作成に必要な基礎知識や洪水氾濫解析ソフトの活用の仕方について、本邦研修やオンライントレーニングを通じて習得した。あわせて、オンライントレーニングの実施状況を動画として記録し、講義資料とともに公開するとともに、マニュアルを整備し、今後の人材育成に活用可能な形とした。
活動 2-6	WG、学界やその他の政府及び非政府組織との既存の協定を活用し、パイロットプロジェクトを実施する	<u>達成</u> 洪水氾濫解析ソフトを用いて洪水氾濫シミュレーションを行い、浸水域を算出した。また算出した浸水域をもとに洪水ハザードマップ案を作成し、SEN との協議を通して、パラグアイで必要な情報をインプットし、パラグアイ国の洪水ハザードマップが作成できた。
活動 2-7	パイロットプロジェクトの結果を現地/国際的に公開する	<u>達成</u> ワークショップを開催し現地にて洪水ハザードマップ及びマニュアルを公開した。

4.1.3. 成果 3 に対する結果

成果 3 における結果を活動別に表 4.1.3-1.の通り示す。

表 4.1.3-1. 成果 3 に対する結果

NO.	活動内容	結果
活動 3-1	AEP 及び関連機関において、課題の特定やパイロットプロジェクトの実施にかかる WG を設定する	<u>達成</u> 2024 年 4 月に WG が結成され、合計 4 回の WG ミーティング（事前協議含む）を通じて関係機関との連携体制を整備した。
活動 3-2	農牧分野で宇宙関連技術の適用が有効な課題が特定される	<u>達成</u> 農牧分野における宇宙技術の活用可能性について、関係機関の現状や課題を整理し、適用が有効と考えられる領域を明確化した。
活動 3-3	課題に対して宇宙関連技術を適用する scope を決定し、実験的に取り組みを設計する	<u>達成</u> モニタリングにかかる労働コストの削減や、気象変動リスク管理に資するダイズの生育状況の広域把握手法確立を scope とし、パイロットプロジェクト設計を行った。

NO.	活動内容	結果
活動 3-4	衛星データ及びデータ処理・収集用の機器（ハードウェア及びソフトウェア）購入計画を策定する	達成 WG メンバと情報共有を行いながら衛星画像の調達時期を特定し調達計画を策定した。
活動 3-5	農牧業の生産性や品質向上に資する衛星データ解析及び使用方法に関する人材育成を行う	達成 衛星データの解析に関する研修を通じて、生育の解析方法と合わせて現地調査や自動解析、作付け分類の基礎を習得し、AEP が自立的に生育マップの作成・応用を行えるようになった。
活動 3-6	WG、学界やその他の政府及び非政府組織との既存の協定を活用し、パイロットプロジェクトを実施する	達成 WG と協力のうえ、パイロットプロジェクトを実施し、現地調査結果と紐づけたダイズの生育マップを作成した。さらに、収集されたデータを応用し作付け分類マップのプロトタイプが作成された。
活動 3-7	パイロットプロジェクトの結果を現地/国際的に公開する	達成 ワークショップを開催し現地にて生育マップ及びマニュアルを公開し、本プロジェクト内で用いた手法を別の地域で利用可能な形で WG 内外に共有した。

4.2. 実施運営上の課題・工夫

本プロジェクトでは、実施にあたって地理的制約、時差（12 時間）、渡航間隔（第 2 次渡航と第 3 次渡航の間隔が約 10 ヶ月）が長いことを考慮した上で進めた。本プロジェクトを通して得られた実施運営上の課題・教訓、取り組んだ工夫を 4.2.1.から 4.2.3.に成果ごとに示す。

4.2.1. 成果 1 における課題・工夫

表 4.2.1-1.に成果 1 の活動実施にあたり直面した課題、それに対する工夫を示す。

表 4.2.1-1. 成果 1 の活動実施にあたり直面した課題、工夫

活動	課題、工夫
活動 1-1	・ AEP の既存設備及び衛星データ解析手法、ツールの状況を確認するため、AEP メンバのみならず、ユーザ省庁へのヒアリング調査も行い、パラグアイにおける宇宙システム及び衛星データ利用の状況を多角的に評価することができた。
活動 1-2	・ 中長期計画を策定していく上で重要となる AEP の組織体制及びその展望等について具体的なヒアリングを行うことで、将来を見据えた計画策定に向けた意識を共有することができた。
活動 1-3	・ 本研修後において、AEP がパラグアイ産の衛星フライトモデルを実際に打ち上げ、その後も複数の超小型衛星開発や打ち上げを自立的に実施できるようにする必要があったため、6 ヶ月の第 1 バッ

	チと２ヶ月の第２バッチに研修を分け、２回の研修受け入れを実施し、パラグアイが現在開発している超小型衛星の試験の実施を含め、衛星試験研修を通じてパラグアイ側の宇宙人材育成が底上げされるような工夫を行った。 ・第２バッチは、実際に AEP が開発中の GuaraniSat-2 のエンジニアリングモデルについて、開発を完了させたうえで九工大において試験を実施することを目標とする、難度の高い内容であった。このため、パラグアイ側とのオンライン準備ミーティングを複数回開催し、円滑な研修実施に向けた事前調整を行った。
活動 1-4	・ AEP 側から、可能な限り多くの技術者の参加を希望された一方、本プロジェクトで投じられるコストの当初想定の上限があるため、同上限内でどれだけの人数が参加可能か調整する必要があった。特に農牧業のフィールドスタディについては、来日する時期によって現地確認ができる検証作業が限定されることから、フィールドスタディの内容について事前に AEP と合意を取った上で、研修への参加人数について、当初２回の来日であったものを１回の来日にすることにより、コスト内でできるだけ多くの解析技術者を来日させる工夫を行った。
活動 1-5	・ 我が国の組織の一時的な紹介でなく、パラグアイ側からも一般情報、現状の農牧業や防災の取り組みの紹介、両テーマの課題や衛星利用への期待を紹介してもらい、お互いに今後の連携継続に向けた効果的な議論を行う工夫をした。

4.2.2. 成果２における課題・工夫

表 4.2.2-1.に成果２の活動実施にあたり直面した課題、それに対する工夫を示す。

表 4.2.2-1. 成果２の活動実施にあたり直面した課題、工夫

活動	課題、工夫
活動 2-1	・ 防災分野では洪水及び森林火災が想定され、対象とする災害の種類によっては、WG の構成員と成りえない機関も出てくるため、WG で協議する内容や活動プランと成果について認識を合わせることを目的として、WG 結成に向けたガイドラインを作成した。また対象となる災害の種類については、WG ミーティングで幅広く意見を募り、関心の高い災害となるよう心掛けた。 ・ WG 結成後、パイロットプロジェクトの現地対応やワークショップ開催まで渡航しない期間が長く続き対面での WG ミーティングが開催できない課題があったが、JICA コンサルタントチーム不在期間中の WG ミーティングをオンラインで開催することで対応した。
活動 2-2	なし
活動 2-3	・ パイロットプロジェクトの Scope を策定するにあたって、防災分野の WG メンバの積極的な関与を促す必要があった。そのため、WG ミーティング時の協議は AEP にハンドリングさせ、母国語で議論させるようにし、WG メンバからのアイデアがでるようにした。
活動 2-4	・ 洪水ハザードマップ作成に用いるデータは、衛星データだけでなく多義にわたるデータが必要なことから、パラグアイの現地の状況を反映させた洪水ハザードマップとするため、現地で計測されたデータが必要なことから、AEP 独自によるデータ収集では限界があるため、WG ミーティングにて使用

	するデータの説明を行い、WG メンバを通したデータ収集に努めた。また WG メンバからデータを収集することで AEP と関係機関の連携強化を行った。
活動 2-5	・ 日本とパラグアイの時差（約 12 時間）を踏まえ、日本時間は朝、パラグアイは夜の時間帯にて実施する運用とし、1 日あたり 1 時間～2 時間程度のトレーニングとして計画・実施した。 ・ iRIC によるデータ処理に時間がかかりトレーニング当日の時間内に完了しない可能性があるため、使用データの簡略化を行った。加えて、各処理フローにおける計算処理を事前に行っておき、当日は実際の処理結果を提示しながら進行できるように準備した。 ・ トレーニングの復習や欠席となったセッションを後から学習できるよう、オンライン講義を動画で保存し、共有プラットフォームにて講義資料とともに公開するようにした。これにより、新規メンバへのトレーニングも可能となった。
活動 2-6	・ 洪水氾濫シミュレーション結果を洪水ハザードマップに反映するにあたり、パラグアイの現場で必要となる情報をインプットする必要があった。そのため、日本の事例を参照しつつ、パラグアイで必要となる情報を SEN との協議で策定し、理解の深化を図った。また、協議を円滑に進めるため、協議用の洪水ハザードマップ案を作成した。
活動 2-7	・ ワークショップにおいてパイロットプロジェクトの実施内容を共有するとともに、洪水ハザードマップ作成マニュアルを広く公開し共有することで、改善のためのフィードバックが広く得られるよう工夫した。

4.2.3. 成果 3 における課題・工夫

表 4.2.3-1.に成果 3 の活動実施にあたり直面した課題、それに対する工夫を示す。

表 4.2.3-1. 成果 3 の活動実施にあたり直面した課題、工夫

活動	課題、工夫
活動 3-1	WG の連絡窓口が管理職層であることが多く、協議日程の調整に時間を要するなどの課題があった。特に MAG の連絡窓口は本プロジェクトへの関心は高いものの、業務上各地を頻繁に移動していたため、密な協議の機会を設定することが難しかった。そこで WG メンバとして技術者レベルの参加を促すことで、実務的な意思疎通を円滑化する工夫を行った。
活動 3-2	WG メンバのうち、特に MAG および SENA VE は農牧分野における主要なユーザ省庁であり、AEP の意向としても、いずれか一方に偏ることなく、両機関から継続的な関心と協力を得ることが重要であった。両機関の協力を安定的に得るため、個別協議やヒアリングを積極的に実施・ニーズの把握を行うことで、関係強化を図った。さらに、ここで抽出したニーズをもとに活動 3-5 の研修内容の拡充を行った。
活動 3-3	プロジェクト設計にあたっては、気象データの取得など一部の作業にクリティカルパスが存在し、進行上の課題となり得た。これらの情報取得には WG の協力が不可欠であるため、WG 内での情報共有を促進するよう依頼し、進捗の停滞を防ぐよう努めた。
活動 3-4	農牧分野では、観察対象が作物であることから、気象条件や営農活動の影響を強く受けるため、衛星画像の取得タイミングが成果に直結する。このため、画像の調達計画は策定後も柔軟性を持たせ、最終的な取得時期は現地の状況に応じて調整を行った。加えて、農家との密なコミュニケーション体制を確保するため、SENA VE に協力を仰ぎ、現場との連携強化に努めた。
活動 3-5	- 農業分野における衛星利活用 WG は初めての試みであり、各省庁に衛星関連の取り組みを行う部署や担当が存在する中で、連携の具体的なイメージや役割分担の理解が十分に浸透していないという課題があった。このため、オンライントレーニングでは、JAXA と農林水産省による JASMAI や、NASA と農業機関が連携する NASA Harvest など、国際的な事例を紹介し、衛星データ活用における持続的な枠組み構築の可能性を示した。 - プロジェクトを進める上で、MAG の連絡窓口担当が所属する部署以外とは連携がとりにくいという課題があった。今後の継続的な WG 運営を念頭に AEP が積極的に働きかけ、オンライントレーニングには他部署の技術者や関係者にも参加してもらうことで、組織内での技術理解と普及を促進した。
活動 3-6	- また、パイロットプロジェクト期間中に渡航がなかったことに加え、時差の影響もあり、解析状況を即時に把握することが困難であった。これに対しては、月例会やメールを活用し、定期的な連絡体制を維持することで、情報共有の遅延を防ぐよう努めた。さらに、解析対象となる衛星画像が膨大であったため、作付け分類マップの自動生成を可能とするツールの活用を提案し、その作成手順を AEP に共有することで、作業効率の向上を図った。 - 作付け分類マップの作成にあたっては、現地データの量が限られていることから、成果物の精度に制約が生じるという課題があった。この点については、精度向上のために今後も WG 内での継続的な検討と協力が必要であることを説明した。
活動 3-7	成果をワークショップにて発表し、参加者との対話を通じて技術の有用性や応用可能性を示した。このとき、成果である手順書はオンラインで閲覧可能な形で公開した。

4.3. DAC6 評価基準に基づく評価結果

本プロジェクトの成果を、経済協力開発機構／開発援助委員会（OECD-DAC）による ODA 評価の視点である「DAC 評価 6 基準」に基づき、JICA コンサルタントチーム及び AEP メンバが以下の通り評価した。

■ 妥当性（Relevance）

本プロジェクトでは、社会課題解決の優先度が高い防災及び農牧分野において衛星データ利活用の有効性を実証したと共に、将来の自国衛星が取得したデータ利活用に向け、小型衛星開発によるエコシステム構築のための技術の能力強化が行われた。これは、パラグアイの国家開発計画 2030 に示された宇宙分野全体における能力向上、及び社会・経済・科学・技術力の向上のため、宇宙関連技術の活用能力強化、地理空間情報に基づく意思決定の推進と合致しており、妥当であった。

■ 整合性（Coherence）

本プロジェクトは、我が国の対パラグアイ国別開発協力方針（2021 年 6 月）における重点分野 1 「持続的経済開発」の開発課題 1-1 「主要農畜産品バリューチェーン環境整備」の一環として進められた。近年の気候変動の影響による熱波、洪水、干ばつ、森林火災などの自然災害がパラグアイの経済の柱である農牧業に大きな影響を与えていることから、本プロジェクトでは、衛星技術の活用を拡大し、農牧業や防災分野における気候変動の影響軽減・緩和に資する取り組みを推進した。

これにより、SDGs のゴール 2（飢餓をゼロに）、ゴール 11（住み続けられるまちづくりを）、ゴール 13（気候変動に具体的な対策を）への貢献も期待されている。また、2024 年 5 月の岸田前総理のパラグアイ訪問時には、日本の宇宙技術・宇宙産業を活用し、衛星データの利活用によるパラグアイの農業生産課題の解決を目的とした、日本の産学官連携による「日・パラグアイ宇宙協力プログラム」が両国首脳により発表されている。

■ 有効性（Effectiveness）

本プロジェクトの目標を「宇宙関連技術の活用能力が強化され、地理空間情報に基づく意思決定が推進される。」と設定した。本プロジェクトの有効性をプロジェクト目標の指標に沿って以下に示す。

指標 1: AEP が関与した省庁間プロジェクト件数

本プロジェクトを通じて策定された宇宙計画の具体的な活動として、2 件の派生プロジェクトが開始された。AEP は SENAVE、MAG 等と協力して、トマトの作付けモニタリングプロジェクトを開始した。さらに、AEP は INE と関係機関と協力して衛星データを含む社会基盤データの統合を図るためデータインフラ開発について検討を開始した。

指標 2: GEOLab によるパイロットプロジェクト及びその他の付加価値データ件数

パイロットプロジェクトでは 3 つの付加価値データが公開された。防災分野に資するパイロットプロジェクトでは、洪水ハザードマップ及びその作成マニュアルが作成され、パラグアイの省庁横断

型による対策検討の基礎データとして扱われるようになった。この他、農牧分野に資するパイロットプロジェクトでは、衛星データ解析と圃場調査による作物モニタリング手法が確立されたことにより、広域での大豆生産管理が可能となった。さらに、パイロットプロジェクトで得た技術と経験をもとに、AEP と SENA VE が独自でトマト作付け面積推定アプリケーションを開発することができた。

指標 3: 日本とパラグアイでのパラグアイ側に対する研修実施数

2024 年 8 月から 2025 年 5 月にかけて、合計 10 名（男性 7 名、女性 3 名）の研修生が日本で宇宙技術に関するアップストリーム（小型衛星開発技術及び試験技術）、ダウンストリーム（衛星データ利活用）に関する研修に参加した。アップストリームにおいては、九工大が運用する BIRDS-RPM（ルワンダ、パラグアイ、モルディブ間の連携による小型衛星開発プログラム）に参画し、小型衛星開発及びその運用にかかる基礎技術のほか国際連携による宇宙開発の重要性について知見を深めることができた。さらに、GuaraniSat-2 EM の試験を行い、試験環境の運用に関する技術を習得するだけでなく、AEP が独自で開発する GuaraniSat-2 の開発ステージをひとつ進めることができた。今後 AEP は GuaraniSat-2 FM の開発を行い、2026 年 10 月の打ち上げを目指す。ダウンストリームにおいては、日本の省庁及び地方自治体での防災分野及び農牧分野にかかる衛星データ利活用の具体例に触れることで、国家機関としての宇宙システム及び衛星データ利活用について知見を深めることができた。岐阜大学及び北海道大学での講義をとおして、衛星データ解析技術能力の向上を図ることができ、特に岐阜大学で実施した洪水シミュレーション解析技術は、パラグアイでの洪水ハザードマップ作成に大きく活用され、パラグアイの省庁横断型による対策検討の基礎データとして扱われるようになった。

■ インパクト（Impact）

社会システムへの影響として、「パラグアイの宇宙分野全体における能力向上、及び社会・経済・科学・技術力が強化される」が上位目標として設定されている中、自国による小型衛星開発能力が強化されたことで、中南米における小型衛星開発にかかるハブになりえる能力を備えた。これによりパラグアイが中南米の宇宙技術開発をリードすることも期待される。この他、国家レベルによる衛星データを含む社会基盤データの統合に向けた検討が INE 及び関係機関の間で開始された。

人々の幸福への影響として、洪水氾濫シミュレーションを基にした洪水ハザードマップが地域別に整備されていない状況の中、パイロットプロジェクトを通して整備された洪水ハザードマップと WG による活動成果は、今後の洪水対策や地域住民避難などにつながる。さらに、農牧分野のパイロットプロジェクトを通して設立された WG により、MAG、SENA VE ならびに関連機関との新たなプロジェクトが立ち上がり、農牧分野での衛星データの活用が強化された。

なお、本プロジェクトによる、人権、ジェンダー、環境への悪影響はない。

■ 効率性（Efficiency）

日本とパラグアイ間で 12 時間の時差があり、距離も遠いことから頻繁に現地での活動を行えるプロジェクトではなかった。しかし、JICA コンサルタントチームと AEP とのコミュニケーションを密にとることで、人員と機材の投入はほぼ予定通りに行われた。さらに、オンラインシステムを活用することで時差を考慮しつつも、月例会や他の打ち合わせ、トレーニング等も効率的に成果を達成することができた。各成果に対する日本側及びパラグアイ側の投入の効率性を示す。

表 4.3-1. 各成果に対する日本側及びパラグアイ側の投入

成果	結果	日本側の投入	パラグアイ側の投入
成果 1 : AEP の既存の衛星データ解析手法及びツールの評価を実施する。	小型衛星開発及び衛星データ利活用にかかる KCCP が実施され、AEP の宇宙戦略計画を検討した。	・ 専門家の投入 ・ KCCP 準備（オンライン・現地活動） ・ KCCP の実施（国内での活動） ・ ワークショップの準備 ・ ワークショップの実施	・ 職員の配置 ・ KCCP 準備（オンライン・現地活動） ・ KCCP の実施（国内での活動） ・ ワークショップの準備 ・ ワークショップの実施
成果 2 : AEP 及び関連機関において、課題の特定やパイロットプロジェクトの実施にかかる協議体を設定する。	協議体での防災に関する課題にかかる協議を通じて実際に発生した洪水をモデルにハザードマップを作成し、マニュアルにまとめた。	・ 専門家の投入 ・ 課題の洗い出し ・ 協議体結成に向けた準備 ・ 衛星データ解析手法の提案 ・ 技術移転 ・ 成果の発表	・ 職員の配置 ・ 関係省庁との調整 ・ 協議体結成に向けた準備 ・ 協議体結成 ・ 協議体運用 ・ 成果の発表 ・ 派生プロジェクトの検討と実施
成果 3 : AEP 及び関係機関において、農牧業の生産性や品質に関連する情報管理の能力強化のためにパイロットプロジェクトが実施される。	協議体での農牧業に関する課題にかかる協議を通じて大豆の生育モニタリング手法を開発し、それをマニュアルにまとめた。	・ 専門家の投入 ・ 課題の洗い出し ・ 協議体結成に向けた準備 ・ 衛星データ解析手法の提案 ・ 技術移転 ・ 成果の発表	・ 職員の配置 ・ 関係省庁との調整 ・ 協議体結成に向けた準備 ・ 協議体結成 ・ 協議体運用 ・ 成果の発表 ・ 派生プロジェクトの検討と実施

■ 持続性（Sustainability）

政策・制度面

本プロジェクトでは、防災分野及び農牧分野に資する衛星データ利活用の実現を目指し、関係省庁とそれぞれ協議体を結成した。パイロットプロジェクトを通じてトマト作付けモニタリングやデータインフラ開発検討といったプロジェクトが派生した。今後関係省庁との連携を通じた経済発展に寄与し得る体制が整った。

組織・体制面

組織面においては、アップストリーム（小型衛星開発運用）を担う SPACELab 及びダウンストリーム（衛星データ解析）を担う GEOLab に明確に部門が分かれて組織運営が行われる旨、AEP より説明があった。開発された小型衛星の運用により取得される衛星データを解析しソリューションを提供することができるようになることが、持続的な宇宙利活用の基盤であり、今後の目標である一方で、

引き続き取り組むべき課題でもある。

技術面

本プロジェクトを通じて、小型衛星を開発する能力及び適切に衛星データを解析し、現地調査結果等を踏まえて社会経済課題（特に農牧分野および防災分野）の解決に資する情報をまとめる能力を身につけたことで、今後、関係省庁との連携を通じた経済発展に寄与し得るようになった。

財務面

AEP は限られた予算を用いて活動を進めることから、MEF への働きかけによる予算獲得に向けた活動が必要である。関連ステークホルダー、特にアカデミア／研究機関や民間セクターとの連携が必要である。安定的な財務体制を整えることは、継続的な小型衛星開発及び運用、衛星データ利活用分野の裾野を拡大することにもつながり、社会経済基盤の強化に資する宇宙技術力の向上に寄与するものと考えられる。

環境社会面

本プロジェクトで移転された小型衛星開発及び衛星データ利活用にかかる技術は、気候変動の影響により干ばつや洪水の影響を受けやすいパラグアイにおけるエコシステム管理にも応用が可能であり、経済開発と環境保護の両面からの持続的な発展に寄与するものと考えられる。

リスクへの対応

本プロジェクトで移転した衛星データ解析技術は、オープンフリーのソフトウェアや無償の衛星データを主に利用することにより、持続的な衛星データ解析が行える体制を整えた。

運営維持管理

AEP は、本プロジェクトで設置した協議体メンバと協力して、新しいプロジェクトに取り組んでいる。持続的な協議体の運営による新しい衛星データ解析アプリケーションや社会経済課題に資するソリューションを提供する体制が整えられつつある。

4.4. 各成果の指標に対する結果

各成果の指標に対する結果をそれぞれ表 4.4-1.、表 4.4-2.及び表 4.4-3.に示す。

表 4.4-1. 成果 1 の指標に対する結果

成果 1		
#	指標	結果
1-1	ジェンダーバランスを考慮した研修員の数	計 10 名（男性 7 名、女性 3 名） 2024 年 08 月から 09 月にかけて、7 名の研修員（男性 4 名、女性 3 名）が衛星データ利活用にかかる KCCP に参加した。 2024 年 10 月から 2025 年 03 月にかけて、1 名の研修員（男性 1 名）が小型衛星開発にかかる KCCP に参加した。 2025 年 04 月から 2025 年 05 月にかけて 2 名の研修員（男性 2 名）が小型衛星開発（GuaraniSat-2 EM 試験）にかかる KCCP に参加した。
1-1	セミナー及びワークショップの開催数	3 回 2025 年 02 月 19 日及び 2025 年 09 月 19 日にパイロットプロジェクトの結果発表、日本の宇宙関連企業とパラグアイの宇宙開発に好身を示す企業とのビジネスネットワーキングを開催した。 2024 年 08 月 22 日に KCCP の一環として、日本の宇宙技術関連企業、ウガンダ宇宙機関、AEP による衛星データ利活用に関するワークショップを東京で開催した。
1-3	セミナー及びワークショップの満足度	満足 AEP は、ワークショップやセミナーを通じて、アップストリーム及びダウンストリームの宇宙技術の開発及び運用能力を向上させ、それをパラグアイ国内で共有した。さらに、日本の宇宙技術関連企業との宇宙ビジネス強化に向けた新たな協業も開始された。参加者からは「民間レベルでの宇宙協力により宇宙開発がより促進され、新しいビジネスの創出が期待できる」といったコメントが寄せられた。

表 4.4-2. 成果 2 の指標に対する結果

成果 2		
#	指標	結果
2-1	ジェンダーバランスを考慮した研修生の数	7 名（男性 4 名、女性 3 名） 2024 年 08 月から 09 月にかけて、7 名の研修員（男性 4 名、女性 3 名）が衛星データ利活用にかかる KCCP に参加した。 2024 年 10 月から 2025 年 07 月に開けて、衛星データ解析による洪水シミュレーションを行うためのオンライン研修を 15 名の研修員（男性 6 名、女性 9 名）に対して実施した。
2-2	セミナー及びワークショップの開催数	3 回 2025 年 02 月 19 日及び 2025 年 09 月 12 日にパイロットプロジェクトの結果発表、日本の宇宙関連企業とパラグアイの宇宙開発に好身を示す企業とのビジネスネットワーキングを開催した。 2024 年 08 月 22 日に KCCP の一環として、日本の宇宙技術関連企業、ルワンダ宇宙機関、AEP による衛星データ利活用に関するワークショップを東京で開催した。
2-3	セミナー及びワークショップの満足度	満足 AEP はワークショップでパイロットプロジェクトの成果を発表し、共有した。さらに、パラグアイの社会経済課題に貢献するため、宇宙技術の活用を通じて新しいプロジェクトや関係省庁との協力を展開させた。参加者からは「GIS データを重ね合わせることで世帯数や人口、避難地域も博することができ避難計画立案の基礎データとして効果が期待できる。他の洪水の影響が大きい地域においても展開したい」といったコメントが寄せられた。
2-4	PoC 件数、活動実践計画件数、活動に関する論文・報告件数	PoC: 2 件 AEP は衛星データ解析と SEN との PoC にかかる議論により開発した手法を用いて洪水ハザードマップを公開した。AEP は、データインフラを開発するために INE やその他の省庁とのプロジェクトを開始した。 活動に関する論文・報告書の公開: 3 件 パイロットプロジェクトの成果は、洪水ハザードマップ及びマニュアルとしてまとめられ、2025 年 02 月及び 2025 年 09 月に初版と改訂版がそれぞれ公開された。さらに、パイロットプロジェクトの成果は、2025 年 08 月に米国ソルトレイクシティで開催された小型衛星カンファレンスで紹介された。

表 4.4-3. 成果 3 の指標に対する結果

成果 3		
#	指標	結果
3-1	ジェンダーバランスを考慮した研修生の数	7 名（男性 4 名、女性 3 名） 2024 年 08 月から 09 月にかけて、7 名の研修員（男性 4 名、女性 3 名）が衛星データ利活用にかかる KCCP に参加した。 2024 年 10 月から 2025 年 07 月にかけて、衛星データ解析による作付け分類を行うためのオンライン研修を 24 名の研修員（男性 9 名、女性 15 名）に対して実施した。
3-2	セミナー及びワークショップの開催数	3 回 2025 年 02 月 19 日及び 2025 年 09 月 12 日にパイロットプロジェクトの結果発表、日本の宇宙関連企業とパラグアイの宇宙開発に好身を示す企業とのビジネスネットワーキングを開催した。 2024 年 08 月 22 日に KCCP の一環として、日本の宇宙技術関連企業、ルワンダ宇宙機関、AEP による衛星データ利活用に関するワークショップを東京で開催した。
3-3	セミナー及びワークショップの満足度	満足 AEP はワークショップでパイロットプロジェクトの成果を発表し、共有した。参加者からは「現地の農業管理において非常に有用である」といったコメントが寄せられた。さらに、パラグアイの社会経済課題に貢献するため、宇宙技術の活用を通じて新しいプロジェクトや関係省庁との協力を展開させた。
3-4	PoC 件数、活動実践計画件数、活動に関する論文・報告件数	PoC: 3 件 AEP は、日本企業が提供する解析された衛星データ配信アプリケーションを PoC として作物の生育モニタリングに適用した。AEP は、トマト畑の作付面積管理のため SENAVE とプロジェクトを開始した。AEP は、データインフラの開発のため、INE やその他の省庁とプロジェクトを開始した。このほか、AEP は、本プロジェクトからの派生プロジェクトとして実践的な計画を立案し衛星データアプリケーションの開発を民間企業と開始した。 活動に関する論文・報告書の公開: 2 件 パイロットプロジェクトの成果は、マニュアルとしてまとめられ、2025 年 02 月及び 2025 年 09 月に初版と改訂版がそれぞれ公開された。さらに、パイロットプロジェクトの成果は、2025 年 08 月に米国ソルトレイクシティで開催された小型衛星カンファレンスで紹介された。

第5章 上位目標達成に向けた提言

5.1. 上位目標達成の見通し

本プロジェクトでは、上位目標を「パラグアイの宇宙分野全体における能力向上、及び社会・経済・科学・技術力が強化される。」とした。上位目標の指標に対する評価を行い、上位目標の達成の見通しとする。上位目標の指標に対する評価を整理した結果を表 5.1-1.に示す。

表 5.1-1. 上位目標の指標に対する評価

#	指標	評価
1	官民における宇宙関連技術を活用したプロジェクト数	現状（2025 年 08 月現在）：4 件 将来（プロジェクト終了後 3 年）目標：6 件 本プロジェクトから派生して、官民における宇宙関連技術を活用したプロジェクトが稼働している。 1. GuaraniSat-2 開発における国際連携（九工大での試験、NASA/JPL からのミッション機器提供、メキシコ宇宙庁からのボード提供、伊民間企業からの太陽光パネルの提供） 2. SENAVE とのトマト作付面積管理プロジェクト 3. INE 及びその他省庁とのデータインフラ開発 4. 日本の民間企業との衛星データアプリケーション開発 さらに、本プロジェクトでは防災分野及び農牧分野に資する宇宙関連技術の活用を目指した WG が結成された。AEP は今後これら WG を活用したアプリケーション開発、宇宙技術開発を目指しアクションプランを設定している。 1. 農牧業プロジェクト 2 件 2. 防災プロジェクト 1 件 3. データインフラ開発 1 件 4. 官民連携プロジェクト 1 件
2	地理空間情報に基づく公開データ数	現状（2025 年 08 月現在）：48 件 将来（プロジェクト終了後 3 年）目標：100 件 AEP では衛星データ解析による森林火災モニタリング及びそのデータ配信を行っている。データはオンラインでの配付の他、関係省庁及び地方政府にレターとして配付されている。 この他、欧州が運営する無償の Sentinel-2 データを活用することで、概ね 5 日に 1 回程度、対象地域を観測することができる。これを活用し、年間 3 作物に対してモニタリングを行う場合、被雲率が高いデータを約 40%と仮定すると、年間約 100 件のデータを解析し、関係省庁等に配付することが可能となる（被雲率が高い衛星データは解析が困難であるため）。

3	提供されたデータの利用者数	現状（2025 年 08 月現在）：50 名 将来（プロジェクト終了後 3 年）目標：300 名
---	---------------	---

よって、引き続きの取組を前提とすれば、上位目標の達成に向けた見通しは一定程度認められる。

5.2. プロジェクト目標達成に向けた成果と活動の結果

本プロジェクトでは、プロジェクト目標を「宇宙関連技術の活用能力が強化され、地理空間情報に基づく意思決定が推進される。」とした。プロジェクト目標の達成度について整理した。整理した結果を表 5.2-1. に示す。

表 5.2-1. プロジェクト目標達成に向けた活動の結果

#	指標	結果
1	AEP が関与した省庁間プロジェクト件数	現状（2025 年 08 月現在）：4 件 本プロジェクトから派生して、官民における宇宙関連技術を活用したプロジェクトが稼働している。 - GuaraniSat-2 開発における国際連携（九工大での試験、NASA/JPL からのミッション機器提供、メキシコ宇宙庁からのボード提供、伊民間企業からの太陽光パネルの提供） - SENAVE とのトマト作付面積管理プロジェクト - INE 及びその他省庁とのデータインフラ開発 - 日本の民間企業との衛星データアプリケーション開発
2	GEOLab によるパイロットプロジェクト及びその他の付加価値データ件数	パイロットプロジェクトによる付加価値データ：3 件 その他の付加価値データ：2 件 パイロットプロジェクトでは、以下の 3 件がリリースされた。 - 洪水ハザードマップ - 洪水シミュレーション及びハザードマップ作成マニュアル - 大豆生育モニタリングマニュアル その他の付加価値データ（アプリケーション）として、以下の 2 件がリリースされた。 - SENAVE とのトマト作付面積管理 - 日本の民間企業との衛星データアプリケーション開発
3	日本とパラグアイでのパラグアイ側に対する研修実施数	本プロジェクトでは、4 件の研修がパラグアイ側に対して実施された。KCCP（ダウンストリーム）及びオンライン研修では、AEP 以外の関係省庁からの参加も受け入れた。 - KCCP（ダウンストリーム） - KCCP（アップストリーム）第 1 バッチ、第 2 バッチ - 洪水シミュレーション及び洪水ハザードマップ作成にかかるオンライン研修 - 大豆生育モニタリングにかかるオンライン研修

本プロジェクトでは、設定された全ての指標に対して十分にコミットしたと考えられ、プロジェクト目標は達成されたものとする。

5.3. パラグアイ側への提言

本プロジェクトを通じて、小型衛星開発・運用及び衛星データ利活用の観点からパラグアイ側への提言をまとめた。

小型衛星開発・運用

- 高度な知見を有するエンジニア数が限られているため、超小型衛星の開発・試験のサイクルを高頻度に回していく必要がある。そのため、拙速な大型化は避け、1～12Uの超小型衛星の開発プロジェクトの開始時期をずらして平行・重複（オーバーラップ）させ、担当エンジニアが半年～1年に1度程度の頻度で開発経験を積めるように計画することが望ましい。これにより、技術の向上と技術移転が促進され、能力を有する人的リソースの確保に繋がる。加えて、自国予算のみでは制約があることから、他国の超小型衛星プロジェクトに積極的に参加し、コンポーネントや試験の一部をパラグアイが担うことで、高頻度の開発サイクルを実現させることが重要である。
- パラグアイ国内の超小型衛星の試験・運用設備が不足している点については、現在、日本政府による無償資金協力の枠組みで設備整備が検討されている。設備整備により、海外試験に伴う追加コストの削減が期待される他、中南米近隣諸国の試験需要を取り込むことで、国際協力（パートナーを含む）を通じた他国衛星開発への参加や、試験受託等による資金獲得の可能性が広がり得る。他方、設備整備後も、設備を運用する能力の向上や、運用能力維持のための継続的な衛星試験の実施が必要である点に留意する必要がある。
- 現状、衛星データ利活用に最適な衛星搭載センサや衛星データの要件が十分に整理されておらず、自国の衛星データ利用を主目的とした衛星開発につながる具体的な衛星仕様が固まりきっていない。一方で、本プロジェクトを通じて、パラグアイでの衛星データ利活用の促進活動により、利用ニーズに基づく優先分野・アプリケーションの整理を進めるための土台が形成された。今後、これらの検討結果を踏まえ、優先アプリケーションに資するセンサを搭載した超小型衛星の開発を推進することが望ましい。その際、AEPの予算制約も踏まえ、他国のペイロードやサブシステムを搭載する国際協業での共同ミッションなども選択肢として検討することが重要であり、将来的には超小型衛星コンステレーションの他国とのシェアリング（複数の国の同種衛星によるバーチャルなコンステレーションの構築）も検討が期待される。
- 衛星開発は6ヶ月で完了するものではなく、通常の九工大のプログラムでは最低2年を要す。今回はミッションデザインからBBMの設計・調達・開発まで実施したが、その後のプロセスとして、バスやコンポーネントの改良、フライトモデル（FM）の開発・試験がある。よって、すべてのプロセスを経験できれば、衛星開発の実践的なスキルを身に着けるための、さらに良い研修となる。
- 他国で既に開発中の実機衛星の試験においては、相手国側の開発遅延リスクや、国際輸送に伴う輸入関税等の課題が想定される。類似分野の研修等を実施する際には、これらを事前に想定し、

スケジュールの余裕確保や、相手国負担となるコストの想定・事前共有を行うことが円滑な実施に必要である。

衛星データ利活用

- ・ 限られた AEP 予算の下で活動を継続するためには、財務当局への働きを通じた予算増加に向け、関連ステークホルダー、特にアカデミア／研究機関や民間セクターとの連携が必要である。AEP が主導し、国内外の民間セクターとの連携を強化し、民間との連携活動にパラグアイのアカデミア／研究機関が参画することにより、国内民間企業のスピナウトやスタートアップ創出につながる好循環を作ることが重要である。
- ・ リソース制約上、あらゆる利用テーマを同時に拡大することは困難であるため、まずは本研修でも対象テーマとした農牧業や災害対応に焦点を当て、利活用促進活動を継続することが重要である。実装によるグッドプラクティスを示すことで財務当局への説明力を高め、予算増加につなげた上で、適応テーマを段階的に拡大していくことが望ましい。
- ・ 衛星データ利活用促進活動を継続するにあたり、各種衛星データの入手が課題となる。オープン＆フリーのデータを継続活用しつつ、目的達成のためには、有償のデータとの組み合わせも必要となる。このため、宇宙機関間の国際協力を広げる中で、可能な限りコストを抑えつつ多様な衛星データを確保する取り組みが重要である。併せて、優先度の高いアプリケーションに必要な有償データは、当面は予算の範囲内で購入しながら進めると同時に、将来的には自国の超小型衛星の研究開発を進め、自国衛星からデータを入手することも検討する必要がある。
- ・ パラグアイにおける宇宙技術の社会経済への実利用に向けて、今回の研修の目標は達成され、今後の実装に向けた期待が寄せられた。併せて、パラグアイ国内においても、産官学の宇宙技術利活用における役割や連携についての道筋を構築し、実際に社会経済、社会課題の解決に役立つ実利用を推進することが重要である。また、片務的な協力ではなく、地球の裏側という地理的要因や南米というこれから超小型衛星の開発・データ利活用を行いたい国を周辺に抱える周辺環境を踏まえ、それぞれの受信局による準リアルタイムデータ取得や南米における地域拠点化（パラグアイを拠点にして日本の民間企業が南米でエコシステムによるビジネス推進）など、日本側にもメリットのある Win-Win の関係を築いていくことが期待される。

予算増強及び組織人員体制の強化

- ・ 限られた AEP 予算の下で活動を継続するには、財務当局への働きかけによる予算増加と、関連ステークホルダー、特にアカデミア／研究機関や民間セクターとの連携が必要である。まず、農牧業や災害対応を中心に利活用促進活動を継続し、実装によるグッドプラクティスを示すことで予算増加につなげ、適応テーマを段階的に拡大していくことが重要である。
- ・ AEP の発展的な活動を継続するためには、技術者の育成及び増強が必要である。そのため、本邦研修やパイロットプロジェクトで得られた知見を踏まえ、キャリアプランを含む人材育成計画を策定・実行することが、パラグアイ国内における宇宙人材の裾野拡大につながる。

日本の宇宙関連省庁、大学及び民間企業との交流

- ・ 本プロジェクトでは 2 回の KCCP（アップストリーム及びダウンストリーム）及び成果 1 にかかる活動で東京都内・アスンシオンでのワークショップを開催したほか、大学での講義により日本

の宇宙技術、宇宙政策及び宇宙ビジネスに触れる期待を設けた。これらの活動を通じ、AEP は日本企業とのアプリケーション開発を進めることができた。これは宇宙開発及び利活用において大きな一歩であり成果である。今後は、パラグアイの民間企業も巻き込んだ宇宙政策及び宇宙ビジネスの展開が発展することが期待される。

5.4. 防災分野への衛星データ利活用に関する提言

成果 2 の活動を通して、防災分野への衛星データ活用にかかる関連省庁との連携促進や人材育成を行った。これらを踏まえ、関係省庁との連携強化やパイロットプロジェクトで実施した洪水ハザードマップ作成に関してパラグアイへの提言をまとめた。

関係省庁との連携強化について

本プロジェクトでは、防災分野に関連する省庁が参加する WG を設立し、衛星データの活用が適切であり、かつ関係省庁のニーズが高いテーマを対象にパイロットプロジェクトを実施した。パイロットプロジェクトを通して、洪水氾濫シミュレーションに必要なデータを WG メンバの協力を得て収集でき、他省庁との連携が強化された。今後も WG 活動を継続することで、更なる関係強化となり、洪水ハザードマップだけでなく、衛星データ活用に関する連携や活用が記載された手順書などが整備されていくことを期待する。特に災害時の衛星データ収集体制として国際チャーターに関する協力が SEN と AEP で実施されていることから、災害発生時の連携・初動を含む衛星データ活用手順書の整備が望まれている。

洪水ハザードマップ

パイロットプロジェクトで実施した洪水ハザードマップ作成では、洪水氾濫シミュレーション後に得られる湛水域をもとに、SEN との協議を通じて、避難所情報や避難経路情報などの洪水ハザードマップに必要な情報を加味して作成した。一方で、洪水氾濫シミュレーションにおけるシナリオ設定については、SEN とのさらなる協議が必要である。洪水ハザードマップを必要としている地域毎に適切な洪水シナリオが異なるため、パイロットプロジェクトで実施した一連の流れを基に SEN との連携を深め、他地域の洪水ハザードマップを順次整備していくことが望ましい。また、同一地域においても、シナリオ別の洪水ハザードマップを整備し、住民避難訓練や災害対策計画などに活用できる形とすることが有効である。

さらに、パイロットプロジェクトで実施したオンライントレーニングの講義資料や動画をもとに幅広く人材教育を継続し、特定の職員に依存しない体制構築につなげることが望ましい。

5.5. 農牧分野への衛星データ利活用に関する提言

成果 3 の活動を通して、農牧分野への衛星データ活用にかかる関連省庁との連携促進や人材育成を行った。これらを踏まえ、農牧分野における衛星利活用に関してパラグアイへの提言をまとめた。

農牧分野における衛星利活用

農牧分野における衛星データの利活用は、現地の気象条件や地域特性に大きく左右されるため、短

期間で明確な成果を得ることは困難である。特に、作物の成長や家畜の管理に関する情報は、季節や年ごとの変動が大きく、1年程度の観測では十分な傾向把握ができない場合が多い。そのため、衛星データの活用にあたっては、現地での継続的なデータ蓄積と分析を前提とした中長期的な視点が不可欠である。

このような特性を踏まえ、関連省庁やカウンターパート（CP）に対しては、衛星データの利活用が即時的な成果を生むものではなく、時間をかけて信頼性の高い知見を構築していくプロセスであることを丁寧に説明し、理解を得ながら進める必要がある。政策担当者との合意形成においては、期待値の調整とともに、衛星データの有効性を示す事例や中長期的な活用モデルの提示が有効である。

また、農牧省等の関連機関がそれぞれ独自にデータを収集している場合、データの分散や重複により活用が非効率となる。このため、関係機関間の連携強化が重要である。今回設立されたWGは、こうした省庁間の連携を促進するための枠組みとして機能しており、今後はこのWGを軸に、よりオープンで協調的なデータ共有と活用を進める必要がある。関係機関に対しては、衛星データの利活用が単なる技術導入ではなく、部門横断的な情報連携の促進につながるものであるという認識を共有することが重要である。

プロジェクトの円滑な進行

現地では文書による手続きが重視される傾向が強く、WGの開催や関係機関への依頼に際しては、インビテーションレターやTerms of Reference（ToR）などの公式文書の整備が求められる。これらの文書は、単なる形式的なものではなく、関係者間の役割や期待を明確にする重要なツールであるため、事前にテンプレートを準備し、依頼時に適切な説明ができる体制を整えておくことが望ましい。

さらに、衛星画像の調達に関しては、日本側で取得したデータを海外のCPに展開する際に、利用許諾や配布制限に関する確認作業が必要となる場合がある。これらの確認には時間を要することが多いため、プロジェクトの初期段階から衛星画像の調達・配布に関する手続きに着手し、関係機関との調整を進めておくことが重要である。

第6章 アクションプラン

第5章上位目標達成に向けた提言を受けて、AEPはアクションプランについてJICAコンサルタントチームと協議を重ね作成した。アクションプランは、組織力の強化及び技術力の強化についてそれぞれまとめられている。

6.1. 組織力の強化

本プロジェクトで設置された協議体の枠組み、範囲及び活動を改善することにより、宇宙技術の開発と活用を通じて関係省庁との協力体制を発展させる。

中南米・カリブ海諸国における宇宙技術・小型衛星開発・運用や衛星データ利活用の拠点となる。

パラグアイ及び民間セクターとの協力を促進する。海外企業との連携を通じて、国内企業や機関、学際宇宙技術力向上を図る。

6.2. 技術力の強化

宇宙システムの開発・運用、衛星データ利活用の修士号・博士号取得のために留学生を日本や欧州に派遣する。

GuaraniSatシリーズの実践的な開発及び予算の獲得や国内外の宇宙開発の枠組みを含む活動を計画する。さらに、GuaraniSatシリーズ計画の実施のみならず、他国の小型衛星開発計画への参加を通じて、より高頻度に衛星開発機会を設ける。

衛星データを利用した国内外の共同研究プロジェクトに取り組み、特に防災分野及び農牧分野寄与する解析データやアプリケーションの提供を行う。

6.3. アクションプランに対する定量的評価の案

上記、アクションプランの達成度を測るための定量的評価の案についてまとめた。表 6.3-1.に定量的評価の案を示す。

表 6.3-1. アクションプランに対する定量的評価（案）

項目	活動	現状	目標値	評価時期 評価方法
組織力の強化	関係省庁との連携	共同研究数: 3 件 農牧分野: 1 件 データインフラ開発: 1 件 官民連携: 1 件	共同研究数: 6 件 農牧分野: 2 件 防災分野: 1 件 データインフラ開発: 1 件 官民連携: 2 件	本プロジェクト終了から 3 年後 報告書やアプリケーション、ログ等による確認
	中南米・カリブ海諸国における国際的な宇宙技術拠点	小型衛星開発に関するコンサルタント業務: 0 件	小型衛星開発に関するコンサルタント業務: 2 件 他国の宇宙庁に対して: 1 件 大学に対して: 1 件	本プロジェクト終了から 3 年後 報告書による確認
		衛星データ利活用に関するデータ及び技術の共有: 0 件	衛星データ利活用に関するデータ及び技術の共有: 2 件 防災分野: 2 件	本プロジェクト終了から 3 年後 報告書による確認
	民間連携	民間との共同プロジェクトに関する MOU 締結数 MOU: 国内 2 件、海外 1 件	民間との共同プロジェクトに関する MOU 締結数 MOU: 国内 2 件、海外 2 件	本プロジェクト終了から 3 年後 報告書、MOU 等による確認
技術力の強化	学位の取得数	小型衛星開発・運用にかかる修士号及び博士号の 取得者数: 5 名 博士号: 1 名 修士号: 4 名	小型衛星開発・運用にかかる修士号及び博士号の 取得者数: 7 名 博士号: 1 名 修士号: 6 名	本プロジェクト終了から 3 年後 キャリア調査等による確認
		衛星データ利活用にかかる修士号及び博士号の 取得者数: 1 名 博士号: 0 名 修士号: 1 名	衛星データ利活用にかかる修士号及び博士号の 取得者数: 4 名 博士号: 1 名 修士号: 3 名	本プロジェクト終了から 3 年後 キャリア調査等による確認

項目	活動	現状	目標値	評価時期 評価方法
	GuaraniSat シリーズ開発・運用マスタープラン	開発完了・開発中の衛星数: 2 機	開発完了・開発中の衛星数: 3 機	本プロジェクト終了から 3 年後 開発及び運用の結果、マスタープラン等による確認
		運用した衛星数: 1 機	運用した衛星数: 2 機	
		他国との共同衛星開発プログラム数: 0 件	他国との共同衛星開発プログラム数: 3 件	
		予算獲得を含む衛星計画数: 0 件	予算獲得を含む衛星計画数: 1 件	

別添 1-1 (Annex 1-1): Results of the Project

List of Dispatch of the Experts

1	Name/Affiliation	Shinsaku Nakamura/Japan Space Systems
	In Charge	Chief Expert/Survey and Analysis
	Main Activities	- Conduct meetings - Evaluate satellite data analysis methods and tools at AEP - Make policies for the enhancements based on the evaluation results about AEP facilities - Provide training programs for satellite data analysis and applications - Conduct Baseline and Endline Survey - Compile Reports
	Trips	1 st Trip: November 19 – December 9, 2023 2 nd Trip: April 14 – April 29, 2024 3 rd Trip: February 19 – March 2, 2025 4 th Trip: August 30 – September 15, 2025
2	Name/Affiliation	Kei Sato/SASCO CORPORATION
	In Charge	Vice-chief/Satellite Data Utilizations for Disaster Management
	Main Activities	- Conduct meetings - Conduct activities for Output 2 - Compile Reports
	Trips	1 st Trip: November 19 – December 9, 2023 2 nd Trip: April 5 – April 29, 2024 3 rd Trip: January 31 – February 24, 2025 4 th Trip: August 30 – September 16, 2025
3	Name/Affiliation	Yoshinori Kobayashi/Japan Space Forum
	In Charge	Planning Satellite Data Utilizations
	Main Activities	- Provide training programs on small satellite developments and operations - Provide a training program on satellite data utilizations - Provide networking opportunities among AEP and Japanese ministries/agencies, academia and private companies
	Trips	1 st Trip: November 24 – December 9, 2023 2 nd Trip: April 12 – April 29, 2024 3 rd Trip: - 4 th Trip: September 2 – September 16, 2025
4	Name/Affiliation	Atsushi Kimura/PASCO CORPORATION
	In Charge	Satellite Data Utilizations for Agriculture-livestock A
	Main Activities	- Conduct activities for Output 3 - Conduct and manage schedule for Pilot Project for Agriculture-livestock
	Trips	1 st Trip: November 19 – December 9, 2023 2 nd Trip: - 3 rd Trip: - 4 th Trip: September 6 – September 17, 2025
5	Name/Affiliation	Akie Koga /PASCO CORPORATION
	In Charge	Satellite Data Utilizations for Agriculture-livestock B
	Main Activities	- Conduct activities for Output 3 - Support smooth operation of Pilot Project for Agriculture-livestock
	Trips	1 st Trip: - 2 nd Trip: April 5 – April 19, 2024 3 rd Trip: February 5 – February 24, 2025 4 th Trip: September 4 – September 17, 2025

List of Counterpart

1	Name/Affiliation	Osvaldo Almirón/President of AEP
	In Charge	Project Director
2	Name/Affiliation	Alejandro Roman/Director of GEOLab, AEP
	In Charge	Project Manager
3	Name/Affiliation	Adolfo Jara/Director of SPACELab, AEP
	In Charge	Capacity Building for Small Satellite Developments
4	Name/Affiliation	Anibal Mendoza/ SPACEPab, AEP
	In Charge	Technical Member for Small Satellite Developments and Operations
5	Name/Affiliation	Esteban Fretes/ SPACEPab, AEP
	In Charge	Technical Member for Small Satellite Developments and Operations
6	Name/Affiliation	Luis Miranda/ SPACEPab, AEP

	In Charge	Technical Member for Small Satellite Developments and Operations
7	Name/Affiliation	Javier / SPACEPab, AEP
	In Charge	Technical Member for Small Satellite Developments and Operations
8	Name/Affiliation	Thanya Idoyaga/Member of GEOLab, AEP
	In Charge	Technical Member for Satellite Data Utilizations
9	Name/Affiliation	Rodrigo / Member of GEOLab, AEP
	In Charge	Technical Member for Satellite Data Utilizations
10	Name/Affiliation	Rebeca / Member of GEOLab, AEP
	In Charge	Technical Member for Satellite Data Utilizations
11	Name/Affiliation	Veronica / Member of GEOLab, AEP
	In Charge	Technical Member for Satellite Data Utilizations
12	Name/Affiliation	Junior Sosa/ Member of GEOLab, AEP
	In Charge	Technical Member for Satellite Data Utilizations

List of Training Programs

#	Name	Period	# of Trainees	Location
1	KCCP (Downstream)	August 19 – September 18, 2024	7 (6 from AEP and 1 from SENAve)	Tokyo, Shizuoka, Gifu, Makinohara & Hokkaido
2	KCCP (Upstream) (1 st Batch)	October 4, 2024 – March 28, 2025	1 from AEP	Kyutech
3	KCCP (Upstream) (2 nd Batch)	April 3 – May 30, 2025	2 from AEP	Kyutech
4	Online Training (Flood Simulation) (1 st Batch)	November 6 – December 13, 2024	38 from AEP, DMH, INE, MOPC, UNA, & UCA	Online
5	Online Training (Flood Simulation) (1 st Batch)	June 24 – August 25, 2025	10	Online
5	Online Training (Crop Monitoring)	July 15 – July 30, 2025	24 from AEP, MAG & SENAve	Online

別添1-2 (Annex 1-2): Plan of Operation

Plan of Operation (PO)

2.1

Date: September 12, 2025

Project Title: Project for Management of Space Programs applied to the Socioeconomic Development

Monitoring

Inputs		Year	FY 2023				FY 2024				FY 2025				Remarks	Issue	Solution
			I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV			
Expert																	
1. Short-term experts (Satellite development / testing)		Plan															
		Actual															
2. Short-term experts (Data utilization planning)		Plan															
		Actual															
3. Short-term experts (Data utilization in disaster risk reduction)		Plan															
		Actual															
4. Short-term experts (Data utilization in agriculture and livestock sector)		Plan															
		Actual															
Equipment																	
Computing resource		Plan															
		Actual															
Satellite data		Plan															
		Actual															
Training in Japan																	
Upstream		Plan															
		Actual															
Downstream		Plan															
		Actual															
In-country/Third country Training																	
N/A		Plan															
		Actual															

Activities					Year	1st Year				2nd Year				3rd Year				Responsible Organization		Achievements	Issue & Countermeasures
							I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	Japan		
Sub-Activities																					
Output1: Human resources and infrastructure for AEP upstream and downstream will be strengthened.																					
1-1: Conduct an evaluation of AEP's existing technical methods and tools and make recommendations for future planning.					Plan													JICA	AEP	Baseline Survey and Endline Survey were operated and the reports were submitted.	
					Actual																
1-2: Develop enhancement plan based on a diagnosis of GEOLab, AEP.					Plan													JICA	AEP	KCCP was designed and conducted in between Aug and Sept 2024.	
					Actual																
1-3: Provide 6-month hands-on training in satellite development, including testing EM of GuaraniSat-2 at Kyutech between October 2024 and May 2025.					Plan													JICA	AEP	KCCP including GuaraniSat-2 EM Test was designed and conducted between September 2024 and May 2025.	
					Actual																
1-4. Provide training in satellite data and other processing and applications.					Plan													JICA	AEP	KCCP was designed and conducted in between Aug and Sept 2024. Also, online training programs for satellite data analysis were provided.	
					Actual																
1-5. Liaison between AEP and Japanese governmental institutions, universities, and private companies.					Plan													JICA	AEP	Workshop was held for developing space business network between Japan and Paraguay in September 2025.	
					Actual																

Output2: AEP and related agencies implement pilot projects to improve capacity for analyzing disaster risk, and preventing and responding to natural disasters.

[illegible]

Output3: AEP and related agencies implement pilot projects to improve capacity for management of agriculture and livestock information related to productivity and quality of products.

[illegible]

Duration / Phasing		Plan																					
		Actual																					
Monitoring Plan		Year	1st Year				2nd Year				3rd Year				Remarks		Issue		Solution				
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV											
Monitoring																							
Joint Coordinating Committee	Plan															Final JCC Meeting will be held in September 2025. Monitoring Sheet will be submitted in the late of March							
	Actual																						
Submission of Monitoring Sheet	Plan																						
	Actual																						
Monitoring Mission from Japan	Plan																						
	Actual																						
Joint Monitoring	Plan																						
	Actual																						
Post Monitoring	Plan																						
	Actual																						
Reports/Documents																							
Project Completion Report	Plan															Draft of PCR will be submitted in June 2025.							
	Actual																						
Plan of Pilot Projects	Plan																						
	Actual																						
Development Plan of training and Infrastructure for Pilot Projects	Plan																						
	Actual																						
Public Relations																							
Operation of Project web page	Plan																						
	Actual																						
	Plan																						
	Actual																						

別添 2 (Annex 2): List of Products

List of Products

#	Product	Submission Date	Notice
1	Inception Report (業務計画書)	November 22, 2023	In Japanese
2	Work Plan	April 4, 2024	In English Confirmation delayed due to fixing activities of KCCP for Upstream
3	Progress Report (ver. 1)	February 20, 2024	In English
4	Progress Report (ver. 2)	September 30, 2024	In English
5	Progress Report (ver. 3)	March 13, 2025	In English
6	Project Completion Report	September 26, 2025	In English
7	MANUAL METEDOLÓGICO DE MANEJO DE DESASTRES (Methodological Manual of Disaster Management)	September 12, 2025	In Spanish
8	MANUAL METEDOLÓGICO DE MONITOREO AGRICOLA (Methodological Manual of Agricultural Monitoring)	September 12, 2025	In Spanish
9	Report of Baseline Survey	March 29, 2024	In English
10	EVALUATION REPORT (Report of Endline Survey)	June 30, 2025	In English

Period of Project: Sept

Activities	Inputs		Important Assumption
	The Japanese Side	The Paraguay Side	
1-1: Conduct an evaluation of AEP's existing technical methods and tools and make recommendations for future planning	- Short-term experts (Data utilization planning, Satellite development/testing, Data utilization in disaster risk reduction/agriculture and livestock sector) - Training for Counterpart Personnel in Japan - Local cost for the activities	- Allocation of counterpart personnel - Coordination among ministries and organizations - Arrangements between projects with other development partners, etc. - Arrangements for providing necessary data - Office space for Japanese professionals - Local costs (maintenance costs for existing equipment not covered by JICA support, meeting preparation costs, operating costs required for the project, etc.)	
1-2: Develop enhancement plan based on a diagnosis of the infrastructure available in the AEP.			Pre-Conditions
1-3: Provide training in satellite development and operations.			
1-4: Provide training in satellite data and other processing and applications.			
1-5: Liaison between AEP and Japanese governmental institutions, universities, and private companies.			
2-1: Set up working groups consisting of AEP and related organizations to identify issues and implement pilot projects.			
2-2: Identify issues where space-related technologies can be effectively applied in the field of disaster risk reduction			
2-3: Determine scope for applying space-related technologies to the issues and Design pilot projects			
2-4: Develop plan and procure equipments (hardware and software) for satellite imagery and data processing			
2-5: Train personnel in the use of tools, methods, and techniques for disaster risk reduction.			
2-6: Implement pilot projects with existing agreements with academia and other governmental and non-governmental organizations			
2-7: Publish results of pilot projects locally and internationally.			
3-1: Set up working groups consisting of AEP and related organizations to identify issues and implement pilot projects.			
3-2: Identify issues where space-related technologies can be effectively applied in the agriculture and livestock sector.			
3-3: Determine scope for applying space-related technologies to the issues and Design pilot projects			
3-4: Develop plan and procure equipments (hardware and software) for satellite imagery and data processing			
3-5: Train personnel in the use of tools, methods, and techniques to improve productivity and quality in agriculture and livestock sector.			
3-6: Implement pilot projects with existing agreements with academia and other governmental and non-governmental organizations			
3-7: Publish results of pilot projects locally and internationally.			

Project Design Matrix (PDM)

Project Title: Project for Management of Space Programs applied to the Socioeconomic Development

Implementing Agency: Paraguayan Space Agency

Target Group: Personnel of AEP and related institutions(AEP)

Period of Project: October 2023 - September 2025 (2 years)

Project Site: Asuncion

1.5

Dated: December 5, 2023

Narrative Summary	Objectively Verifiable Indicators	Means of Verification	Important Assumption	Achievement	Remarks
Overall Goal (realises 3 years after project) Contribute to the development of national skills in the space sector and strengthen the country's social, economic, scientific and technological development	1. # of projects utilizing space related technology in public and private sector 2. # of public data based on geospatial information 3. # of users of data provided	- Government Statistics - Report from AEP and/or other institutions	Mechanism of data provision for governmental statistics or decision-making process is well established.		
Project Purpose (realises at the end of the project) The ability to utilize space-related technologies in Paraguay is strengthened and geospatially informed decision-making is promoted.	1. # of interagency projects in which AEP was involved 2. # of value-added satellite data products in and beside pilot projects by GEOLab, AEP 3. # of Paraguayan staff have training programs in Japan and Paraguay	Government Statistics, Project Report			
Outputs (Key components of the project) Output1: Human resources and infrastructure for AEP upstream and downstream will be strengthened. Output2: AEP and related agencies implement pilot projects to improve capacity for analyzing disaster risk and preventing and responding to natural disasters. Output3: AEP and related agencies implement pilot projects to improve capacity for management of agriculture and livestock information related to productivity and quality.	1-1. # of trained persons considering gender balance 1-2. # of seminars and workshops 1-3. satisfaction of seminars and workshops Same as 1-1, 1-2, 1-3 # of PoC, # of practical plans from activity, # of papers and reports related to activity Same as 1-1, 1-2, 1-3 # of PoC, # of practical plans from activity, # of papers and reports related to activity	Project Report Project Report Project Report Project Report Project Report Project Report	- Counterpart personnel is continuously secured properly - Other institutions, such as government and universities accept involvement of pilot projects.		

Activities	Inputs		Important Assumption
	The Japanese Side	The Paraguay Side	
1-1: Conduct an evaluation of AEP's existing technical methods and tools and make recommendations for future planning.	- Short-term experts (Data utilization planning, Satellite development/testing, Data utilization in disaster risk reduction/agriculture and livestock sector) - Training for Counterpart Personnel in Japan - Local cost for the activities	- Allocation of counterpart personnel - Coordination among ministries and organizations - Arrangements between projects with other development partners, etc. - Arrangements for providing necessary data - Office space for Japanese professionals - Local costs (maintenance costs for existing equipment not covered by JICA support, meeting preparation costs, operating costs required for the project, etc.)	
1-2: Develop enhancement plan based on a diagnosis of GEOLab, AEP.			Pre-Conditions
1-3: Provide hands-on training in satellite development, especially testing EM of Guaranisat2 (Plan A: enhancing facility and having tests at SPACELab, or Plan B: sending 2-staff and having tests at Kyutech).			
1-4: Provide training in satellite data and other processing and applications.			
1-5: Liaison between AEP and Japanese governmental institutions, universities, and private companies.			
2-1: Set up working groups consisting of AEP and related organizations to identify issues and implement pilot projects.			
2-2: Identify issues where space-related technologies can be effectively applied in the field of disaster risk reduction.			
2-3: Determine scope for applying space-related technologies to the issues and design pilot projects.			
2-4: Develop plan and procure equipment (hardware and software) for satellite imagery and data collecting/processing.			
2-5: Train personnel in the use of tools, methods, and techniques for disaster risk reduction.			
2-6: Implement pilot projects with Working Group and existing agreements with academia and other governmental and non-governmental organizations.			
2-7: Publish results of pilot projects locally and internationally.			
3-1: Set up working groups consisting of AEP and related organizations to identify issues and implement pilot projects.			
3-2: Identify issues where space-related technologies can be effectively applied in the agriculture and livestock sector.			
3-3: Determine scope for applying space-related technologies to the issues and Design pilot projects.			
3-4: Develop plan and procure equipment (hardware and software) for satellite imagery and data collecting/processing.			
3-5: Train personnel in the use of tools, methods, and techniques to improve productivity and quality in agriculture and livestock sector.			
3-6: Implement pilot projects with Working Group and existing agreements with academia and other governmental and non-governmental organizations.			
3-7: Publish results of pilot projects locally and internationally.			

Project Design Matrix (PDM)

Project Title: Project for Management of Space Programs applied to the Socioeconomic Development
Implementing Agency: Paraguayan Space Agency
Target Group: Personnel of AEP and related institutions(AEP)
Period of Project: October 2023 - September 2025 (2 years)
Project Site: Asuncion

2.0
Dated: April 25, 2024

Narrative Summary	Objectively Verifiable Indicators	Means of Verification	Important Assumption	Achievement	Remarks
Overall Goal (realises 3 years after project) Contribute to the development of national skills in the space sector and strengthen the country's social, economic, scientific and technological development	1. # of projects utilizing space related technology in public and private sector 2. # of public data based on geospatial information 3. # of users of data provided	- Government Statistics - Report from AEP and/or other institutions	Mechanism of data provision for governmental statistics or decision-making process is well established.		
Project Purpose (realises at the end of the project) The ability to utilize space-related technologies in Paraguay is strengthened and geospatially informed decision-making is promoted.	1. # of interagency projects in which AEP was involved 2. # of value-added satellite data products in and beside pilot projects by GEOLab, AEP 3. # of Paraguayan staff have training programs in Japan and Paraguay	Government Statistics, Project Report			
Outputs (Key components of the project) Output1: Human resources and infrastructure for AEP upstream and downstream will be strengthened. Output2: AEP and related agencies implement pilot projects to improve capacity for analyzing disaster risk and preventing and responding to natural disasters. Output3: AEP and related agencies implement pilot projects to improve capacity for management of agriculture and livestock information related to productivity and quality.	1-1. # of trained persons considering gender balance 1-2. # of seminars and workshops 1-3. satisfaction of seminars and workshops Same as 1-1, 1-2, 1-3 # of PoC, # of practical plans from activity, # of papers and reports related to activity Same as 1-1, 1-2, 1-3 # of PoC, # of practical plans from activity, # of papers and reports related to activity	Project Report Project Report Project Report Project Report Project Report Project Report	- Counterpart personnel is continuously secured properly - Other institutions, such as government and universities accept involvement of pilot projects.		

Activities	Inputs		Important Assumption
	The Japanese Side	The Paraguay Side	
1-1: Conduct an evaluation of AEP's existing technical methods and tools and make recommendations for future planning.	- Short-term experts (Data utilization planning, Satellite development/testing, Data utilization in disaster risk reduction/agriculture and livestock sector) - Training for Counterpart Personnel in Japan - Local cost for the activities	- Allocation of counterpart personnel - Coordination among ministries and organizations - Arrangements between projects with other development partners, etc. - Arrangements for providing necessary data - Office space for Japanese professionals - Local costs (maintenance costs for existing equipment not covered by JICA support, meeting preparation costs, operating costs required for the project, etc.)	
1-2: Develop enhancement plan based on a diagnosis of GEOLab, AEP. 1-3: Provide 6-month hands-on training in satellite development, including testing EM of GuaraniSat-2 at Kyutech between October 2024 and March 2025. 1-4. Provide training in satellite data and other processing and applications. 1-5. Liaison between AEP and Japanese governmental institutions, universities, and private companies. 2-1: Set up working groups consisting of AEP and related organizations to identify issues and implement pilot projects.			Pre-Conditions
2-2: Identify issues where space-related technologies can be effectively applied in the field of disaster risk reduction. 2-3. Determine scope for applying space-related technologies to the issues and design pilot projects. 2-4. Develop plan and procure equipment (hardware and software) for satellite imagery and data collecting/processing. 2-5. Train personnel in the use of tools, methods, and techniques for disaster risk reduction. 2-6. Implement pilot projects with Working Group and existing agreements with academia and other governmental and non-governmental organizations. 2-7. Publish results of pilot projects locally and internationally.			
3-1: Set up working groups consisting of AEP and related organizations to identify issues and implement pilot projects. 3-2: Identify issues where space-related technologies can be effectively applied in the agriculture and livestock sector.			
3-3. Determine scope for applying space-related technologies to the issues and Design pilot projects. 3-4. Develop plan and procure equipment (hardware and software) for satellite imagery and data collecting/processing. 3-5. Train personnel in the use of tools, methods, and techniques to improve productivity and quality in agriculture and livestock sector.			
3-6. Implement pilot projects with Working Group and existing agreements with academia and other governmental and non-governmental organizations. 3-7. Publish results of pilot projects locally and internationally.			

別添3-4 (Annex 3-4): PDM ver. 2.1

Project Design Matrix (PDM)

Project Title: Project for Management of Space Programs applied to the Socioeconomic Development
Implementing Agency: Paraguayan Space Agency
Target Group: Personnel of AEP and related institutions(AEP)
Period of Project: October 2023 - September 2025 (2 years)

2.1
Dated: September 12, 2025

Project Site: Asuncion					
Narrative Summary	Objectively Verifiable Indicators	Means of Verification	Important Assumption	Achievement	Remarks
Overall Goal (realises 3 years after project) Contribute to the development of national skills in the space sector and strengthen the country's social, economic, scientific and technological development	1. # of projects utilizing space related technology in public and private sector 2. # of public data based on geospatial information 3. # of users of data provided	- Government Statistics - Report from AEP and/or other institutions	Mechanism of data provision for governmental statistics or decision-making process is well established.	Action Plan was established based on the results of the Project.	Action Plan was established at the Final JCC Meeting.
Project Purpose (realises at the end of the project) The ability to utilize space-related technologies in Paraguay is strengthened and geospatially informed decision-making is promoted.	1. # of interagency projects in which AEP was involved 2. # of value-added satellite data products in and beside pilot projects by GEOLab, AEP 3. # of Paraguayan staff have training programs in Japan and Paraguay	Government Statistics, Project Report		AEP Colleagues and JICA Consultant achieved the Project Purpose through all Outputs and Activities.	None
Outputs (Key components of the project) Output1: Human resources and infrastructure for AEP upstream and downstream will be strengthened. Output2: AEP and related agencies implement pilot projects to improve capacity for analyzing disaster risk and preventing and responding to natural disasters. Output3: AEP and related agencies implement pilot projects to improve capacity for management of agriculture and livestock information related to productivity and quality of products.	1-1. # of trained persons considering gender balance 1-2. # of seminars and workshops 1-3. satisfaction of seminars and workshops Same as 1-1, 1-2, 1-3 # of PoC, # of practical plans from activity, # of papers and reports related to activity Same as 1-1, 1-2, 1-3 # of PoC, # of practical plans from activity, # of papers and reports related to activity	Project Report Project Report Project Report Project Report Project Report Project Report	- Counterpart personnel is continuously secured properly - Other institutions, such as government and universities accept involvement of pilot projects.	Output 1: All KCCPs were conducted, and Space Strategic Plan was designed. Output 2: Created Flood Hazard Map and released Manual Output 3: Soybean growth monitoring were conducted with creation of maps, and released Manual	None

Activities	Inputs		Important Assumption
	The Japanese Side	The Paraguay Side	
1-1: Conduct an evaluation of AEP's existing technical methods and tools and make recommendations for future planning. 1-2: Develop enhancement plan based on a diagnosis of GEOLab, AEP. 1-3: Provide 6-month hands-on training in satellite development, including testing EM of GuaraniSat-2 at Kyutech between October 2024 and May 2025. 1-4. Provide training in satellite data and other processing and applications. 1-5. Liaison between AEP and Japanese governmental institutions, universities, and private companies. 2-1: Set up working groups consisting of AEP and related organizations to identify issues and implement pilot projects. 2-2: Identify issues where space-related technologies can be effectively applied in the field of disaster risk reduction. 2-3. Determine scope for applying space-related technologies to the issues and design pilot projects. 2-4. Develop plan and procure equipment (hardware and software) for satellite imagery and data collecting/processing. 2-5. Train personnel in the use of tools, methods, and techniques for disaster risk reduction. 2-6. Implement pilot projects with Working Group and existing agreements with academia and other governmental and non-governmental organizations. 2-7. Publish results of pilot projects locally and internationally. 3-1: Set up working groups consisting of AEP and related organizations to identify issues and implement pilot projects. 3-2: Identify issues where space-related technologies can be effectively applied in the agriculture and livestock sector. 3-3. Determine scope for applying space-related technologies to the issues and Design pilot projects. 3-4. Develop plan and procure equipment (hardware and software) for satellite imagery and data collecting/processing. 3-5. Train personnel in the use of tools, methods, and techniques to improve productivity and quality in agriculture and livestock sector. 3-6. Implement pilot projects with Working Group and existing agreements with academia and other governmental and non-governmental organizations. 3-7. Publish results of pilot projects locally and internationally.	- Short-term experts (Data utilization planning, Satellite development/testing, Data utilization in disaster risk reduction/agriculture and livestock sector) - Training for Counterpart Personnel in Japan - Local cost for the activities	- Allocation of counterpart personnel - Coordination among ministries and organizations - Arrangements between projects with other development partners, etc. - Arrangements for providing necessary data - Office space for Japanese professionals - Local costs (maintenance costs for existing equipment not covered by JICA support, meeting preparation costs, operating costs required for the project, etc.)	Pre-Conditions 

MANUAL METODOLÓGICO DE **MANEJO DE DESASTRES**

Proyecto de Gestión de Programa Espacial
Aplicado al Desarrollo Socioeconómico

2025

AUTORIDAD DE LA AGENCIA ESPACIAL DEL PARAGUAY

Osvaldo Almirón Riveros, Ministro - Presidente de la Agencia Espacial del Paraguay

EQUIPO TÉCNICO DEL GEOLAB

Alejandro Román, Director General de Ejecución y Desarrollo Aeroespacial

Thanya Idoyaga, Jefa del Departamento de Monitoreo y Alerta

Rodrigo Fleytas, Jefe del Departamento de Teledetección

Rebeca Cristaldo, Analista de Sistemas de Información Geográfica

Juniors Sosa, Analista de Sistemas de Información Geográfica - DISERGEMIL

Verónica Cano, Analista de Sistemas de Información Geográfica

Analia Del Pozo, Analista de Sistemas de Información Geográfica

Lourdes Cristaldo, Analista de Sistemas de Información Geográfica

EQUIPO DE COOPERACIÓN TÉCNICA

Nakamura Shinsaku, Japan Space Systems

Sato Kei, PASCO Corporation

Kobayashi Yoshinori, Japan Space Forum

Kimura Atsushi, PASCO Corporation

Koga Akie, PASCO Corporation

CON EL APOYO DE EXPERTOS EN HIDROLOGÍA

Nakamura Kazuhiro, CTI Engineering International

Fujita Daisuke, CTI Engineering International

ELABORACIÓN Y DISEÑO DEL MANUAL

Thanya Idoyaga, Jefa del Departamento de Monitoreo y Alerta

Verónica Cano, Analista de Sistemas de Información Geográfica

COLABORADORES

Joaquina Mauger, Analista de Sistemas de Información Geográfica

REVISIÓN

Lourdes Cristaldo, Analista de Sistemas de Información Geográfica

Ana Paula Insfran, Analista de Sistemas de Información Geográfica

ÍNDICE DE CONTENIDO

Lista de Figuras	4
Lista de Tablas	5
Introducción	6
Antecedentes	8
Objetivos	10
Conceptos	11
Materiales y Métodos	14
↳ Diagnóstico inicial	14
↳ Creación de capacidades	21
↳ Software y modelo hidráulico utilizado	23
↳ Datos utilizados	26
↳ Preparación de datos hidrológicos	28
↳ Ejecución de simulaciones	36
Resultados	39
Conclusión	47
Anexos	48
↳ Procedimiento de desarrollo del Modelo por iRIC Nays2D_Flood.	48
↳ Análisis Geoespacial del Modelo Hidráulico en ArcGIS Pro	99
Referencias	109

LISTA DE FIGURAS

• Figura 1. Conformación de la mesa de trabajo interinstitucional.	9
• Figura 2. Mapa de Ubicación de los Bañados Norte y Sur.	16
• Figura 3. Mosaico del Modelo Digital de Elevación (DEM) de Paraguay, generado por el GEOLab a partir de ALOS PALSAR (resolución espacial: 12,5 m).	19
• Figura 4. Participantes de la capacitación virtual sobre modelación hidráulica con iRIC/Nays2DFlood	21
• Figura 5. Participantes por institución en la capacitación virtual (2024).	21
• Figura 6. Procedimiento para el desarrollo del modelo Nays2D_Flood en iRIC.	25
• Figura 7. Nivel máximo histórico del Río Paraguay.	27
• Figura 8. Caudal del Río en Asunción según la Estación ANNP.	27
• Figura 9. Precipitación y nivel del agua sobre 5.5 m en el Puerto de Asunción ANNP.	27
• Figura 10. Conversión de datos de precipitación a caudal.	29
• Figura 11. Río Paraguay en la Cuenca del Río de la Plata.	30
• Figura 12. Ejemplo de precipitación.	30
• Figura 13. Nivel del agua en Asunción ANNP (1982-1983).	31
• Figura 14. Nivel del agua en Asunción (15/05-14/06 de 1983).	31
• Figura 15. Modelo hietográfico de Asunción ANNP (22/12/1997).	32
• Figura 16. Escala visual de peligro de inundación según la altura del agua.	40
• Figura 17: Mapa de peligro de inundación fluvial – Bañado Sur.	45
• Figura 18: Mapa de peligro de inundación fluvial – Bañado Norte.	45
• Figura 19: Mapa de peligro de inundación pluvial – Bañado Sur.	46
• Figura 20: Mapa de peligro de inundación pluvial – Bañado Norte.	46

LISTA DE TABLAS

• Tabla 1. Fuentes de datos iniciales utilizados en el diagnóstico	18
• Tabla 2. Modalidad y número de participantes	21
• Tabla 3. Cronograma y contenidos de la capacitación virtual (2024).	22
• Tabla 4. Comparación de modelos hidráulicos.	24
• Tabla 5. Coeficientes de rugosidad (Manning's n) propuestos por el USACE-HEC-RAS para cálculos 2D.	35
• Tabla 6. Parámetros de la simulación fluvial.	36
• Tabla 7. Parámetros de la simulación pluvial.	37
• Tabla 8. Comparación entre simulación fluvial y pluvial	38
• Tabla 9. Interpretación de la paleta de colores por nivel de peligro de inundación.	40

1. INTRODUCCIÓN

El “Proyecto de Gestión del Programa Espacial Aplicado al Desarrollo Socioeconómico” fue una iniciativa conjunta entre la Agencia Espacial del Paraguay (AEP) y la Agencia de Cooperación Internacional de Japón (JICA). Su propósito consistió en potenciar el uso de tecnologías espaciales para fortalecer un desarrollo socioeconómico sostenible en Paraguay. El proyecto se orientó a la aplicación de estas capacidades en sectores estratégicos como la agricultura y la gestión de desastres, con la intención de generar aportes técnicos y metodológicos de valor para el país.

En este marco se ejecutó el “Proyecto Piloto de Manejo de Desastres para el Bañado Norte y Bañado Sur” en Asunción, concebido como una experiencia práctica que permitió demostrar la utilidad de la información espacial y del modelado hidráulico en la gestión del riesgo. Este piloto buscó generar insumos técnicos que sirvieran de apoyo a la planificación territorial y a la toma de decisiones frente a escenarios de inundación.

La implementación estuvo a cargo del Laboratorio de Observación de la Tierra y SIG – GEOLab de la Agencia Espacial del Paraguay, que lideró un proceso de cooperación interinstitucional con organismos públicos, técnicos y académicos. Este esquema de trabajo facilitó la articulación de capacidades y el desarrollo de metodologías aplicadas al análisis del riesgo, integrando información topográfica, hidrológica y registros históricos de caudales y precipitaciones.



Foto: Paraguaype



Uno de los ejes centrales fue la capacitación de profesionales paraguayos, impartida por expertos japoneses con amplia experiencia en modelado hidráulico y gestión de datos espaciales. Estas instancias de formación fortalecieron las competencias técnicas locales y favorecieron la transferencia de conocimiento, asegurando que las metodologías y procedimientos aplicados quedaran instalados en el país.

Entre los principales resultados se destacan la conformación de una mesa de trabajo interinstitucional como espacio de coordinación, la elaboración de mapas de peligro para las zonas estudiadas y la preparación de un manual metodológico que documenta de manera sistemática los procedimientos utilizados. Este último constituye un instrumento clave, concebido para preservar y difundir el conocimiento generado, de modo que pueda ser replicado en otros territorios y aprovechado por diferentes actores nacionales.

El proyecto piloto dejó instalado un conjunto de herramientas técnicas, capacidades profesionales y documentación metodológica que hoy conforman un recurso estratégico para la gestión del riesgo en Paraguay. Si bien no representa una solución inmediata a los problemas de inundación, sí establece una base sólida sobre la cual se pueden desarrollar nuevos análisis y acciones, asegurando que la experiencia y el conocimiento adquiridos permanezcan disponibles para su uso futuro.

2. ANTECEDENTES

El presente proyecto se desarrolla en el marco del Programa de Gestión Espacial Aplicado al Desarrollo Socioeconómico (JICA-AEP), una iniciativa conjunta entre la Agencia Espacial del Paraguay (AEP) y la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). Este programa tiene como propósito aplicar tecnologías espaciales y geoespaciales en beneficio del desarrollo sostenible del país, promoviendo la innovación tecnológica y la creación de capacidades locales.

La alianza entre la AEP y JICA constituye un hito histórico, pues dio origen al primer programa de cooperación internacional en el sector espacial de América Latina, y al segundo a nivel mundial liderado por JICA. Este hecho refleja la confianza depositada en Paraguay para posicionarse como referente en la región, impulsando proyectos que integran el uso de datos satelitales con la gestión territorial y el desarrollo socioeconómico.



La cooperación se basa en tres ejes estratégicos:

- Convertir a Paraguay en un HUB regional en el desarrollo de nanosatélites y pruebas ambientales.
- Ampliar el uso de datos satelitales en sectores como la agricultura y la gestión de desastres.
- Fortalecer capacidades nacionales, garantizando la transferencia de conocimientos técnicos hacia instituciones locales.

Para llevar adelante estos ejes estratégicos, la AEP creó dos laboratorios que constituyen las líneas de desarrollo institucional:



Paraguay al espacio

Enfocado en la ingeniería de sistemas espaciales, con actividades orientadas al diseño, desarrollo y pruebas de nanosatélites. Su objetivo es posicionar a Paraguay en el mapa regional de la tecnología satelital.



Paraguay desde el espacio

Orientado a la observación de la Tierra y a la aplicación de datos satelitales para el monitoreo territorial. Constituye la base técnica para proyectos de aplicación de tecnología espacial.

Dentro del Programa de Gestión Espacial Aplicado al Desarrollo Socioeconómico JICA-AEP se definieron dos proyectos pilotos:

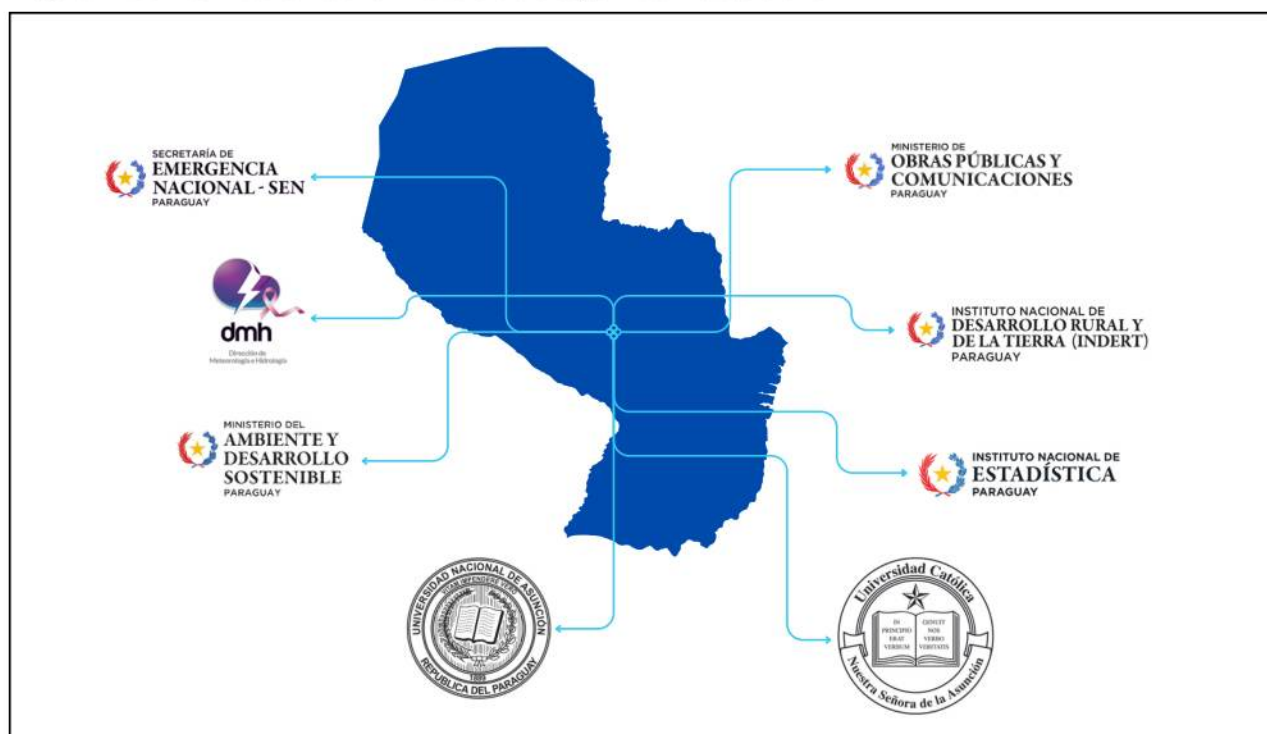
1. Proyecto piloto para la Agricultura: Aplicación de tecnologías satelitales para el monitoreo del desarrollo fenológico de cultivos estratégicos, como la soja en Caaguazú, mediante el análisis de índices NDVI históricos y actuales.
2. Proyecto piloto para el Manejo de Desastres: Implementación de simulaciones hidráulicas y generación de mapas de peligro de inundación en los Bañados Norte y Sur de Asunción, integrando metodologías de modelado fluvial y pluvial, así como procesos de capacitación interinstitucional.

Ambos proyectos no solo produjeron resultados aplicables en sus áreas específicas, sino que también dejaron como legado manuales metodológicos replicables, consolidando así la capacidad nacional para dar continuidad a estas iniciativas.

Como parte del proyecto piloto para el manejo de desastres se elaboró el presente manual, concebido como un documento metodológico de referencia. Asimismo, en este mismo marco se conformó la mesa de trabajo interinstitucional, espacio para la coordinación de datos, la capacitación técnica y la articulación entre instituciones nacionales.

La mesa de trabajo interinstitucional se conformó con la participación de entidades públicas, académicas y técnicas como se observa en la Figura 1, que aportaron información para la construcción de los modelos y el diseño de estrategias de gestión del riesgo. Este espacio permitió coordinar esfuerzos, compartir conocimientos y establecer una red de colaboración que trasciende el marco de este proyecto.

Figura 1. Conformación de la mesa de trabajo interinstitucional.



Fuente: elaboración propia (2025).

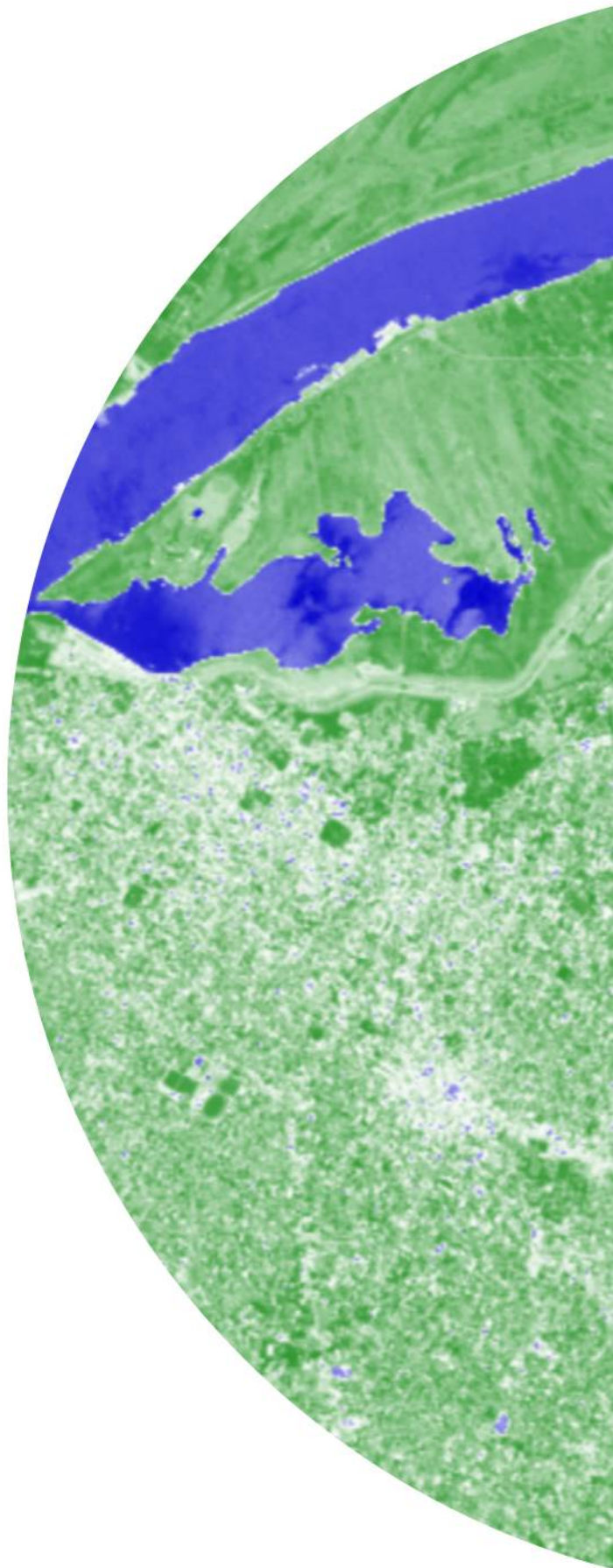
3. OBJETIVOS

GENERAL

Contribuir al desarrollo de habilidades nacionales en el sector espacial y fortalecer el desarrollo social, económico, científico y tecnológico del país.

ESPECÍFICOS

- 1 Establecer un Grupo de Trabajo compuesto por la Agencia Espacial del Paraguay e instituciones y organizaciones relacionadas para identificar problemas e implementar el proyecto piloto de manejo de desastres para las zonas de Bañado Norte y Bañado Sur en Asunción.
- 2 Capacitar a los colaboradores de la Agencia Espacial del Paraguay e instituciones y organizaciones relacionadas en el uso de datos interinstitucionales, herramientas, metodologías y técnicas para la reducción del riesgo de desastres.
- 3 Simular escenarios de inundación utilizando el software iRIC Nays2dFlood para las zonas de Bañado Norte y Bañado Sur en Asunción
- 4 Publicar los resultados de los proyectos piloto a nivel local e internacional..



4. CONCEPTOS

Riesgo: la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias sean negativas (United Nations International Strategy for Disaster Reduction, 2009).

Amenaza: se define como la probabilidad de ocurrencia de un evento detonador o desencadenante. Estos eventos detonadores son tanto de origen natural, por ejemplo, lluvias, tormentas, erupciones volcánicas o sismos, como de origen antrópico (Herzer et al., 2002)

Peligro: Factor inherente al proceso que puede generar interrupciones o provocar daños a personas o bienes (Raffino, 2021).

Vulnerabilidad: Es el factor interno de una comunidad o sistema. Comprende las características de la sociedad de sufrir un daño o pérdida grave en caso que se concrete una amenaza (Renda et al., 2017).

Desastres: entendidos en un sentido amplio como procesos o eventos con resultados o efectos de connotación negativa que, sobre cierto umbral económico-social y/o de percepción, afectan parte o la totalidad del medio ambiente natural o del construido y su funcionalidad (Ferrando, 2003).

Gestión de riesgo: es el enfoque y la práctica sistemática de gestionar la incertidumbre para minimizar los daños y las pérdidas potenciales. Abarca la evaluación y el análisis del riesgo, al igual que la ejecución de estrategias y de acciones específicas para controlar, reducir y transferir el riesgo (United Nations International Strategy for Disaster Reduction, 2009).

Reducción de Riesgos de Desastres: es la práctica de reducir el riesgo de desastres mediante esfuerzos sistemáticos dirigidos al análisis y a la gestión de los factores causales de los desastres, lo que incluye la reducción del grado de exposición a las amenazas, la disminución de la vulnerabilidad de la población y la propiedad, una gestión sensata de los suelos y del medio ambiente, y el mejoramiento de la preparación ante los eventos adversos (United Nations International Strategy for Disaster Reduction, 2009).

Zonificación de Riesgo: es el un conjunto de herramientas que permiten identificar y categorizar el riesgo latente de una unidad de análisis, en base a criterios que permitan determinar y priorizar acciones para la reducción del riesgo (Arana, 2014).

Hietograma: es una representación gráfica, en la cual se plasma la variación o intensidad de la precipitación con respecto al tiempo y se representa por medio de diagramas de barras (Avila, 2022).

Hidrograma: un gráfico de la descarga de precipitación en un cuerpo de agua trazado cronológicamente contra el tiempo. Consiste en el flujo de las tres fases del escurrimiento: escurrimiento superficial, flujo intermedio y flujo base (Subramanya, 2013).

Inundaciones Fluviales: inundación fluvial es un fenómeno causado cuando el nivel del agua de un río aumenta, superando la cota de coronación de las bandas fluviales y desbordándose en las tierras circundantes, conocidas como llanuras aluviales, normalmente a causa de un exceso de lluvia o de deshielo (Leandro et al. 2010 citado por United Nations, s.f.).

Inundaciones Pluviales: es un fenómeno causado por precipitaciones intensas que supera la capacidad de drenaje y puede ocasionar potenciales impactos sobre las viviendas e infraestructuras urbanas, así como daños indirectos, como retenciones en carreteras, interrupción de los servicios básicos (agua, luz y gas) o pérdidas económicas debido a alteraciones en el comercio e industria (Ihobe, 2022).

Teledetección: Chuvieco (2008), define la teledetección como aquella técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores aéreos o espaciales.

El término teledetección es una traducción del inglés “remote sensing”, y se refiere no sólo a la captación de datos desde el aire o desde el espacio sino también a su posterior tratamiento (Ormeño, 2006; Chuvieco, 1995).

Sistema de Información Geográfica (SIG): un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos (Van Humboldt, 2006).

Imágenes satelitales: son datos recogidos por sensores en plataformas de satélites, normalmente de la Tierra. Las imágenes de satélite suelen constar de varias longitudes ondas representadas de bandas. (Environmental Systems Research Institute, 2025).

Mapa de Peligros: representan los peligros de los fenómenos de un lugar específico. Incorporan información tanto de la distribución espacial del riesgo como de la probabilidad de que ocurra ese riesgo en un periodo de tiempo (Aliaga, 2016).

ArcGIS PRO: ArcGIS Pro es una aplicación de escritorio basada en 'cintas' que permite almacenar múltiples elementos, como mapas, layouts, tablas, gráficos y escenas, en un solo proyecto y trabajar con ellos según sea necesario (Environmental Systems Research Institute, 2022).

Análisis Geoespacial: se refiere a aquellas ramas de análisis de datos en los que la referencia geográfica de los objetos contiene información importante. Requiere establecer supuestos o sacar conclusiones sobre los datos que describen las relaciones espaciales o las interacciones espaciales entre casos (Goodchild y Haining, 2005).

iRIC: el software de International River Interface Cooperative es una plataforma gratuita de simulación numérica que soporta una amplia variedad de solucionadores computacionales para problemas en ciencias e ingeniería del agua (iRIC, s.f.).

Nays2DFlood: es un solucionador de flujos de inundación que permite al usuario establecer fácilmente las condiciones de entrada de un número arbitrario de ríos de entrada que ingresan desde el extremo superior o los lados de un complejo río/llanura de inundación (iRIC, s.f.).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Diagnóstico Inicial

El diagnóstico inicial constituyó el punto de partida del proyecto, orientado a evaluar las condiciones institucionales, técnicas y sociales vinculadas a la gestión del riesgo de inundaciones en Asunción. Esta etapa permitió identificar brechas de información, capacidades técnicas disponibles y prioridades estratégicas, garantizando que las siguientes fases del proyecto se basaran en un entendimiento compartido de la problemática.

5.1.1. Identificación de necesidades institucionales

Se efectuó un relevamiento institucional con el objetivo de conocer el grado de preparación de las entidades responsables de la gestión de riesgos y desastres. Entre los principales hallazgos se destacan:

a) Disponibilidad de recursos técnicos y humanos

- La Agencia Espacial del Paraguay (AEP), la Secretaría de Emergencia Nacional (SEN) y otras instituciones de la mesa de trabajo cuentan con equipos técnicos, aunque en número limitado.
- Se evidenció la necesidad de ampliar los recursos humanos disponibles para monitoreo y modelación de inundaciones, así como de mejorar la dotación de equipamiento informático para ejecutar simulaciones complejas.

b) Requerimiento de herramientas de análisis

- Las instituciones manifestaron limitaciones en el acceso y uso de modelos hidráulicos y de sistemas de información geográfica (SIG).
- Se señaló la importancia de disponer de plataformas que integren datos hidrológicos, topográficos y de infraestructura, de modo a apoyar tanto la simulación de escenarios como la toma de decisiones en tiempo real durante emergencias.

c) Capacitación y fortalecimiento institucional:

- Los actores coincidieron en la necesidad de formación continua en el uso de software de modelación (como iRIC/Nays2DFlood) y de análisis espacial.
- Se resaltó la importancia de desarrollar competencias en la interpretación de resultados, con el fin de que la información técnica pueda transformarse en insumos prácticos para planes de gestión, políticas públicas y estrategias comunitarias de respuesta.

d) Ausencia de una institución líder en cartografía de peligros de inundación:

- Uno de los hallazgos más relevantes del diagnóstico fue constatar que actualmente ninguna institución pública en Paraguay se encuentra específicamente encargada de producir mapas oficiales de peligro de inundación.
- Esta carencia representa una limitación significativa para la gestión integral del riesgo, ya que dificulta la disponibilidad de información homogénea, validada y accesible para la planificación urbana, la mitigación de desastres y la protección de comunidades vulnerables.
- Ante esta situación, el proyecto cobra aún mayor relevancia al aportar metodologías estandarizadas y resultados que pueden servir de referencia institucional.

5.1.2. Selección del área de estudio

La selección del área de estudio se realizó de manera participativa, en coordinación con las instituciones integrantes de la mesa de trabajo. A través de encuestas, reuniones y consultas técnicas se definieron las zonas prioritarias donde implementar el proyecto piloto.

a) Criterios de selección:

- Alta exposición a inundaciones recurrentes, tanto fluviales (por crecidas del río Paraguay) como pluviales (por lluvias intensas).
- Presencia de población vulnerable asentada en zonas de riesgo, muchas veces en condiciones de precariedad habitacional.
- Existencia de infraestructura crítica (caminos, servicios públicos, centros de salud y educativos) que puede verse seriamente afectada durante un evento de inundación.

b) Áreas seleccionadas:

- Se definieron como áreas de intervención los sectores de Bañado Norte y Bañado Sur de Asunción, que cumplen con todos los criterios mencionados.
- Estas zonas fueron identificadas como altamente prioritarias, debido a la magnitud de los impactos sociales y económicos que generan las inundaciones recurrentes y a la necesidad de contar con información actualizada para apoyar procesos de reubicación, mitigación y planificación urbana.

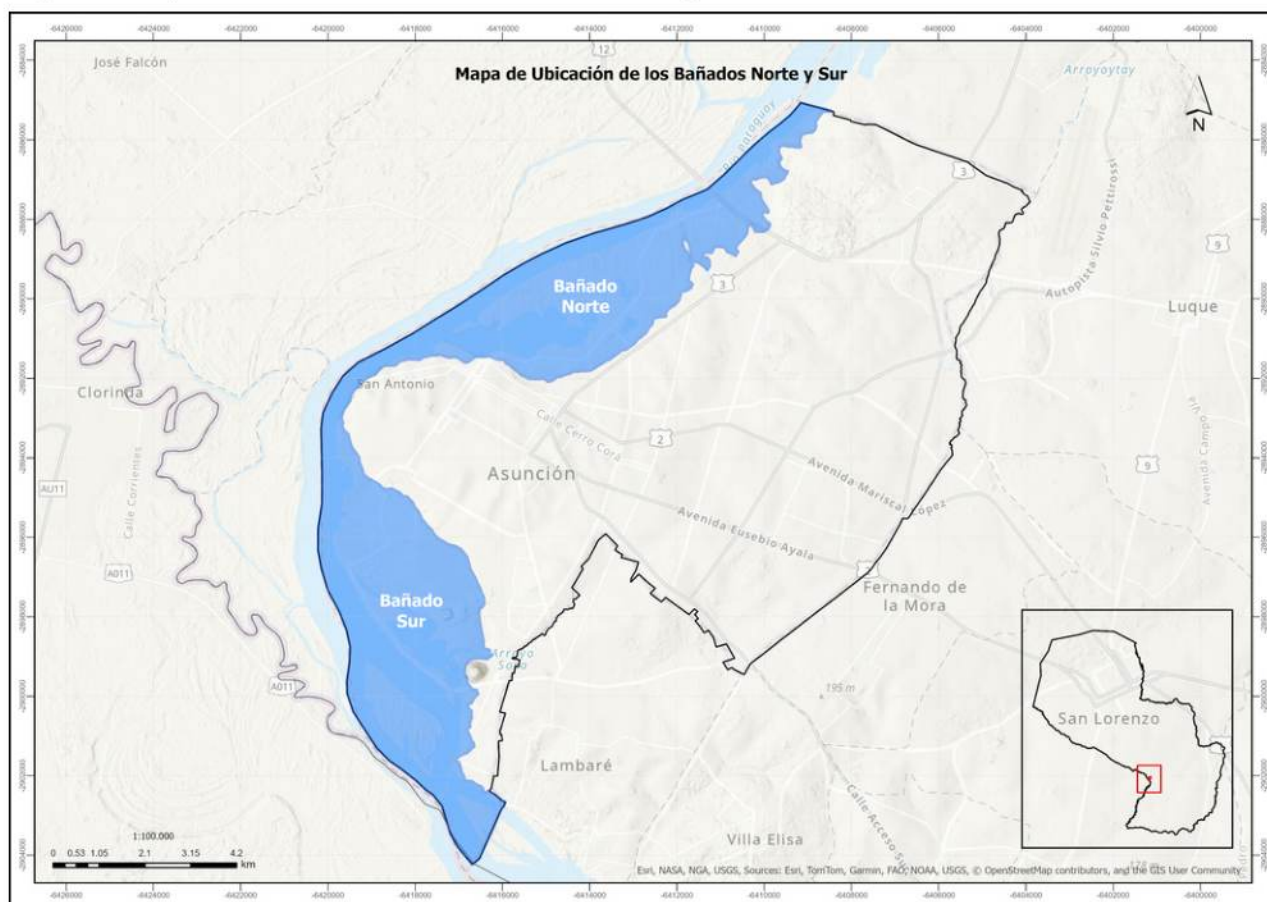
De esta forma, la selección del área de estudio respondió no solo a criterios técnicos, sino también a demandas expresas de las instituciones locales y de las comunidades directamente afectadas.

5.1.3. Ubicación del área de estudio

Los sectores de Bañado Norte y Bañado Sur se encuentran en la margen izquierda del río Paraguay, en el distrito capital de Asunción. Estas áreas forman parte de una extensa planicie aluvial caracterizada por baja altitud y elevada susceptibilidad a inundaciones. Históricamente, han funcionado como zonas naturales de expansión del río durante crecidas, acumulando agua en épocas de lluvias intensas.

La localización de los Bañados dentro de la trama urbana les otorga una particular relevancia: mientras que son áreas de alto valor ecológico y regulador en el sistema hídrico de Asunción, también concentran una elevada densidad poblacional asentada en condiciones de precariedad. Su posición geográfica, junto con la interacción de cursos de agua menores como arroyos urbanos, agrava la exposición tanto a inundaciones fluviales como pluviales. La Figura 2 ilustra la ubicación de los Bañados Norte y Sur, delimitando el área de estudio dentro del municipio de Asunción.

Figura 2. Mapa de Ubicación de los Bañados Norte y Sur.



Fuente: elaboración propia (2024).

5.1.4. Condiciones sociales y vulnerabilidad

Los Bañados constituyen uno de los espacios urbanos con mayores niveles de vulnerabilidad social del país. Gran parte de la población reside en viviendas de materiales precarios, muchas veces en asentamientos informales, con limitado acceso a servicios básicos como agua potable, alcantarillado sanitario, energía eléctrica y gestión adecuada de residuos.

Las inundaciones recurrentes afectan de manera sistemática a las familias, ocasionando la pérdida de enseres, daños en las viviendas y la necesidad de evacuaciones periódicas. A nivel económico, interrumpen medios de vida vinculados a la venta ambulante, la pesca artesanal y otras actividades informales. En términos sociales, generan procesos de desplazamiento temporario, fragmentación comunitaria y presión adicional sobre albergues y servicios públicos.

Otro factor clave es la presencia de infraestructura crítica, entre ellas: caminos de acceso, instituciones educativas, centros de salud y redes de servicios públicos. Estos elementos, al quedar anegados durante cada evento de crecida, aumentan la magnitud de los impactos y limitan las capacidades de respuesta.

5.1.5. Relevancia para el proyecto piloto

La elección de los Bañados Norte y Sur como área de estudio no solo responde a criterios técnicos de exposición al riesgo, sino también a su alto valor simbólico y representativo en la problemática de inundaciones en Paraguay. Son sectores donde convergen factores físicos, sociales y económicos que reflejan de manera clara los desafíos de la gestión del riesgo en entornos urbanos ribereños.

En este contexto, la implementación del proyecto piloto permitió:

- Aplicar modelos hidráulicos utilizando datos locales para simular escenarios de inundación fluvial y pluvial.
- Elaboración de mapas de peligro de inundación, con distintos niveles de profundidad y categorías de peligro.
- Producción de insumos cartográficos y metodológicos que puedan ser replicados en otras áreas del país.

Cabe señalar que el alcance del piloto no incluyó la validación en campo de los resultados obtenidos, debido a limitaciones de tiempo y recursos. Sin embargo, la metodología aplicada constituye un punto de partida sólido para futuros estudios más detallados y para la construcción de capacidades institucionales en Paraguay.

5.1.3. Recopilación de datos iniciales

Para caracterizar las condiciones físicas, hidrológicas y sociales del área de estudio, se desarrolló un proceso de recopilación y sistematización de información proveniente de diversas fuentes. Este trabajo fue esencial para garantizar la calidad de los insumos utilizados en la modelación hidráulica y en el análisis geoespacial posterior.

La recopilación incluyó datos topográficos, hidrológicos, de infraestructura y percepción comunitaria. Dichos insumos, presentados en la Tabla 1, constituyen la base técnica sobre la cual se configuraron los escenarios de inundación fluvial y pluvial.

Tabla 1. Fuentes de datos iniciales utilizados en el diagnóstico.

Fuente de información	Descripción	Periodo / Año	Institución que facilitó los datos
Modelo Digital de Elevación (DEM)	Imágenes satelitales ALOS PALSAR con resolución espacial de 12,5 m, procesadas por el GEOLab.	2011	GEOLab
Registros hidrológicos	Series históricas de nivel del río, caudal y precipitación diaria de la estación Asunción ANNP.	1960 - 2024	Dirección de Meteorología e Hidrología (DMH)
Infraestructura y servicios básicos	Cartografía digital de caminos, viviendas, servicios públicos e infraestructura crítica en zonas de riesgo.	2022	Instituto Nacional de Estadística (INE) / Humanitarian OSM
Percepción comunitaria	Talleres participativos y entrevistas con líderes locales para identificar experiencias y necesidades frente a inundaciones.	2024	Secretaría de Emergencia Nacional (SEN)

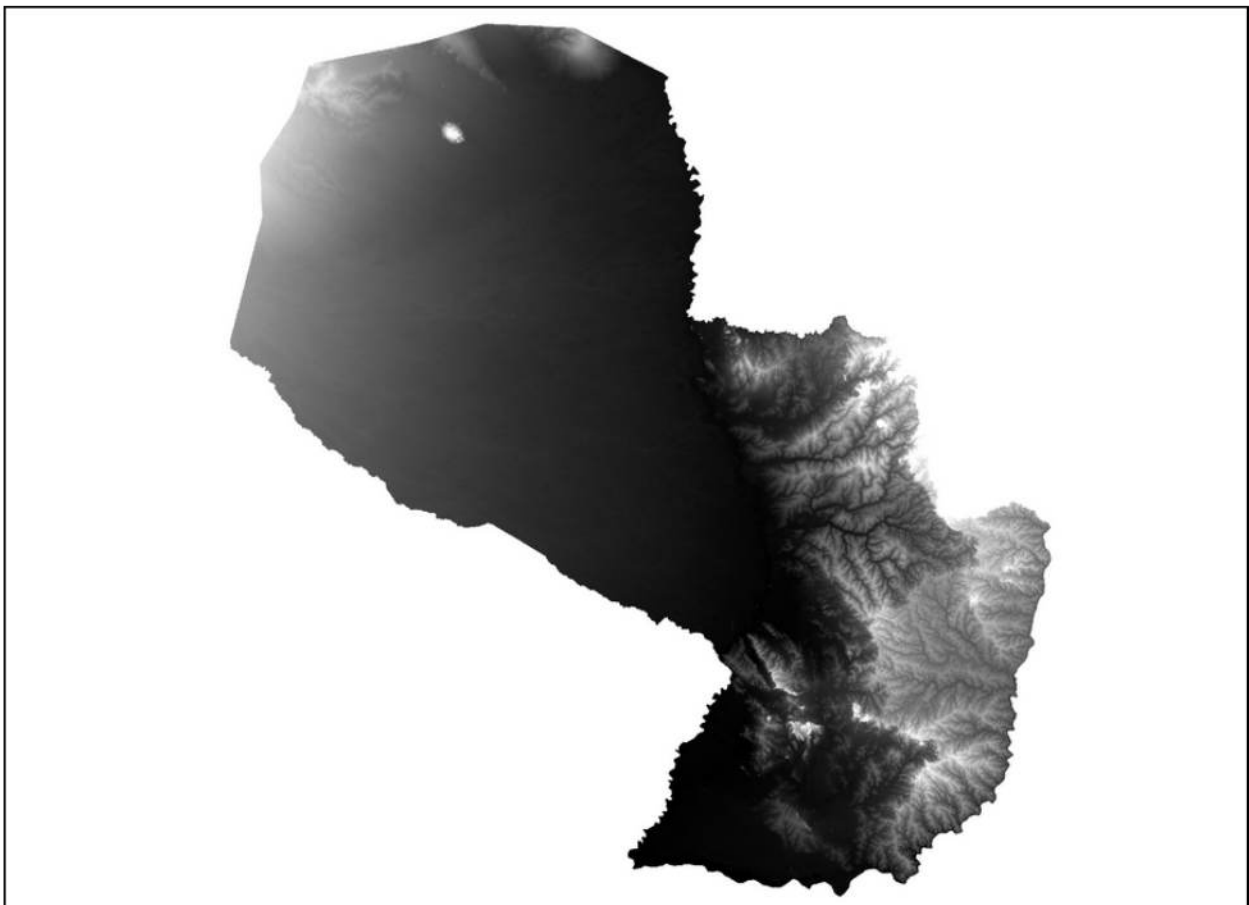
Fuente: elaboracion propia (2024).

La información presentada en la Tabla 1 se constituye en la base técnica para el desarrollo de las simulaciones y el análisis geoespacial. Cada conjunto de datos cumplió un rol específico en la construcción del modelo hidráulico que se detalla a continuación:

a) Modelo Digital de Elevación (DEM):

- El insumo fue generado a partir de imágenes ALOS PALSAR (sensor SAR de JAXA/METI), distribuidas por ASF DAAC (Alaska Satellite Facility) y procesadas por el GEOLab. Como resultado, se obtuvo un mosaico nacional con resolución espacial de 12,5 metros, que cubre todo el territorio paraguayo como se observa en la Figura 3.
- Este mosaico permite contar con una base homogénea y de alta resolución, que puede ser utilizada en futuros estudios de riesgo y facilita la replicación de la metodología en otras áreas del país.
- Para el caso particular del proyecto piloto, se utilizó únicamente una porción del mosaico correspondiente al área de estudio, con el fin de reducir el tiempo de cómputo del modelo y concentrar los análisis en la zona prioritaria. Esto garantizó que las simulaciones de inundación fluvial y pluvial reflejaran de manera adecuada las condiciones topográficas locales.
- El DEM permitió representar la morfología del terreno, identificar depresiones, planicies de inundación y pendientes, así como definir patrones de flujo y zonas de acumulación potencial de agua. Estos resultados constituyeron la base para la modelación hidráulica y el análisis geoespacial posterior.

Figura 3. Mosaico del Modelo Digital de Elevación (DEM) de Paraguay, generado por el GEOLab a partir de ALOS PALSAR (resolución espacial: 12,5 m).



Fuente: elaboracion propia (2024).

b) Registros hidrológicos:

- Se utilizaron series históricas de nivel del río, caudal y precipitación diaria correspondientes a la estación meteorológica Asunción ANNP, abarcando el período 1960–2024.
- Esta base de datos permitió analizar el comportamiento histórico de las inundaciones, incluyendo la identificación de máximos históricos (ejemplo: creciente de 1983).
- Los valores fueron empleados como condiciones de entrada en las simulaciones, posibilitando la construcción de escenarios fluviales y pluviales representativos de situaciones críticas.

c) Infraestructura y servicios básicos:

- A partir de cartografía digital del Instituto Nacional de Estadística (INE) y de la plataforma Humanitarian OSM (2022), se incorporó información sobre caminos, viviendas, centros de salud, escuelas y otras infraestructuras críticas.
- Estos datos permitieron identificar qué elementos de la infraestructura urbana y social se encuentran más expuestos a los diferentes niveles de inundación.
- La superposición de las capas de peligro con estas infraestructuras facilitó la generación de mapas de impacto directo sobre la población y los servicios básicos.

d) Percepción comunitaria:

- Se realizaron talleres y entrevistas con líderes locales en el año 2024, con el acompañamiento de la Secretaría de Emergencia Nacional (SEN).
- Esta información aportó una perspectiva cualitativa, permitiendo validar la experiencia de las comunidades frente a eventos pasados de inundación.
- La inclusión de este componente garantizó que el modelo no solo refleje datos físicos e hidrológicos, sino también las necesidades, prioridades y vulnerabilidades expresadas por la población afectada.

5.2. Creación de capacidades

Con el propósito de fortalecer las capacidades nacionales en la gestión del riesgo de inundaciones, se desarrolló una capacitación técnica dirigida al equipo del GEOLab y a representantes de diversas instituciones que integran la mesa de trabajo interinstitucional.

La actividad fue coordinada por PASCO Japón con el apoyo de CTI Engineering Co. Ltd., empresa japonesa de amplia experiencia en modelación hidráulica. Se realizó en modalidad virtual entre el 28 de octubre y el 19 de noviembre de 2024, en horario de 20:00 (Paraguay) y 08:00 (Japón), con un total de 38 participantes.

Figura 4. Participantes de la capacitación virtual sobre modelación hidráulica con iRIC/Nays2DFlood



a) Participación interinstitucional

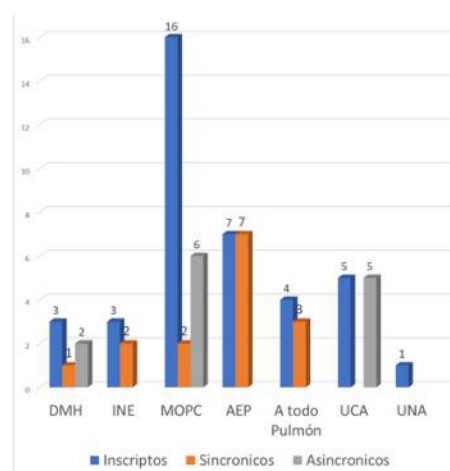
La capacitación se caracterizó por su enfoque interinstitucional, incorporando a entidades gubernamentales, académicas y de la sociedad civil. De los 38 participantes, 15 asistieron en modalidad sincrónica y 13 en modalidad asincrónica, mientras que el resto accedió mediante materiales complementarios que quedaron almacenados en la nube.

Tabla 2. Modalidad y número de participantes

Modalidad	Número de participantes	Porcentaje aproximado
Sincrónica	15	39%
Asincrónica	13	34%
Otros	10	27%
Total	38	100%

Fuente: elaboración propia (2024).

Figura 5. Participantes por institución en la capacitación virtual (2024).



Fuente: elaboración propia (2024).

b) Contenidos desarrollados

El programa de capacitación se diseñó con un enfoque progresivo, iniciando con conceptos básicos de análisis hidráulico e integrando gradualmente el uso del software iRIC/Nays2D Flood en condiciones reales de Paraguay, especialmente en los Bañados Norte y Sur. La siguiente tabla sintetiza la cronología de la capacitación:

Tabla 3. Cronograma y contenidos de la capacitación virtual (2024).

Día	Fecha Japón	Fecha Paraguay	Contenidos principales
1	29 de octubre	28 de octubre	Introducción a la gestión de inundaciones y fundamentos de análisis hidráulico
2	30 de octubre	29 de octubre	Uso de información satelital y DEM (SRTM, ALOS PALSAR)
3	31 de octubre	29 de octubre	Integración de datos climáticos (GSMP, ERA5) y cierre del primer módulo
4	6 de noviembre	5 de noviembre	Introducción al software iRIC y primeros ejercicios prácticos (con datos de Paraguay)
5	7 de noviembre	6 de noviembre	Ejecución de simulaciones básicas en iRIC (con datos de Paraguay)
6	8 de noviembre	7 de noviembre	Funciones complementarias de iRIC y validación preliminar de resultados
7	12 de noviembre	11 de noviembre	Análisis de escenarios de inundación fluvial con iRIC
8	13 de noviembre	12 de noviembre	Evaluación de medidas estructurales y efectos sobre el flujo
9	19 de noviembre	18 de noviembre	Presentación de resultados por los equipos participantes
10	20 de noviembre	19 de noviembre	Discusión de resultados, retroalimentación y cierre de la capacitación

Fuente: elaboración propia (2024).

c) Resultados de la capacitación

Más allá de la transferencia de conocimientos técnicos, el proceso constituyó un espacio común de aprendizaje que permitió articular a múltiples instituciones en torno al análisis de inundaciones. Este ejercicio reforzó la cooperación interinstitucional y sentó bases para el desarrollo de futuros proyectos de investigación y gestión del riesgo en el país.

5.3. Software y modelo hidráulico utilizado

El estudio de inundaciones puede abordarse desde dos perspectivas complementarias:

- Análisis hidrológico: busca estimar el escurrimiento generado por la precipitación en una cuenca, es decir, cuánta agua llega al cauce principal en función de la lluvia caída y de las características del terreno.
- Análisis hidráulico: se centra en cómo ese escurrimiento o caudal se propaga a través del río y las áreas aledañas, describiendo la profundidad, velocidad y extensión de la inundación sobre el terreno.

En este proyecto piloto se desarrolló únicamente el análisis hidráulico, debido a la disponibilidad de datos hidrométricos (niveles y caudales del río Paraguay registrados por la DMH) y a las limitaciones de tiempo para incorporar un modelo hidrológico completo. Sin embargo, se consideró importante explicar ambas perspectivas porque en futuros estudios podrían integrarse, logrando un enfoque más completo.

5.3.1. iRIC y el modelo Nays2DFlood

El software principal utilizado fue iRIC (International River Interface Cooperative), una plataforma gratuita que integra diferentes modelos hidráulicos y es ampliamente aplicada en estudios internacionales. Dentro de este entorno se seleccionó el modelo Nays2DFlood, diseñado para simular inundaciones en dos dimensiones (2D).

Este modelo resuelve las ecuaciones de flujo en superficie libre mediante volúmenes finitos, permitiendo analizar la propagación del agua a partir de condiciones de entrada como caudales y precipitaciones extremas. En el caso de los Bañados Norte y Sur, Nays2DFlood posibilitó:

- Representar la propagación del agua sobre planicies de inundación y áreas urbanas.
- Incorporar datos locales de caudales históricos, niveles de agua y topografía.
- Simular tanto la inundación fluvial (crecida del río Paraguay en 1983) como la pluvial (lluvia extrema de 1997).

La pertinencia de este modelo radica en su capacidad de trabajar con información disponible en Paraguay y en su gratuidad, lo que lo hace accesible para instituciones públicas y centros de investigación.

5.3.2. ArcGIS Pro como apoyo al modelado

El modelado hidráulico fue complementado con el uso de ArcGIS Pro, un software de análisis geoespacial que permitió procesar e integrar los resultados en mapas de peligro de inundación.

Su aplicación facilitó:

- La conversión de datos numéricos en productos cartográficos comprensibles.
- La clasificación de niveles de peligro en función de la profundidad del agua.
- La identificación de infraestructura crítica y zonas residenciales expuestas.
- La comunicación visual de resultados a instituciones y comunidades.

De este modo, iRIC/Nays2DFlood permitió realizar la simulación hidráulica y ArcGIS Pro transformó esas salidas en productos útiles para la gestión del riesgo.



5.3.3. Comparación con otros modelos

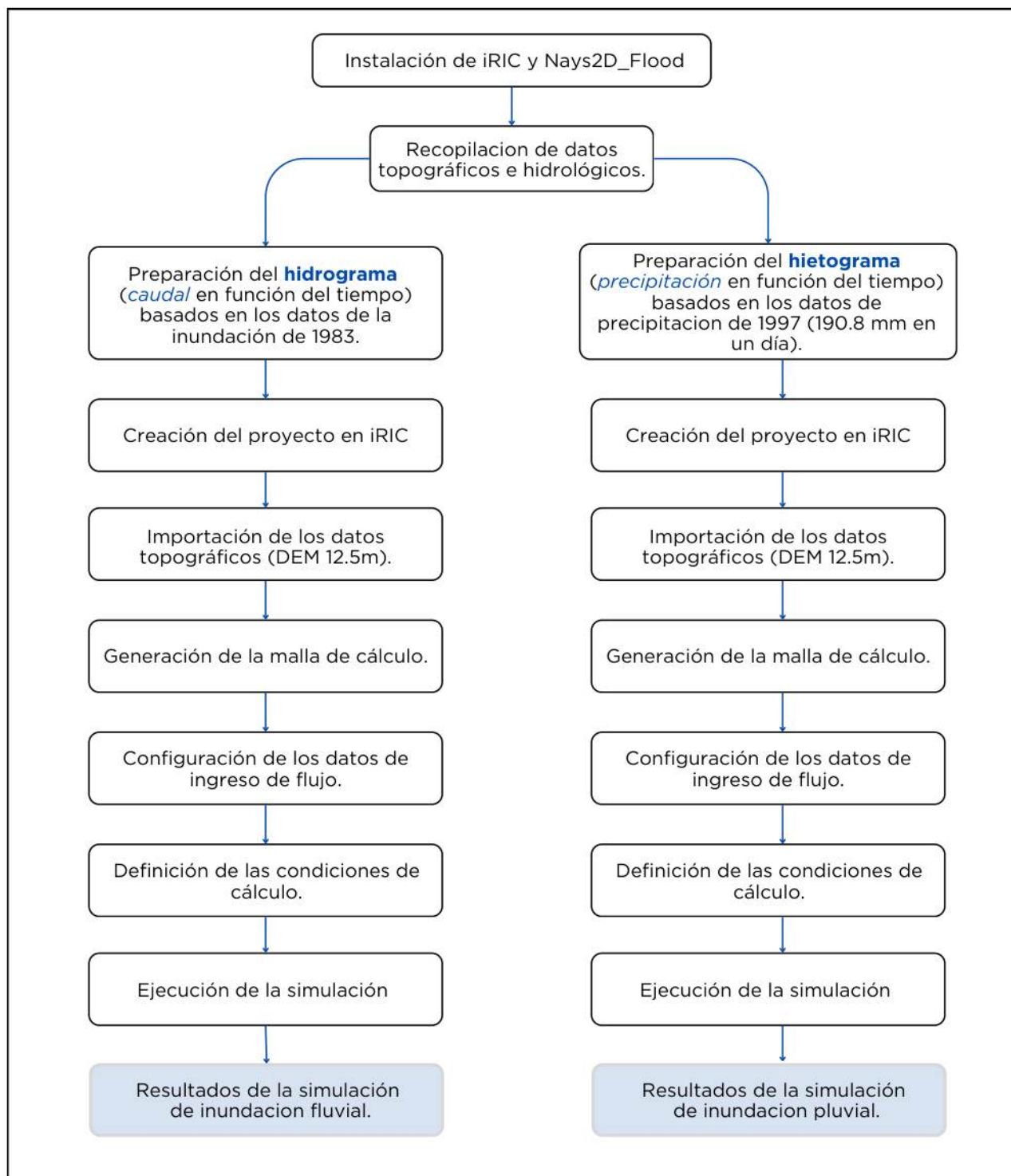
La selección de iRIC/Nays2DFlood se apoyó en un análisis comparativo con otros modelos de uso internacional (RRI, MIKE, HEC-RAS). La Tabla 4 muestra una síntesis de sus características.

Tabla 4. Comparación de modelos hidráulicos

Ítem	iRIC/Nays2DFlood	RRI	Serie MIKE	HEC-RAS
Método	Onda dinámica (shallow water equations)	Onda de difusión	Difusión / onda dinámica seleccionable	Onda dinámica
Ventajas	Módulos 1D-3D. Permite simular ríos y áreas urbanas. Interfaz amigable. Gratuito.	Integra escorrentía e inundación al mismo tiempo sin necesidad de caudales observados.	Amplia variedad de módulos (escorrentía, alcantarillado, inundación). Compatible con SIG.	Muy difundido. Modelos 1D (ríos) y 2D (inundación). Interfaz amigable. Gratuito.
Disponibilidad	Gratuito	Gratuito	Comercial	Gratuito

Fuente: elaboración propia (2025), adaptado de PASCO & CTI.

Figura 6. Procedimiento para el desarrollo del modelo Nays2D_Flood en iRIC.



Fuente: elaboración propia (2025).

5.4. Datos utilizados

La construcción del modelo hidráulico y el análisis geoespacial se basaron en la recopilación e integración de información topográfica e hidrológica. Estos datos fueron seleccionados porque permiten, respectivamente, representar el relieve de la zona de estudio y describir el comportamiento histórico del río Paraguay y de las precipitaciones que lo afectan. La correcta integración de ambos conjuntos de información constituye la base para realizar simulaciones confiables en el entorno del software iRIC, mediante el modelo Nays2D_Flood.

5.4.1. Datos topográficos

a) Modelo Digital de Elevación (DEM)

Se empleó un Modelo Digital de Elevación (DEM) con resolución espacial de 12.5 metros, generado a partir de imágenes del satélite ALOS PALSAR y procesado por el GEOLab.

b) Funciones del DEM en la simulación hidráulica

El DEM desempeña un papel central en la simulación porque:

- Representa la morfología del terreno, incluyendo elevaciones, pendientes y depresiones.
- Determina la dirección del escurrimiento superficial y permite identificar las áreas con tendencia a acumular agua.
- Sirve de base para la generación de la malla de cálculo en el modelo Nays2D_Flood, lo que posibilita aplicar las ecuaciones hidráulicas a nivel de celdas.

El DEM no es únicamente un mapa de alturas, sino el soporte geométrico que permite al modelo reproducir el movimiento del agua sobre la superficie terrestre.

5.4.2. Datos hidrológicos

a) Registros históricos

Los datos hidrológicos utilizados provienen de la Dirección de Hidrología y Meteorología (DMH), a través de la estación meteorológica Asunción ANNP, con un período de cobertura que abarca desde 1960 hasta 2024. Se incluyen tres variables fundamentales:

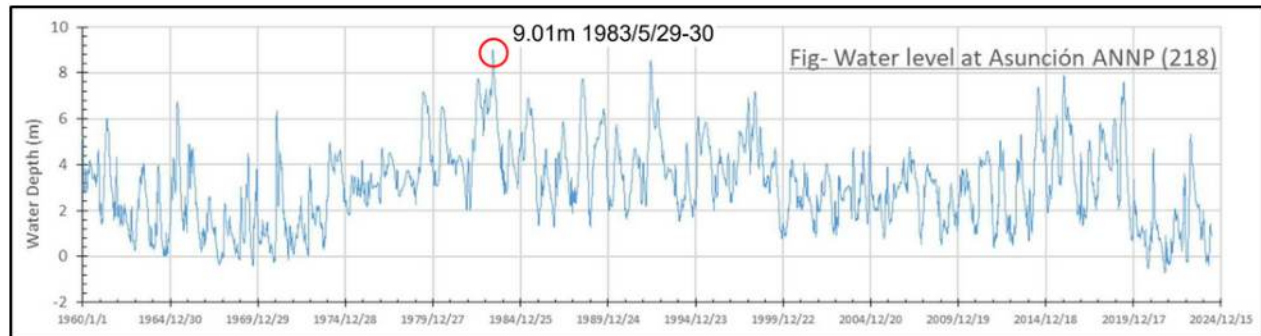
- Nivel diario del río Paraguay, expresado en metros (m).
- Caudal diario, en metros cúbicos por segundo (m^3/s).
- Precipitación diaria, en milímetros (mm).

b) Eventos extremos relevantes

Dentro de estas series históricas se identificaron valores críticos, que constituyen referencia para la calibración y validación del modelo:

- Nivel máximo histórico: 9.01 m (29 de mayo de 1983).

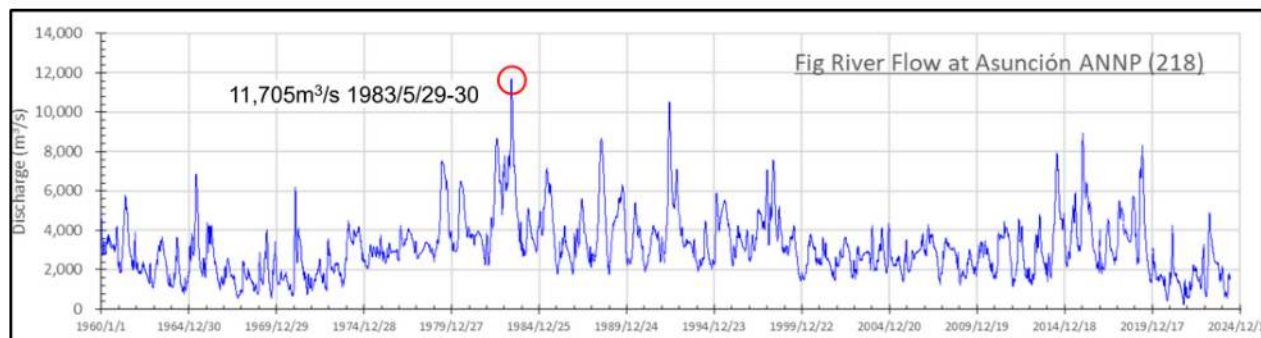
Figura 7. Nivel máximo histórico del Río Paraguay.



Fuente: CTI Engineering International (2024), a partir de registros de la Dirección de Meteorología e Hidrología (DMH).

- Caudal máximo registrado: 11,704 m³/s (29 de mayo de 1983).

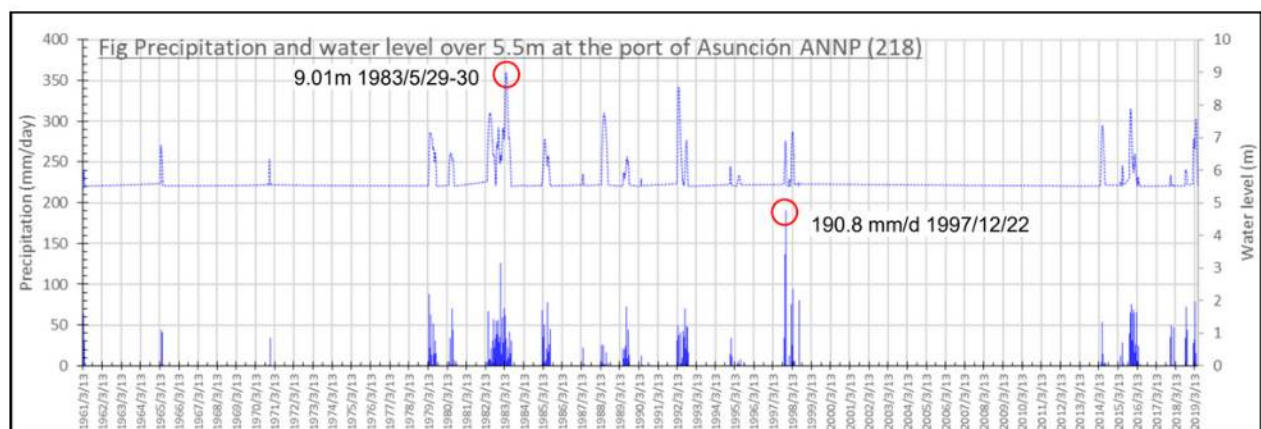
Figura 8. Caudal del Río en Asunción según la Estación ANNP.



Fuente: CTI Engineering International (2024), a partir de registros de la Dirección de Meteorología e Hidrología (DMH).

- Precipitación máxima diaria: 190.8 mm (22 de diciembre de 1997).

Figura 9. Precipitación y nivel del agua sobre 5.5 m en el Puerto de Asunción ANNP.



Fuente: CTI Engineering International (2024), a partir de registros de la Dirección de Meteorología e Hidrología (DMH).

- Nivel crítico para el Puerto de Asunción: 5.5 m, equivalente a un caudal de 5,092 m³/s.
 - Este umbral se superó en 22 ocasiones entre 1960 y 2019, evidenciando la recurrencia de eventos de riesgo en la zona urbana de Asunción.

Estos registros son fundamentales para establecer condiciones de frontera en las simulaciones, así como para analizar la severidad y frecuencia de las inundaciones históricas.

5.4.3. Integración de los datos en el modelo

Una vez recopilados y organizados, los datos topográficos e hidrológicos fueron incorporados en el software iRIC, donde se configuró el modelo hidráulico Nays2D_Flood.

Este modelo permite reproducir dos tipos de escenarios de inundación:

a) Inundación fluvial (riverine flood):

- Utiliza como insumo principal el caudal y nivel del río.
- Permite representar eventos de desbordamiento asociados a crecidas extraordinarias, como la registrada en 1983.

b) Inundación pluvial (inland flood):

- Se basa en eventos de precipitación extrema, como la lluvia de diciembre de 1997.
- Analiza la acumulación de agua sobre la superficie urbana en respuesta a lluvias intensas, independientemente del desborde del río.

La integración de ambos enfoques dentro de un mismo sistema de simulación posibilita un análisis más completo de los riesgos de inundación. Por un lado, se consideran los efectos de las crecidas del río Paraguay; por otro, se incorporan los impactos de lluvias intensas que afectan directamente a la ciudad. De esta manera, el modelo ofrece una herramienta robusta para evaluar tanto eventos históricos como escenarios hipotéticos de riesgo futuro.

5.5. Preparación de los datos hidrológicos

La preparación de los datos hidrológicos es un paso esencial para garantizar la confiabilidad de las simulaciones hidráulicas realizadas con el modelo Nays2D_Flood dentro del software iRIC. En este proceso se definen los insumos principales que permiten reproducir tanto los eventos de inundación fluvial, vinculados al caudal del río, como los eventos de inundación pluvial, asociados a precipitaciones extremas.

5.5.1. Preparación para la simulación de inundación fluvial (Riverine Flood Simulation)

a) Variable de entrada principal

El insumo clave para la simulación de inundaciones fluviales es el caudal del río Paraguay, expresado como una serie temporal de descarga en m^3/s . Este dato permite modelar la evolución de las crecidas y evaluar el desbordamiento del cauce en situaciones críticas.

b) Métodos para obtener el caudal

Existen dos formas principales de disponer de esta información:

- Análisis de escorrentía: estimación del caudal a partir de modelos hidrológicos que convierten la precipitación en flujo de agua en el río.
- Mediciones directas: registros observados de caudal en estaciones hidrométricas.

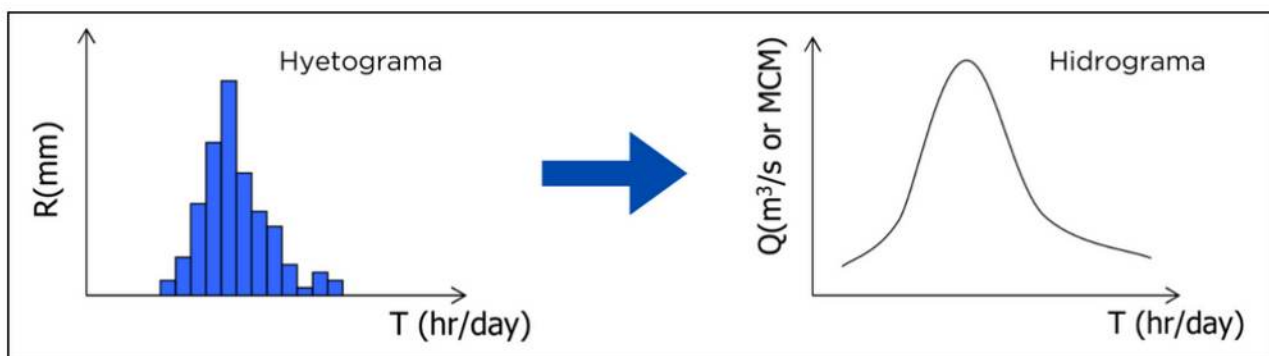
La elección del método depende de la disponibilidad y calidad de los datos de precipitación y caudal, así como de la escala de la cuenca hidrográfica.

c) Análisis de escorrentía

i. Definición

El análisis de escorrentía permite estimar el caudal en puntos específicos de la cuenca, utilizando como insumo un hietograma de precipitación (lluvia en función del tiempo). A partir de este insumo se genera un hidrograma (caudal en función del tiempo), que describe la forma en que el agua de lluvia escurre y alcanza el cauce principal.

Figura 10. Conversión de datos de precipitación a caudal.



Fuente: CTI Engineering International (2024).

ii. Caso del Río Paraguay

El Río Paraguay, con una longitud de 2,621 km y un área de captación de 365,592 km², constituye un sistema de gran escala. Por esta razón, para aplicar un análisis de escorrentía confiable es necesario:

- Incorporar información de precipitación de toda la cuenca.
- Considerar la presencia de estructuras hidráulicas (represas, azudes) que alteran el flujo natural del río.

Figura 11. Río Paraguay en la Cuenca del Río de la Plata.

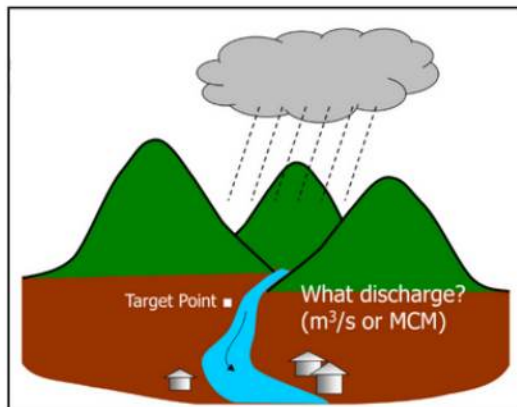


Fuente: CTI Engineering International (2024).

iii. Modelo RRI (Rainfall-Runoff-Inundation)

Para un análisis más profundo se puede emplear el modelo RRI, que tiene la capacidad de simular simultáneamente la escorrentía generada por lluvias intensas y la inundación por desbordamiento. Este modelo integra:

Figura 12. Ejemplo de precipitación.



Fuente: CTI Engineering International (2024).

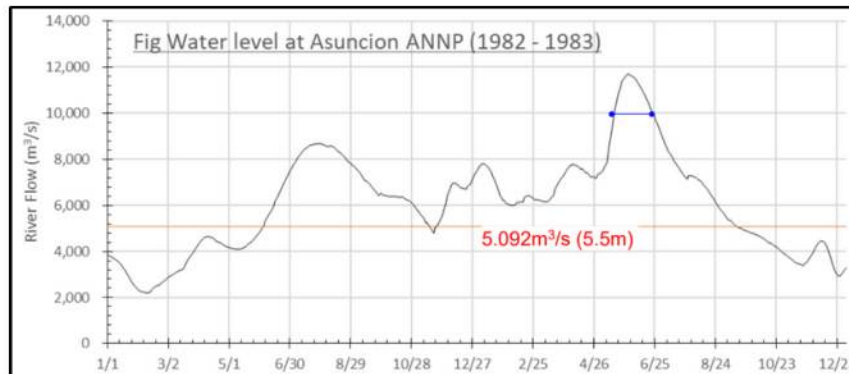
- Esorrentía superficial (2D): cada celda actúa como un tanque que acumula y libera agua.
- Flujo en cauce (1D): calcula el nivel del agua dentro del río.
- Inundación superficial (2D): reproduce la propagación lateral del agua sobre la superficie.

Dada la magnitud internacional del Río Paraguay, se requieren datos de precipitación no solo en territorio paraguayo, sino también en áreas adyacentes de Brasil. Esta necesidad representa un desafío logístico y técnico. Por ello, en este estudio se optó por utilizar directamente los datos observados en la estación ANNP, evitando la complejidad de un análisis de escorrentía a gran escala.

d) Hidrograma de referencia

Para el modelo se utilizó el hidrograma del evento de 1982-1983, que incluye un nivel crítico de 5.5 m (5,092 m³/s).

Figura 13. Nivel del agua en Asunción ANNP (1982-1983).



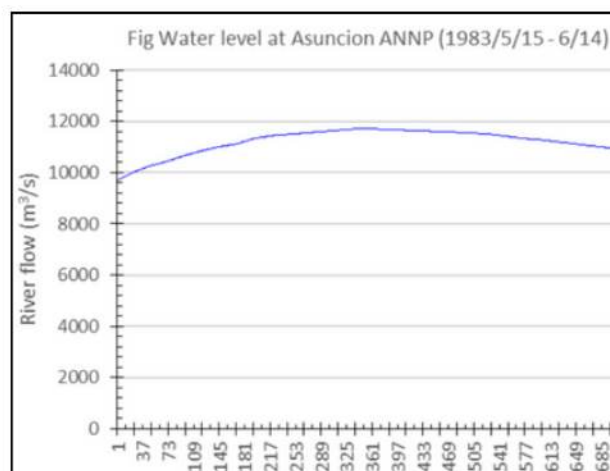
Fuente: CTI Engineering International (2024), a partir de registros de la Dirección de Meteorología e Hidrología (DMH).

e) Optimización y conversión temporal

Para mejorar la eficiencia del proceso de simulación se aplicaron dos ajustes:

1. Optimización temporal: en lugar de simular toda la serie histórica, se seleccionó un período representativo de un mes (15 de mayo - 14 de junio). Esto reduce el tiempo de cómputo sin comprometer la precisión.
2. Conversión de datos: los caudales diarios fueron transformados en caudales horarios mediante interpolación lineal, lo que permitió incrementar la resolución temporal y mejorar la precisión de las simulaciones.

Figura 14. Nivel del agua en Asunción (15/05-14/06 de 1983).



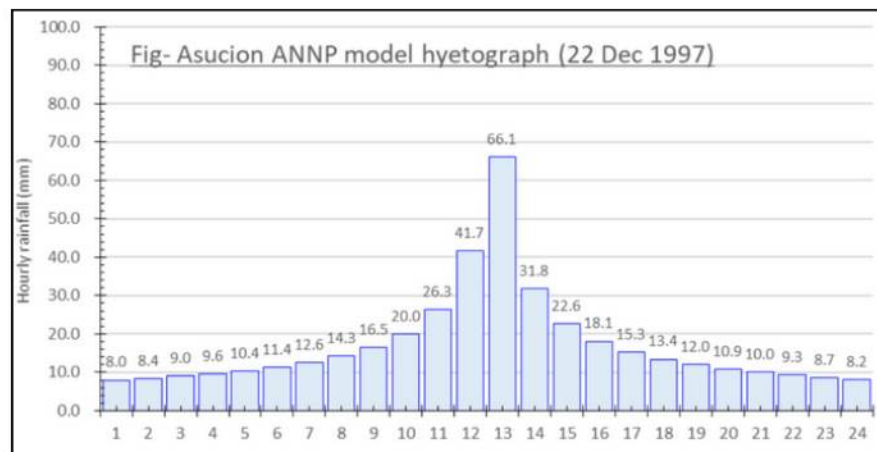
Fuente: CTI Engineering International (2024), a partir de registros de la Dirección de Meteorología e Hidrología (DMH).

5.5.2. Preparación para la simulación de inundación pluvial (Inland Flood Simulation)

a) Evento de referencia

El insumo principal para la simulación pluvial es la precipitación extrema registrada el 22 de diciembre de 1997 en la estación Asunción ANNP, con un valor de 190.8 mm en un solo día. Este evento se considera representativo para analizar la capacidad de la ciudad de responder a lluvias intensas y repentinas.

Figura 15. Modelo hietográfico de Asunción ANNP (22/12/1997).



Fuente: CTI Engineering International (2024).

b) Conversión de datos de precipitación

Para transformar la precipitación diaria en una distribución horaria —más adecuada para el modelo hidráulico— se empleó la fórmula de Mononobe, que permite estimar la intensidad de la lluvia en intervalos horarios.

$$r_t = R \cdot (5.3134 / t^{2/3})$$

Donde:

- r_t = intensidad de precipitación (mm/h).
- R = precipitación diaria total (mm).
- T = tiempo (h).

Este procedimiento genera un hietograma horario que sirve como condición de entrada en el modelo Nays2D_Flood para simular la inundación pluvial.

5.5.3. Cálculo de la pendiente energética

El cálculo de la pendiente energética es un paso necesario en la configuración del modelo hidráulico, ya que este parámetro define el gradiente de energía disponible en la frontera de entrada del río. En modelos bidimensionales como Nays2D_Flood, la pendiente controla la propagación del flujo y garantiza que el comportamiento del nivel del agua sea coherente con la dinámica real del cauce. Sin este valor, la simulación podría generar resultados poco realistas en términos de velocidad, niveles y extensión de la inundación.

a) Perfil longitudinal del tramo

Para determinar la pendiente, se trazó una polilínea a lo largo del eje del río Paraguay utilizando Google Earth, cubriendo el tramo que atraviesa los Bañados Norte y Sur en Asunción. El perfil topográfico obtenido permitió identificar la cota inicial y final del lecho, así como la longitud total del tramo considerado.

b) Cálculo de la pendiente

Del perfil longitudinal se obtuvo una diferencia de cotas de aproximadamente 3 metros en una longitud de 24,8 km. Con estos valores se calculó la pendiente media del cauce:

$$S = \frac{\Delta z}{L} = \frac{3}{24,800} \approx 0.00012 \quad (\approx 1/8.270)$$

Este resultado se asumió como representativo de la pendiente energética, considerando que en tramos sin influencia mareal relevante la pendiente del lecho se aproxima de forma adecuada al gradiente de energía.

c) Implementación en el modelo

El valor de $S=0.00012$ fue ingresado en el modelo Nays2D_Flood, dentro de la opción Boundary Condition > Inflow > Slope value at inflow. Esto permitió reproducir el gradiente longitudinal del río en el tramo de Asunción durante la simulación, aportando estabilidad numérica y consistencia hidrodinámica.

d) Consideraciones adicionales

El perfil longitudinal incluye variaciones locales producto de terraplenes, albardones y estructuras como el puente Héroes del Chaco. Para evitar que estas irregularidades distorsionaran el cálculo, se aplicó un suavizado mediante línea de tendencia.

5.5.4 Representación de obstáculos en el modelo

Para mejorar la precisión de la simulación hidráulica fue necesario incorporar obstáculos físicos que condicionan el flujo del agua en el área de estudio. Estos elementos fueron representados mediante polígonos vectoriales, integrados al modelo en iRIC/Nays2DFlood como superficies impermeables.

En este estudio se consideraron tres infraestructuras principales:

- Costanera Norte
- Costanera Sur
- Puente Héroes del Chaco

Estas obras actúan como barreras parciales o totales al desplazamiento del agua, modificando tanto la dirección como la velocidad del flujo durante un evento de inundación. Su inclusión en el modelo permitió obtener una representación más realista de las condiciones hidráulicas en los Bañados, especialmente en lo referente a la propagación de aguas hacia áreas urbanizadas y al comportamiento de los flujos en zonas de conexión vial.

5.5.5. Definición de rugosidad

La rugosidad del terreno es un parámetro fundamental en la modelación hidráulica, ya que determina la resistencia que la superficie opone al movimiento del agua. Este valor influye directamente en la velocidad de escurrimiento y en la acumulación en distintas zonas del modelo.

En este proyecto, se generó un polígono que abarca el área urbana de Asunción dentro del dominio de simulación. A dicho polígono se le asignó un coeficiente de rugosidad de 0,12, correspondiente a la categoría “developed medium intensity”.

La asignación de este valor se basó en los coeficientes de rugosidad de Manning propuestos por el U.S. Army Corps of Engineers (USACE) en el manual HEC-RAS para modelaciones 2D, que se presentan en la Tabla 5. Como puede observarse, la categoría developed medium intensity cubre valores entre 0,10 y 0,15, por lo que el valor seleccionado (0,12) resulta representativo de las condiciones de urbanización media que caracterizan a gran parte de Asunción.

La definición de rugosidad permitió diferenciar el comportamiento hidráulico del área urbana respecto a superficies naturales o de menor intervención, contribuyendo a una simulación más ajustada a las condiciones reales del territorio.

Tabla 5. Coeficientes de rugosidad (Manning's n) propuestos por el USACE-HEC-RAS para cálculos 2D

Categoría de superficie	Descripción	Coeficiente (n)
Water surface (open channel)	Superficie de agua sin obstrucciones	0.030 - 0.040
Developed, open space	Áreas urbanizadas con predominio de espacios abiertos (parques, lotes)	0.06 - 0.08
Developed, low intensity	Zonas residenciales de baja densidad	0.08 - 0.10
Developed, medium intensity	Áreas residenciales de media densidad, con calles y construcciones regulares	0.10 - 0.15
Developed, high intensity	Áreas urbanas de alta densidad (centros urbanos, comerciales)	0.12 - 0.18
Agricultural	Superficies agrícolas (cultivos, pastizales)	0.04 - 0.08
Forest	Zonas boscosas o arboladas	0.16 - 0.20
Wetlands / Marsh	Humedales con vegetación densa	0.20 - 0.30

Fuente: U.S. Army Corps of Engineers (USACE). (2016). HEC-RAS River Analysis System: 2D Modeling User's Manual (Version 5.0). Hydrologic Engineering Center, Davis, California.

5.6. Ejecución de simulaciones

Con los insumos hidrológicos y topográficos definidos, se desarrollaron simulaciones numéricas utilizando el software iRIC con el modelo Nays2D_Flood, orientadas a evaluar escenarios de inundación en Asunción bajo dos condiciones críticas: la inundación fluvial y la inundación pluvial.

La configuración de la malla de cálculo fue común a ambas simulaciones y se construyó a partir del Modelo Digital de Elevación (DEM) de 12,5 m. Los parámetros principales de la grilla fueron:

- $n_i = 300$ (número de celdas en dirección x)
- $n_j = 300$ (número de celdas en dirección y)
- $d_i = 66.284$ m (longitud total del dominio en dirección x)
- $d_j = 50$ m (resolución en dirección y)
- $W = 15.000$ m (ancho aproximado de la grilla)

Es importante destacar que $d_j = 50$ m corresponde a la resolución final del modelo simulado, lo que permitió representar adecuadamente la planicie de inundación dentro de las limitaciones de los datos disponibles. Estos parámetros se mantuvieron iguales tanto para la simulación fluvial como para la pluvial, asegurando la comparabilidad entre resultados.

a) Inundación fluvial

La inundación fluvial corresponde al desborde del río Paraguay durante eventos de crecida. Para este estudio se seleccionó el evento histórico de 1983, considerado uno de los más significativos en el registro hidrológico de Asunción.

- Condiciones de entrada: hidrograma del evento de 1983, interpolado de registros diarios a una serie horaria.
- Periodo simulado: del 15 de mayo al 14 de junio de 1983, abarcando la fase ascendente, el pico y el descenso de la crecida.
- Objetivo: reproducir el comportamiento del desborde lateral del río y delimitar las áreas de afectación, principalmente en los Bañados Norte y Sur.

Tabla 6 – Parámetros de la simulación fluvial.

Parámetro	Valor	Fuente
n_i, n_j	300 x 300	Elaboración propia
d_i	66.284 m	Elaboración propia
d_j (resolución)	50 m	Elaboración propia
W	15.000 m	Elaboración propia

Parámetro	Valor	Fuente
Evento histórico	Crecida de 1983	Registros hidrológicos ANNP de DMH
Periodo simulado	15/05 - 14/06/1983	Registros históricos ANNP de DMH
Tiempo de cómputo	10 horas	GEOLab - AEP

Fuente: Elaboración propia a partir de registros hidrológicos históricos de DMH y procesamiento en GEOLab - AEP.

b) Inundación pluvial

La inundación pluvial resulta de precipitaciones intensas que exceden la capacidad de drenaje urbano. Se simuló el evento del 22 de diciembre de 1997, cuando se registraron 190,8 mm de lluvia en 24 horas en la estación Asunción ANNP.

- Condiciones de entrada: serie horaria de precipitación generada a partir del valor diario mediante la fórmula de Mononobe.
- Periodo simulado: evento puntual de 24 horas correspondiente al 22/12/1997.
- Objetivo: identificar zonas urbanas críticas de acumulación y anegamiento en ausencia de desbordes fluviales.

Tabla 7 - Parámetros de la simulación pluvial.

Parámetro	Valor	Fuente
ni, nj	300 x 300	Elaboración propia
di	66.284 m	Elaboración propia
dj (resolución)	50 m	Elaboración propia
W	15.000 m	Elaboración propia
Evento histórico	Precipitación de 190,8 mm	Registros históricos ANNP de DMH
Fecha simulada	22/12/1997	Registros históricos ANNP de DMH
Tiempo de cómputo	2 horas	GEOLab - AEP

Fuente: Elaboración propia a partir de registros hidrológicos históricos de DMH y procesamiento en GEOLab - AEP.

c) Comparación entre simulaciones

Las simulaciones fluvial y pluvial compartieron la misma configuración de grilla y resolución, pero difirieron en insumos, duración y complejidad computacional.

Tabla 8 – Comparación entre simulación fluvial y pluvial

Aspecto	Fluvial	Pluvial
Evento histórico	Crecida de 1983	Lluvia de 190,8 mm en 1997
Duración simulada	30 días	24 horas
Resolución del modelo (dj)	50 m	50 m
Tiempo de cómputo	10 horas	2 horas
Áreas críticas	Bañados Norte y Sur	Sectores urbanos con insuficiencia de drenaje

Fuente: elaboración propia (2025).

c) Consideraciones finales

Las simulaciones realizadas permitieron representar de manera adecuada los procesos de inundación en la ciudad de Asunción, tanto por desborde fluvial como por precipitaciones extremas. Sin embargo, debe señalarse que la resolución espacial del modelo ($dj = 50\text{ m}$) estuvo condicionada por la disponibilidad de datos abiertos del DEM.

Si bien esta resolución permitió obtener resultados consistentes a escala general, puede ser insuficiente para capturar detalles microtopográficos relevantes en áreas urbanas. Por ello, se recomienda que en futuros estudios se gestionen insumos de mayor resolución espacial (por ejemplo, levantamientos LiDAR o fotogrametría aérea). Replicar la presente metodología con datos de mayor detalle permitirá reducir la incertidumbre en los resultados y fortalecer el soporte técnico para la planificación territorial y la gestión de riesgos en Asunción.

6. RESULTADOS

6.1. Resultados del análisis de inundación

A partir de las simulaciones realizadas en el software iRIC/Nays2D_Flood y del procesamiento geoespacial en ArcGIS Pro, se obtuvieron mapas de peligro de inundación que representan la distribución espacial de las profundidades de agua bajo escenarios fluviales y pluviales.

Estos mapas constituyen un insumo para la gestión del riesgo en Asunción, ya que permiten identificar las zonas más expuestas a diferentes niveles de inundación y visualiza el grado de peligro para la población y la infraestructura. Como destaca la CEPAL (2022), “los mapas de peligro constituyen la base fundamental para la planificación de la gestión del riesgo de inundaciones”.

Además, los productos generados cumplen una doble función:

- Técnica, al ofrecer información para los tomadores de decisiones en materia de planificación urbana y mitigación del riesgo.
- Comunicacional, al facilitar la comprensión del fenómeno de inundación en las comunidades afectadas, promoviendo una cultura de prevención.

Este enfoque metodológico ha sido aplicado en experiencias internacionales donde se reconoce que los mapas de peligro de inundación no solo describen la amenaza física, sino que también son herramientas prácticas para orientar políticas públicas y proyectos de infraestructura (Banco Mundial, 2021).

6.1.1. Interpretación de la paleta de colores por nivel de peligro

Los mapas de peligro generados en este estudio emplean una paleta de colores estandarizada que clasifica los rangos de profundidad del agua en cinco categorías de peligro, desde bajo hasta extremo. Esta simbología se diseñó con el objetivo de facilitar tanto la lectura técnica como la comprensión comunitaria de los resultados, asegurando que los productos puedan servir como insumo en distintos niveles de decisión.

La clasificación adoptada en este proyecto constituye una elaboración propia del equipo técnico, desarrollada a partir de la revisión de experiencias internacionales. Se tomó como referencia:

- Mapas de peligro de inundación desarrollado en Japón, que introduce categorías diferenciadas para la comunicación del riesgo en áreas urbanas facilitado por los consultores de PASCO.

A partir de estas fuentes, se construyó una clasificación ajustada a la realidad de Asunción, en la que se buscó equilibrar criterios técnicos de modelación hidráulica con la necesidad de transmitir los resultados de manera clara a instituciones y comunidades. En este proyecto piloto, se utilizó la siguiente clasificación de profundidades:

Tabla 9. Interpretación de la paleta de colores por nivel de peligro de inundación

Color	Profundidad del agua	Categoría de peligro	Descripción	Efectos típicos
Azul	< 0.5 m	Peligro bajo	Anegamientos superficiales	Dificulta la movilidad, afecta caminos y genera impactos moderados en infraestructura.
Verde	0.5 – 3 m	Peligro medio	Inundación moderada	Afecta viviendas de un piso, servicios básicos e instalaciones públicas.
Amarillo	3 – 5 m	Peligro alto	Inundación severa	Supera la altura de viviendas de un piso, ocasiona daños significativos en infraestructura y amenaza la seguridad de la población.
Rojo	5 – 10 m	Peligro muy alto	Inundación crítica	Cubre totalmente edificaciones bajas y medianas; hace inviable la permanencia de población.
Celeste	> 10 m	Peligro extremo	Inundación máxima	Asociada a cauces principales o depresiones marcadas; áreas no aptas para asentamientos humanos.

Fuente: elaboración propia (2025)

La combinación de esta simbología con referencias visuales, como se aprecia en la Figura 16, permite comprender gráficamente la relación entre el nivel del agua, la infraestructura (particularmente las viviendas) y la escala humana. Esta forma de presentación es fundamental para garantizar que la información sea comprensible no solo para especialistas, sino también para las comunidades expuestas, en línea con las recomendaciones de la CEPAL (2022).

Figura 16. Escala visual de peligro de inundación según la altura del agua.



Fuente: elaboración propia (2025)

6.1.2. Inundación fluvial – Escenario 1983

a) Bañado sur

- *Resultados de la simulación.*

El mapa de peligro de inundación fluvial para el Bañado Sur, correspondiente a la Figura 17, reproduce el comportamiento del evento histórico de 1983, mostrando un gradiente claro de profundidades:

- En la franja ribereña, inmediata al cauce principal del río Paraguay, las profundidades alcanzan entre 5 y 10 m, lo que corresponde a condiciones de inundación crítica. Estas áreas coinciden con depresiones naturales y zonas más bajas donde la energía del flujo se concentra. En sectores puntuales, asociados a depresiones marcadas, se observan áreas con valores cercanos o superiores a los 10 m, lo que las hace incompatibles con cualquier tipo de uso urbano.
- En las zonas intermedias, entre el borde ribereño y los barrios de mayor consolidación, se extiende una franja con profundidades de 3 a 5 m, categoría que se considera de inundación severa. La magnitud de estas áreas refleja la exposición de asentamientos precarios localizados en planicies de inundación.
- Hacia la transición con la periferia urbana consolidada, los valores predominantes se reducen a entre 0,5 y 3 m. Estas profundidades, aunque moderadas, son suficientes para comprometer viviendas de un piso, caminos de acceso y servicios básicos.
- Finalmente, en los sectores más elevados aparecen anegamientos superficiales (<0,5 m), que si bien no representan un riesgo estructural alto, dificultan la movilidad y la accesibilidad, lo cual en situaciones de emergencia retrasa la respuesta humanitaria.

- *Infraestructura potencialmente afectada.*

Al superponer los resultados de la simulación con datos de Humanitarian OSM (actualizado a agosto de 2024) y Cartografía Digital 2022, se identificó que 10.594 infraestructuras actualmente existentes quedarían bajo condiciones de inundación si un evento de magnitud similar al de 1983 volviera a repetirse. Esto incluye 10 escuelas y 9 instalaciones críticas (centros de salud, iglesias y servicios públicos). Es importante subrayar que estos datos no representan la situación de 1983, sino una estimación de los daños que se producirían en la actualidad ante un escenario comparable.

b) Bañado Norte

- *Resultados de la simulación.*

El mapa de peligro de inundación fluvial para el Bañado Norte, correspondiente a la Figura 18, reproduce el comportamiento de un evento de magnitud similar al de 1983, mostrando un gradiente de profundidades que abarca desde anegamientos superficiales hasta niveles críticos:

- En la planicie central del bañado, se concentran valores de 0,5 a 3 m, que corresponden a condiciones de inundación moderada. Estos niveles afectan directamente a viviendas, caminos principales y servicios básicos.
- En sectores puntuales, asociados a depresiones naturales y zonas de baja pendiente, se observan profundidades de 3 a 5 m, clasificadas como inundación severa localizada, con riesgo significativo para la población y la infraestructura allí asentada.
- En las áreas próximas al cauce y zonas bajas más profundas, se identifican superficies relevantes con profundidades de 5 a 10 m, lo que corresponde a condiciones de inundación crítica. En puntos muy específicos, los valores alcanzan más de 10 m, evidenciando la incompatibilidad de estas áreas con cualquier uso urbano bajo escenarios de crecida.
- Finalmente, en los bordes de mayor cota se registran anegamientos superficiales (<0,5 m), que si bien no implican daños estructurales de gran magnitud, dificultan la movilidad y el acceso a servicios esenciales durante emergencias.

- *Infraestructura potencialmente afectada.*

Si un evento con características similares al de 1983 volviera a ocurrir en la actualidad, la superposición de la simulación con los datos de Humanitarian OSM (actualizado a agosto de 2024) y la Cartografía Digital 2022 permite estimar que 702 infraestructuras existentes quedarían afectadas. Entre ellas se encuentran 1 escuela y 5 instalaciones críticas, que incluyen centros de salud, servicios básicos y equipamientos comunitarios.

La distribución por rangos de profundidad es la siguiente:

- 517 infraestructuras bajo <0,5 m, principalmente afectadas por anegamientos y problemas de accesibilidad.
- 180 infraestructuras en zonas de 0,5 a 3 m, con impactos más severos sobre viviendas y equipamientos.
- 5 infraestructuras en áreas de 3 a 5 m, con riesgo de daños estructurales.
- El resto se encuentra distribuido en las categorías de 5-10 m y >10 m, que aunque representan superficies menos extensas en comparación con otros sectores, concentran el mayor nivel de peligro.

6.1.3. Inundación pluvial – Escenario 1997

a) Bañado sur

- *Resultados de la simulación.*

El mapa de peligro de inundación pluvial para el Bañado Sur, correspondiente a la Figura 19, basado en la precipitación máxima del 22 de diciembre de 1997 (190,8 mm/día), muestra un gradiente claro de profundidades:

- La categoría más extensa corresponde a profundidades de 0,5 a 3 m, lo que representa un nivel de peligro medio. Estas condiciones son suficientes para comprometer viviendas de un piso, caminos y servicios básicos.
- En depresiones localizadas, los valores alcanzan entre 3 y 5 m, considerados de peligro alto, con afectación crítica para asentamientos precarios.
- De manera puntual se observan áreas con profundidades de 5 a 10 m, que corresponden a peligro muy alto. Estas acumulaciones se concentran en zonas bajas donde el drenaje natural es limitado, generando un escenario crítico para la población residente.
- Finalmente, en sectores periféricos y más elevados se registran anegamientos <0,5 m, que aunque de menor gravedad estructural, restringen la movilidad y la accesibilidad en contextos de emergencia.
- No se identifican superficies con profundidades superiores a 10 m, lo que marca una diferencia con los escenarios fluviales extremos como el de 1983.

- *Infraestructura potencialmente afectada.*

La superposición de los resultados de la simulación con los datos de Humanitarian OSM (agosto 2024) y Cartografía Digital 2022 indica que 4.463 infraestructuras actuales quedarían expuestas bajo un evento pluvial similar al de 1997. Entre ellas se incluyen 3 escuelas y diversas instalaciones comunitarias. Estos datos no corresponden a la situación de 1997, sino que representan los daños potenciales que se producirían hoy si un episodio de igual magnitud volviera a repetirse.

b) Bañado Norte

- *Resultados de la simulación.*

El mapa de peligro de inundación pluvial para el Bañado Norte, correspondiente a la Figura 20, refleja un patrón similar al del Sur, con un predominio del rango 0,5–3 m:

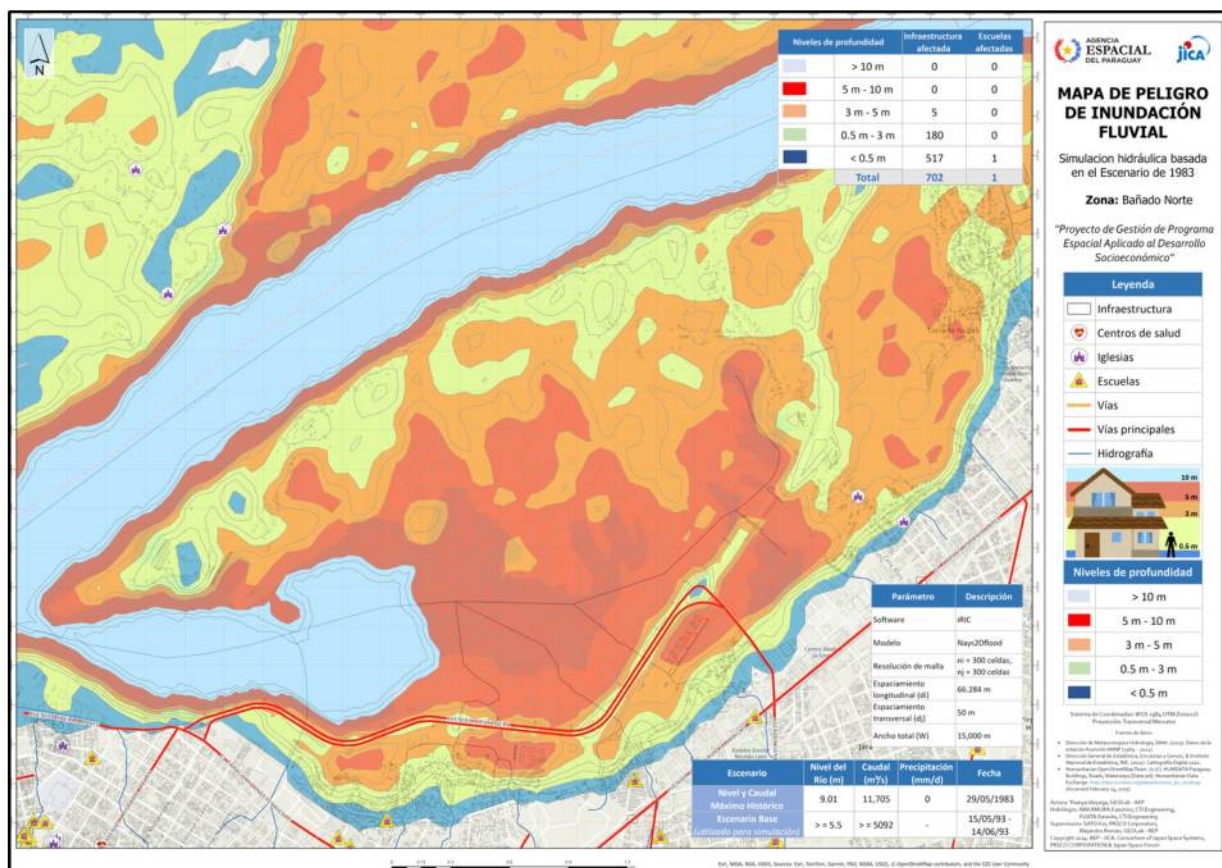
- La mayor superficie corresponde a profundidades de 0,5 a 3 m, nivel de peligro medio que afecta directamente a los asentamientos y a la infraestructura vial.
- En sectores de depresión natural se identifican zonas con valores de 3 a 5 m, clasificadas como peligro alto.

- De manera puntual se registran áreas con profundidades de 5 a 10 m, consideradas de peligro muy alto, aunque de extensión reducida.
- En los bordes de transición urbana predominan acumulaciones <0,5 m, que generan anegamientos menores pero persistentes.
- Al igual que en el Bañado Sur, no se observaron superficies en la categoría de >10 m.

- *Infraestructura potencialmente afectada.*

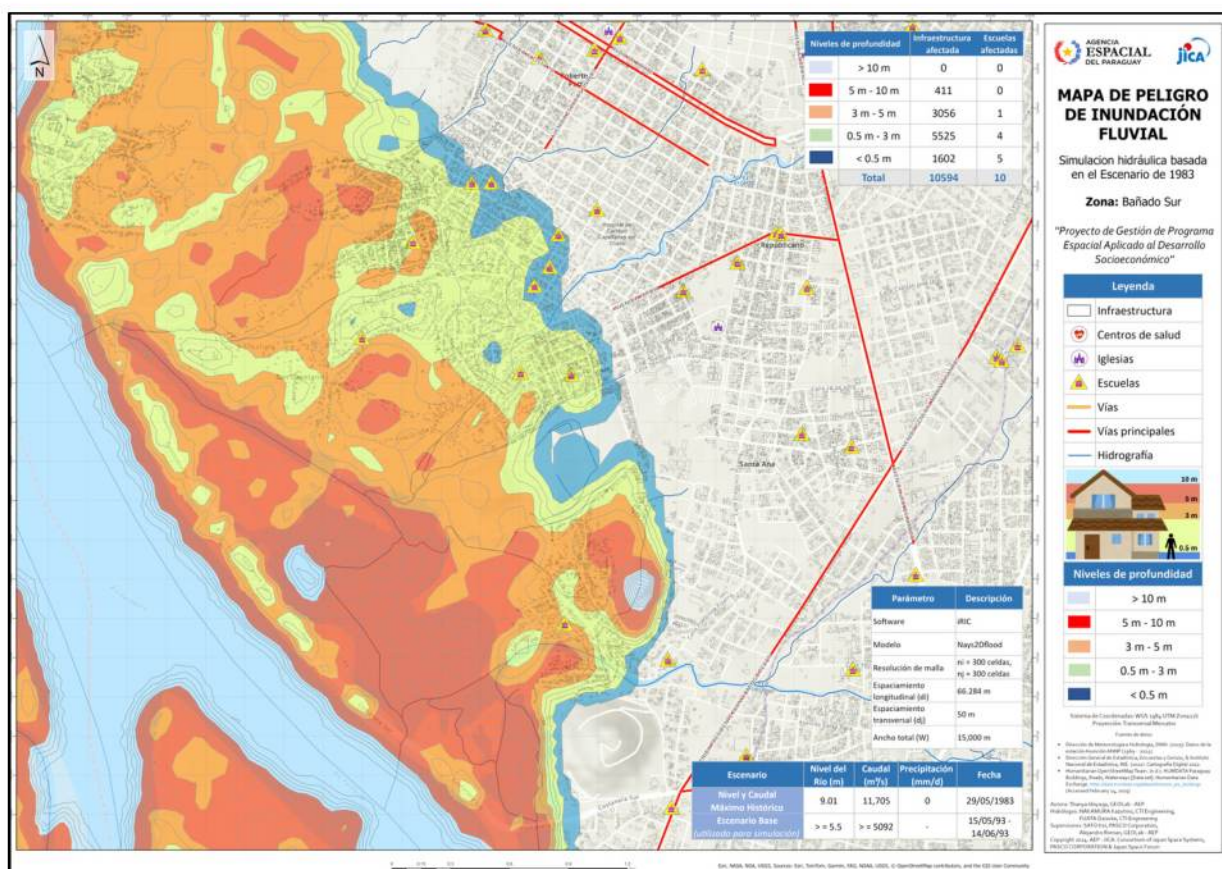
Al contrastar la simulación con los datos de Humanitarian OSM (2024) y Cartografía Digital 2022, se estimó que 701 infraestructuras quedarían bajo condiciones de inundación, incluidas 2 escuelas. Esta cifra debe interpretarse como un escenario hipotético de afectación actual y no como un registro histórico del evento de 1997.

Figura 16: Mapa de peligro de inundación fluvial – Bañado Sur.



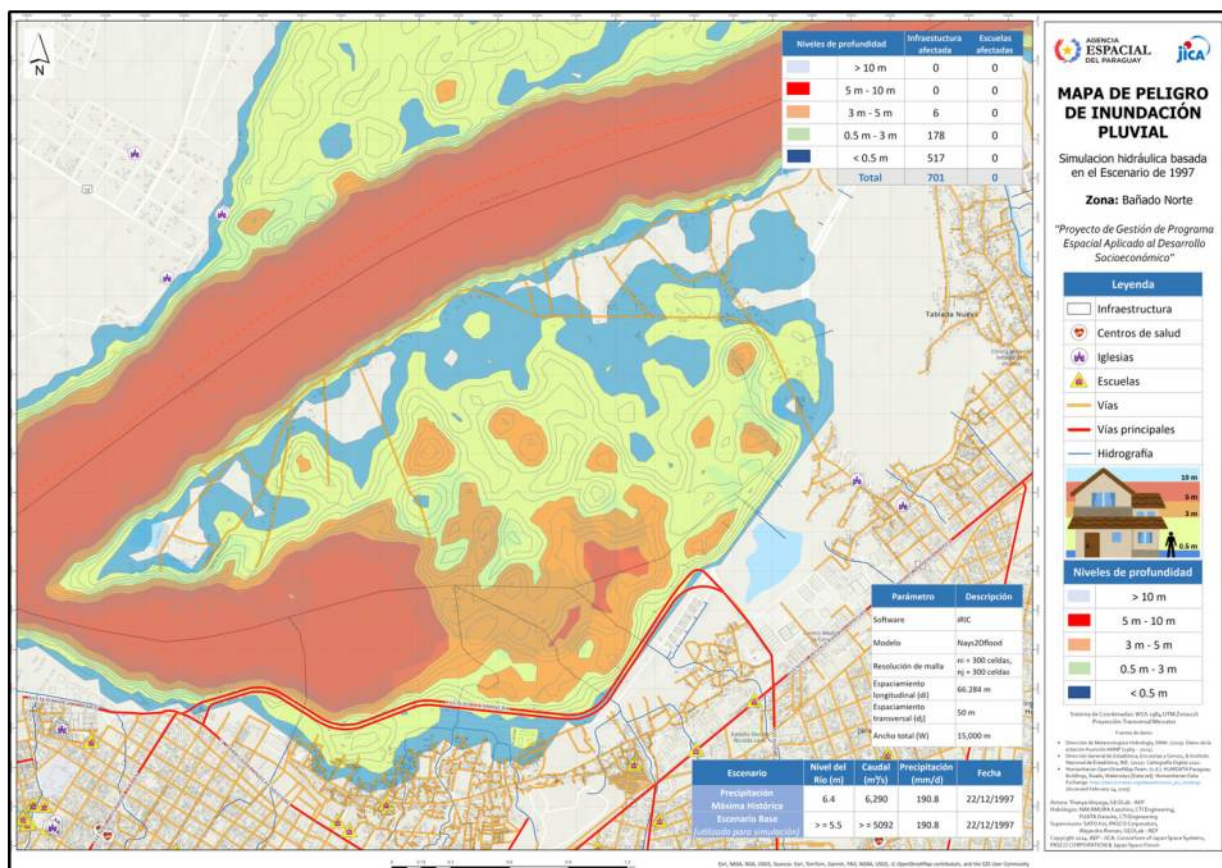
Fuente: elaboración propia (2025)

Figura 17: Mapa de peligro de inundación fluvial – Bañado Norte.



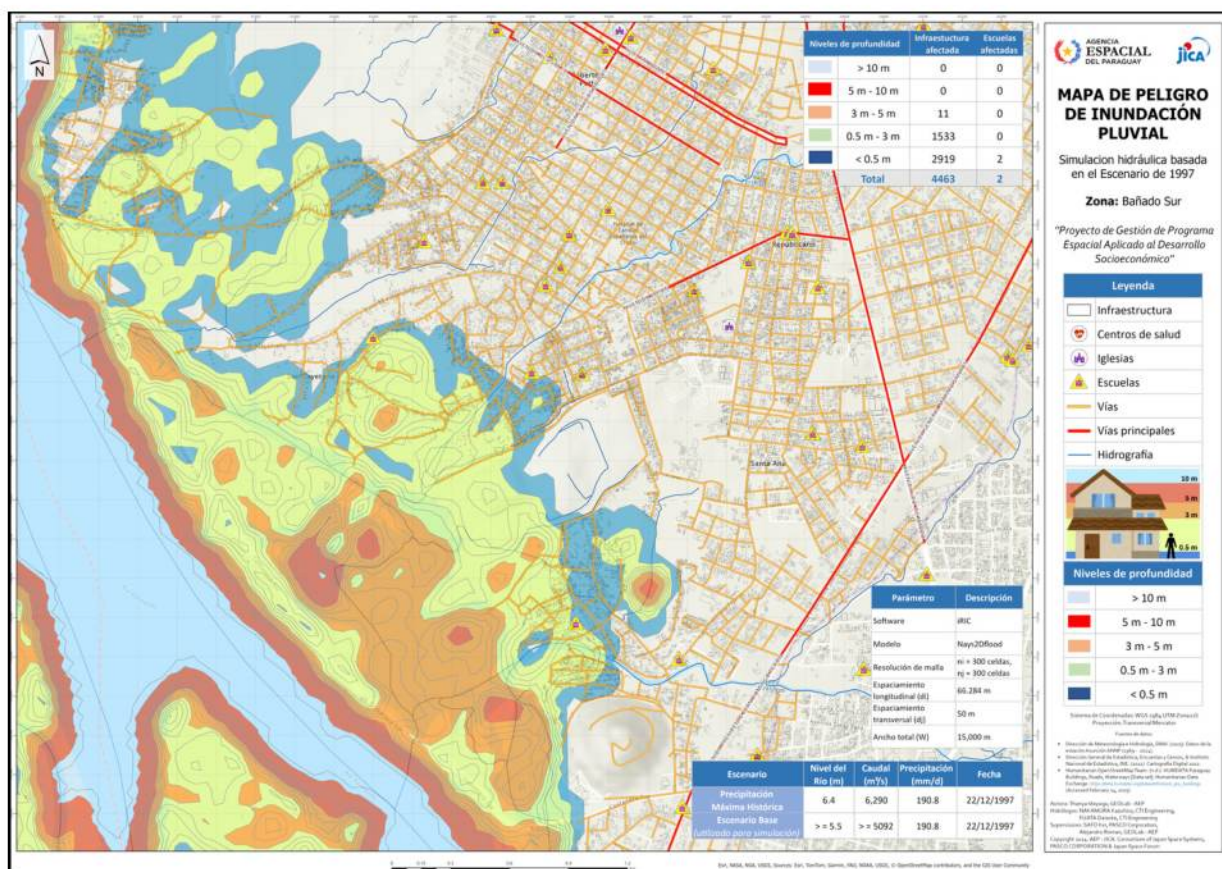
Fuente: elaboración propia (2025)

Figura 18: Mapa de peligro de inundación pluvial - Bañado Sur.



Fuente: elaboracion propia (2025)

Figura 19: Mapa de peligro de inundación pluvial - Bañado Norte.



Fuente: elaboracion propia (2025)

7. CONCLUSIÓN

El proyecto piloto de manejo de desastres demostró que la cooperación interinstitucional es la base para fortalecer la gestión del riesgo de inundaciones en Paraguay. A través de un esfuerzo colectivo se lograron productos concretos que hoy constituyen aportes valiosos para el país: los mapas de peligro de inundación en los Bañados Norte y Sur, la capacitación de la mesa de trabajo interinstitucional y la elaboración de un manual metodológico que asegura la replicabilidad de la experiencia en otras zonas del territorio nacional.

La capacitación impartida, acompañada por el apoyo técnico de expertos japoneses y la coordinación con JICA, no solo permitió transferir herramientas y metodologías, sino que también fomentó nuevas dinámicas de cooperación entre instituciones locales. Este proceso instaló capacidades y promovió una forma distinta de trabajar, en la que el conocimiento técnico y la experiencia internacional se combinaron con el saber local para dar respuestas más integrales.

El manual metodológico representa uno de los logros más relevantes, ya que trasciende el caso puntual de los Bañados y abre la posibilidad de aplicar la metodología en diferentes contextos del país. Este documento, junto con los productos cartográficos, constituye una referencia práctica para la planificación, la gestión territorial y la reducción del riesgo de desastres.

El proyecto también mostró el valor de utilizar datos alternativos provenientes de múltiples fuentes, como imágenes satelitales, registros hidrológicos, cartografía digital y datos abiertos. Esta integración permitió superar limitaciones de información y demostró que, incluso en contextos de restricciones, es posible generar resultados sólidos y de alto impacto para la gestión del riesgo.

No obstante, el piloto también señaló oportunidades de mejora que orientan el trabajo futuro. Es necesario avanzar hacia el uso de modelos digitales de elevación de mayor resolución, incorporar procesos de validación en campo y establecer mecanismos permanentes de actualización de datos hidrológicos y topográficos. Asimismo, fortalecer las plataformas de acceso público e interacción digital permitirá acercar esta información no solo a instituciones técnicas, sino también a comunidades y autoridades locales.

Gracias a este apoyo y al compromiso de las instituciones nacionales, el proyecto piloto no se limitó a un ejercicio académico, sino que sentó las bases de una práctica replicable y sostenible en el tiempo. En conjunto, el piloto mostró que la suma de cooperación internacional, trabajo interinstitucional y compromiso local puede transformar limitaciones en oportunidades y abrir el camino hacia una gestión más resiliente del riesgo de inundaciones en Paraguay.

8. ANEXOS

8.1. Procedimiento de desarrollo del modelo por iRIC Nays2D_Flood.

En esta sección se presenta un paso a paso de los procedimientos necesarios para la construcción y ejecución de un modelo de simulación de inundaciones, utilizando el software iRIC con el modelo Nays2D_Flood en conjunto con el software SIG ArcGIS Pro. Este procedimiento integra tanto la simulación hidráulica como el análisis espacial, garantizando la coherencia entre los insumos, el proceso de modelado y los productos finales.

- 1.Instalación del software iRIC y ArcGIS Pro en un equipo que cumpla con los requisitos mínimos de hardware y sistema operativo.
- 2.Procesamiento y análisis de datos espaciales en ArcGIS Pro, incluyendo la preparación de la cartografía base, la corrección y el recorte del Modelo Digital de Elevación (DEM), y la generación de capas temáticas necesarias para el modelo hidráulico.
- 3.Definición de la grilla de estudio en iRIC e importación de los datos topográficos.
- 4.Configuración de la grilla en Nays2D_Flood, incorporando el caudal de entrada y salida, junto con parámetros hidráulicos y del terreno.
- 5.Ejecución de la simulación en iRIC, generando los resultados hidráulicos que representan la distribución espacial de la inundación en el área de estudio.
- 6.Procesamiento de resultados en ArcGIS Pro, donde los datos obtenidos en iRIC se transforman en mapas de profundidad de la inundación, permitiendo su análisis espacial y la representación cartográfica de las zonas afectadas.
- 7.Validación del modelo, comparando los mapas generados con registros de campo o estudios previos, con el fin de evaluar la precisión y la fiabilidad de las simulaciones.

Es importante señalar que todas las figuras incluidas en esta sección fueron generadas en el flujo de trabajo combinado entre iRIC y ArcGIS Pro, lo que asegura la coherencia entre los procedimientos descritos y los resultados gráficos presentados.

8.1.1. Instalación del Software iRIC y Nays2D_Flood

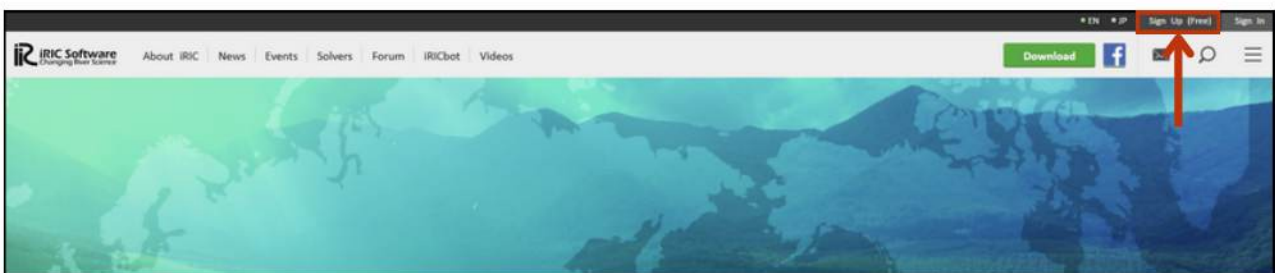
8.1.1.1. Requerimientos del sistema:

Para garantizar un rendimiento óptimo al utilizar el software iRIC, se recomiendan los siguientes requisitos del sistema:

- Sistema Operativo: Windows 10 o superior.
- Procesador: CPU de 64 bits con al menos 4 núcleos.
- Memoria RAM: 8 GB o más.
- Espacio en Disco Duro: Al menos 2 GB de espacio libre para la instalación, además de espacio adicional para almacenar proyectos y datos de simulación.
- Tarjeta Gráfica: Compatible con OpenGL 2.0 o superior.
- Resolución de Pantalla: Mínimo de 1280x1024 píxeles.
- Conexión a Internet: Requerida para la descarga del software y actualizaciones.

8.1.1.2. Descarga del programa:

- Para acceder a la página web de iRIC, visita el siguiente enlace:
<https://i-ric.org/en/about/>.
- En la esquina superior derecha, se hace clic en "Sign Up" para crear una nueva cuenta de usuario.



- Se completa el formulario con los datos, se aceptan los términos y condiciones, y una vez registrado, se procede con el siguiente paso.

Register

Email

Organisation

Password

Confirm Password

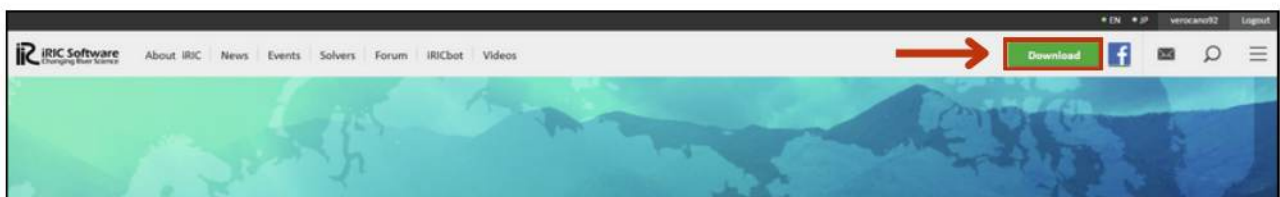
Passwords must be 7 or more characters long and contain both alphabet(s) and number(s).

☐ I agree to the [Terms and Conditions](#)

Register

[Log in](#) [Lost your password?](#)

- Una vez registrado, se inicia sesión con la cuenta creada para acceder a las opciones de descarga.



- Para descargar el software, se selecciona la última versión disponible de iRIC en la página oficial.



- Antes de continuar con la descarga, se debe leer y aceptar los términos de uso de iRIC. Una vez aceptados, se podrá proceder a seleccionar la última versión disponible para la descarga.

iRIC Terms of Use

By using materials and software provided by the International River Interface Cooperative (IRIC), including software and other material downloadable from this site (hereinafter referred to as IRIC contents), the user recognizes and agrees to the following points.

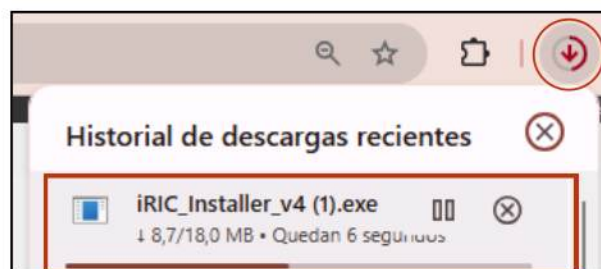
1. IRIC contents can be used free of charge for both commercial and non commercial purposes, but neither IRIC nor any other entity or person guarantees the accuracy or validity of the IRIC contents.
2. Therefore, any user of IRIC contents assumes all responsibility. Even if the user or other entity suffers damage resulting from IRIC contents, IRIC does not bear any burden or responsibility for that damage.
3. When using IRIC contents, the user must indicate such use using the IRIC logo. Please use either the logo mark displayed on the lower right of IRIC software windows or any of the following logos on any material displaying IRIC results.



4. IRIC develops software and provides information to contribute to the creation of a better society. Any use of the IRIC contents contrary to that purpose is forbidden.
5. Please contact us from the forum or inquiries on this site if you have information on software defects or potential functional improvements or if you find any mistake or problem in the IRIC contents.
6. We may use the information provided by users to improve the IRIC contents or otherwise improve our activities. However, any changes may not correspond to the information provided.
7. Personal information such as email addresses registered on this website will be used for the development and improvement of IRIC and for the administration and improvement of the website. We will not use this information for other purposes or provide it to any third party.
8. In the event that other matters arise not covered by this simple agreement or any doubts arise as to the meaning of any part of this agreement, IRIC will resolve the issue through consultation with the user.

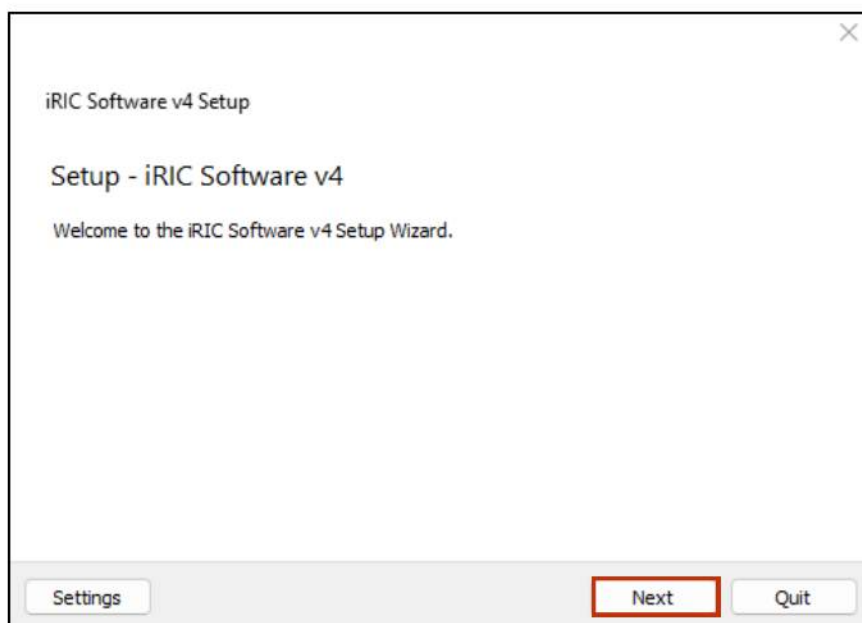
I agree and download

- Se espera unos momentos mientras se completa la descarga. Una vez finalizada, se accede a la sección de descargas en el Explorador de Archivos.

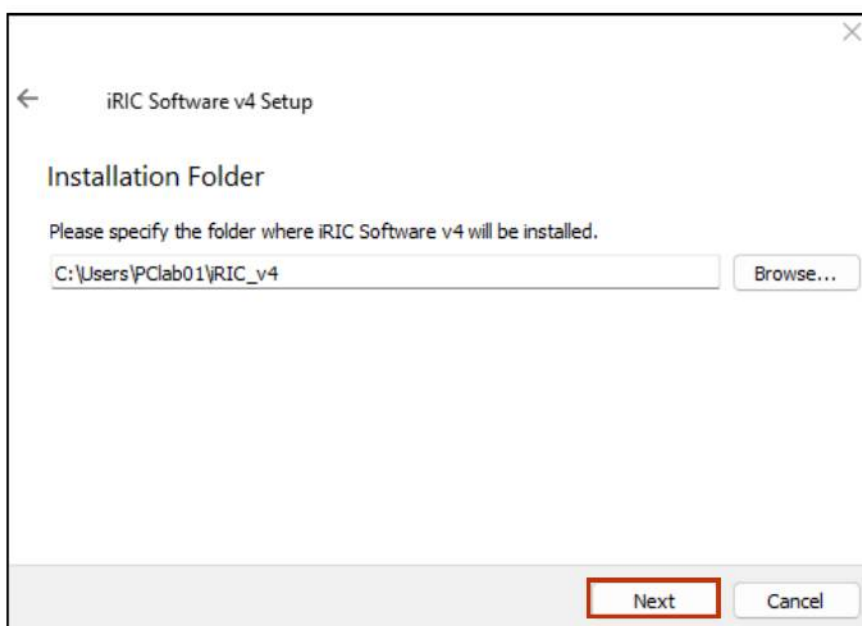


8.1.1.3. Instalación del software iRIC

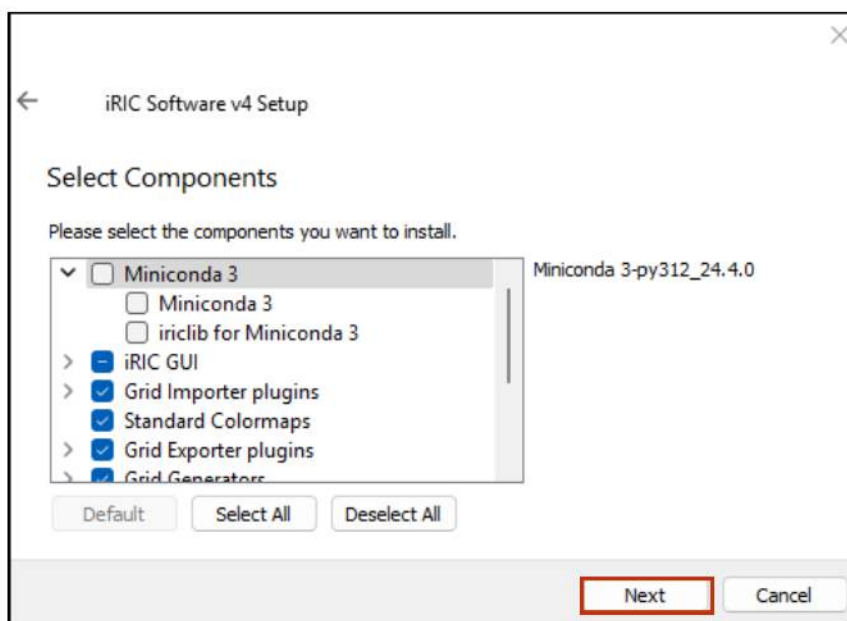
- Una vez ejecutado el archivo iRIC_Installer_v4, seleccionar "Next" para continuar con la instalación.



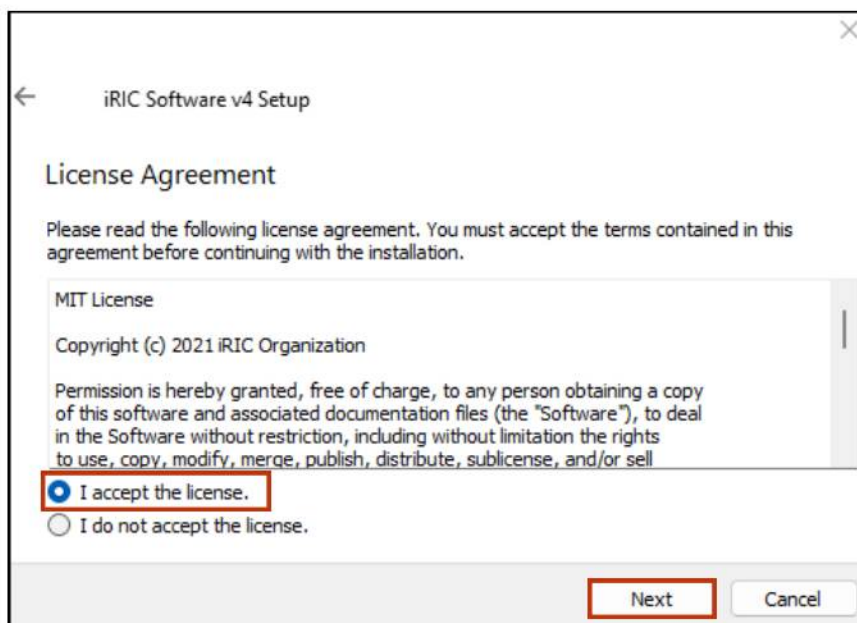
- Seleccionar la carpeta destino donde desee instalar el software. Si no se requiere cambios de la ubicación predeterminada, continuar haciendo clic en "Next".



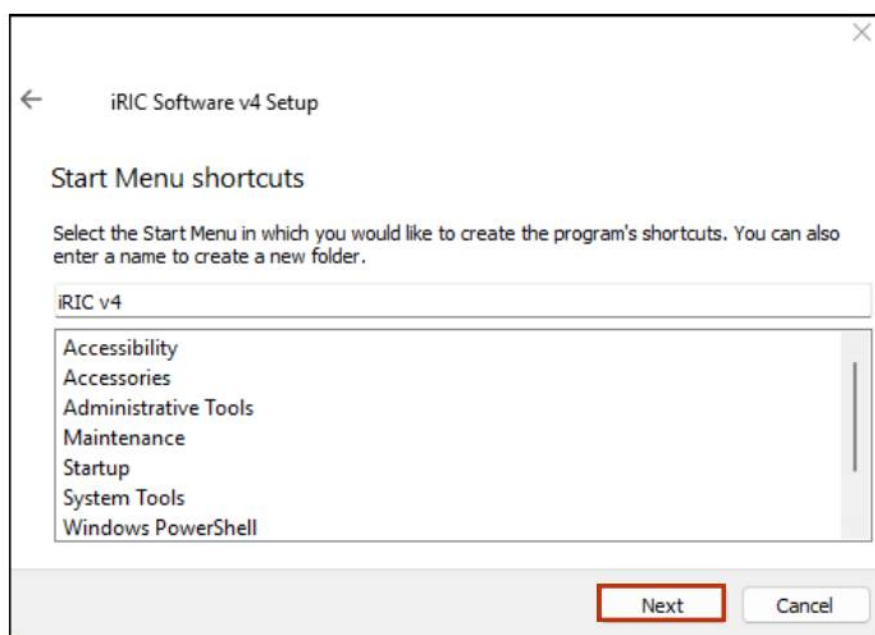
- Sin realizar ninguna modificación, clic en "Next" para continuar con el proceso de instalación.



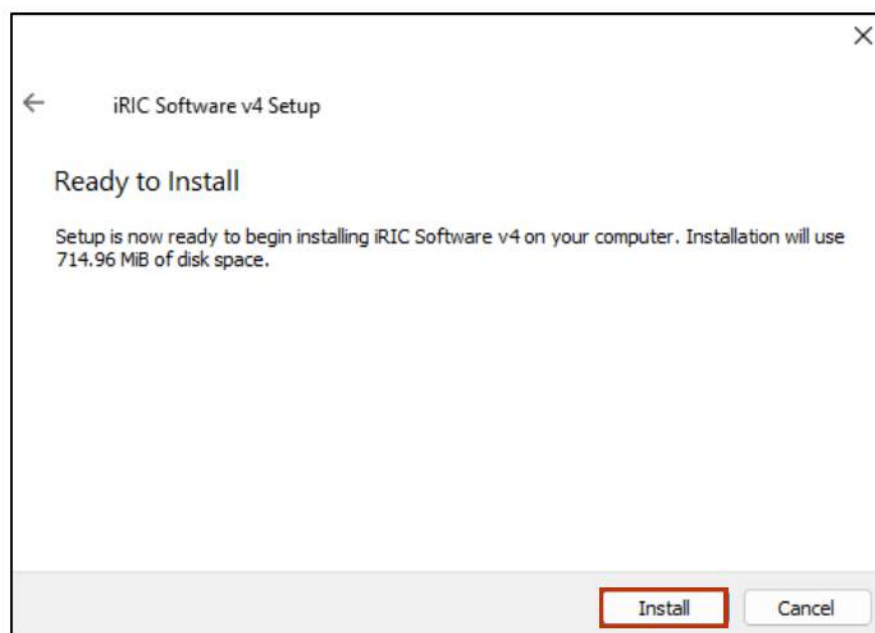
- Aceptar los términos de la licencia seleccionando la opción correspondiente y luego clic en "Next" para continuar.



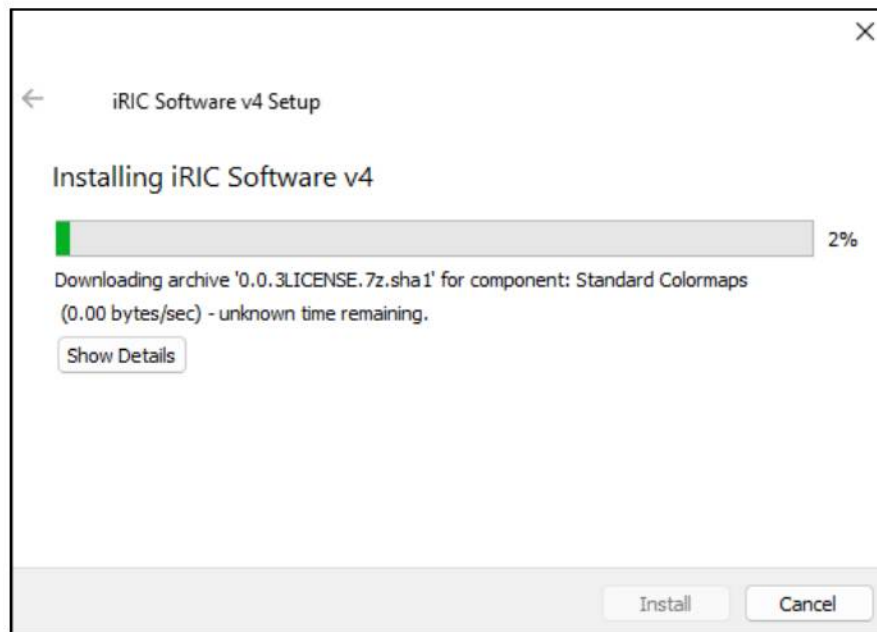
- Clic en “Next” para continuar con la instalación.



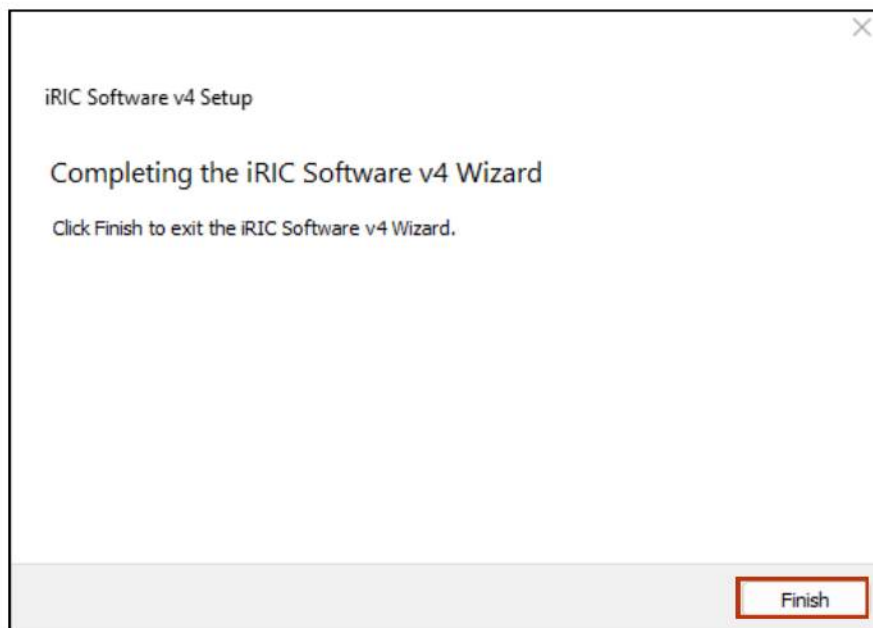
- Clic en “Install” para iniciar la instalación.



- Aguardamos que se complete la instalación.



- Clic en “Finish” para terminar el proceso.



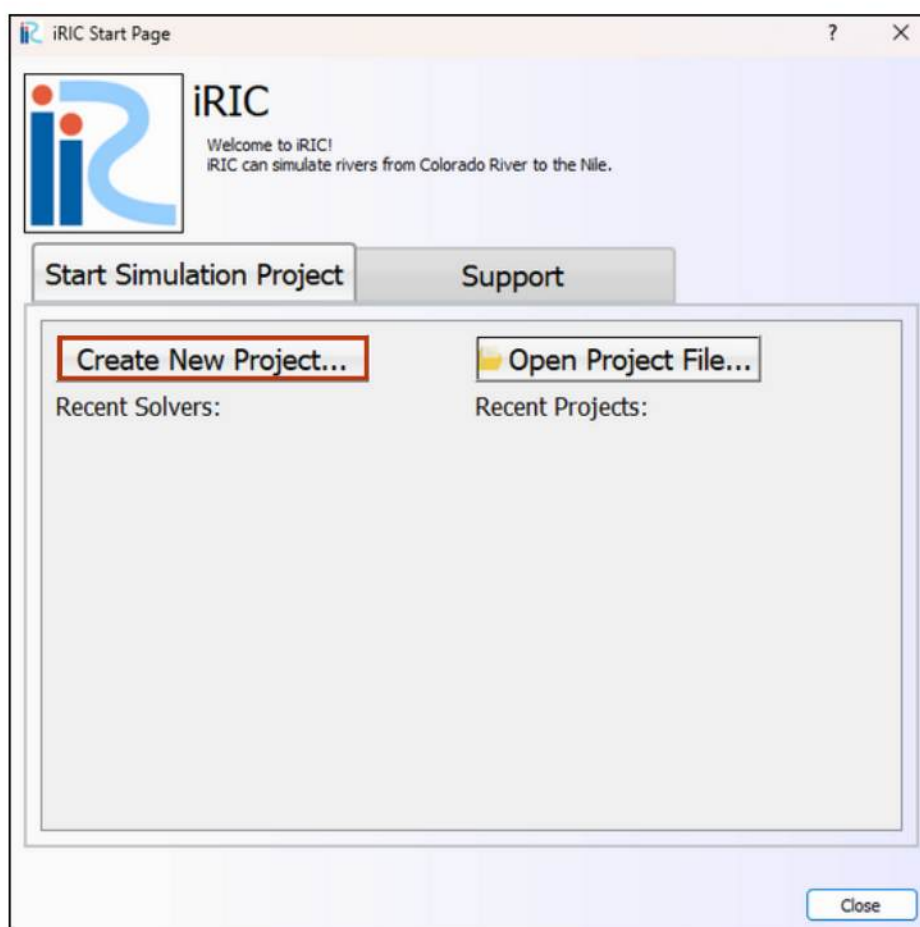
8.1.2. Creación del Proyecto en iRIC

8.1.2.1. Crear proyecto

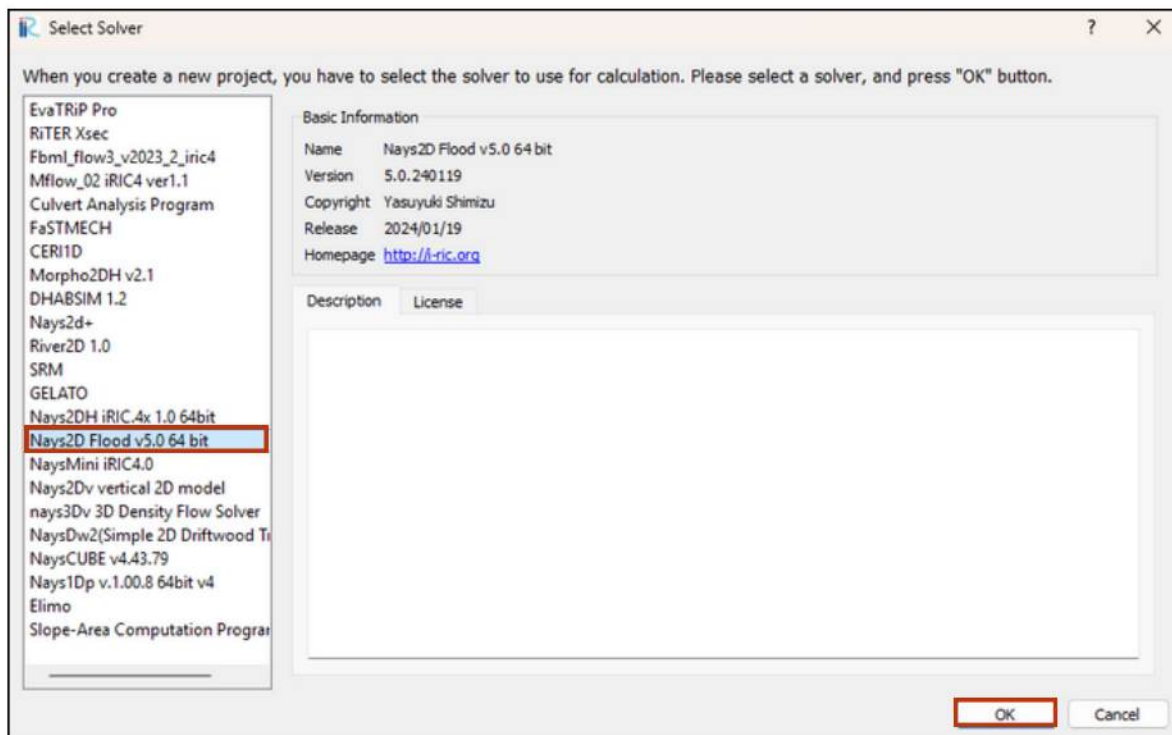
- Iniciar con iRIC.



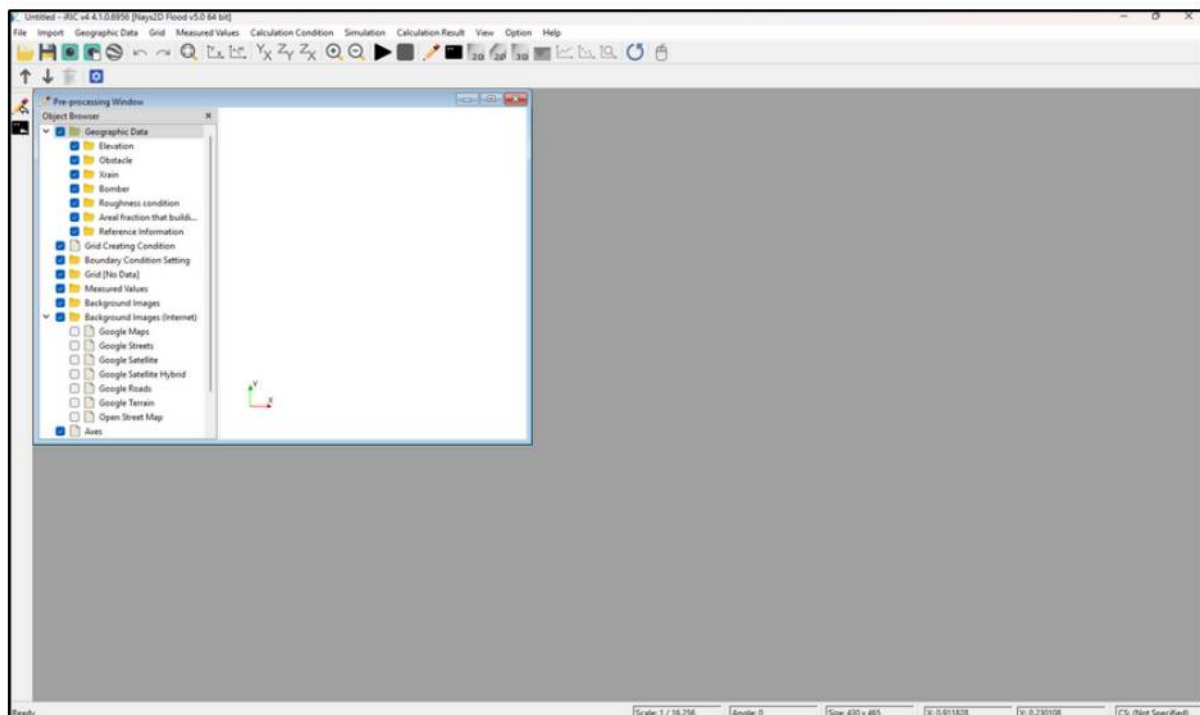
- Crear un nuevo proyecto: Al abrir el programa iRIC, aparecerá una ventana emergente que ofrece dos opciones: crear un nuevo proyecto seleccionando "Create New Project" o abrir un proyecto previamente trabajado eligiendo "Open Project File".



- Se abrirá una ventana emergente llamada "Select Solver", la cual permite seleccionar el método o algoritmo adecuado para resolver problemas específicos en el software, ya sea de análisis numérico, optimización o simulación.
- En el mismo seleccionamos la opción "Nays2D Flood v5.0 64 bit", ya que es una herramienta especializada para la simulación bidimensional (2D) de inundaciones. Este emplea principalmente para modelar la propagación del agua en áreas urbanas y rurales, teniendo en cuenta variables clave como la topografía, las precipitaciones, los caudales y las características del terreno.
- Su función principal es predecir cómo se comportan las aguas durante un evento de inundación, lo cual es crucial para la planificación urbana y la mitigación de desastres.



- La nueva área de trabajo en iRIC se muestra con una interfaz organizada en varias secciones clave:
 - Barra de herramientas superior: Contiene opciones de importación, configuración de datos geográficos, generación de mallas y simulaciones.
 - Ventana de preprocesamiento (Pre-processing Window): Permite administrar los datos geográficos, las condiciones de grilla, la malla y las imágenes de fondo.
 - Área principal de trabajo: Espacio donde se visualizarán las simulaciones y análisis.
 - Panel de estado inferior: Muestra información de escala, ángulo y coordenadas.
- A partir de este entorno, se pueden cargar y configurar los datos necesarios para la simulación de inundaciones.



- Herramientas principales del menú a ser utilizadas:



- 1- Guardar.
- 2- Ejecutar Simulación.
- 3- Ventana de Preprocesador Focus.
- 4- Abrir nueva ventana de Post-Procesamiento 2D.
- 5- Play para visualizar simulación.
- 6- Temporizador de simulación.

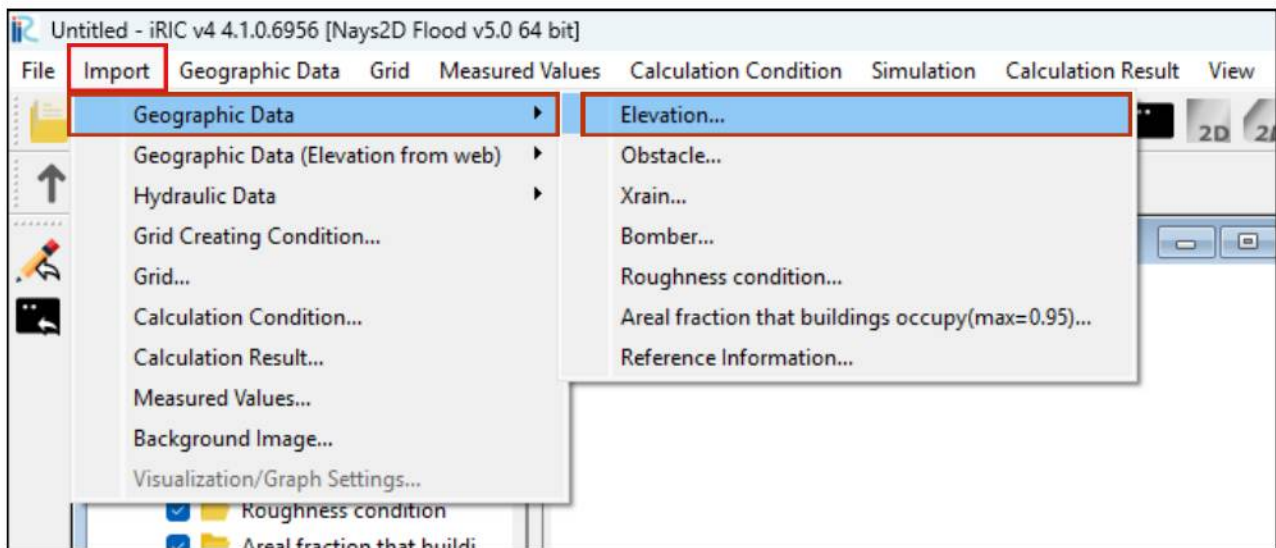
8.1.3. Importación de los datos topográficos

8.1.3.1. Descarga de datos para simulación de inundación:

- Para la obtención de los datos que se utilizarán, es descargado del siguiente enlace: <https://drive.google.com/drive/folders/15wO8vHjFoM-VzUOI8FNyp1ETP5o6tvt?usp=sharing>.
- Se descargan todos los archivos de la carpeta, y se importan los datos del **“DEM_PY_Training01”**, al que se le debe especificar el sistema de coordenadas de **“EPSG:32721: WGS 84 zone 21S”**. Dependiendo de la capacidad de la computadora y del tamaño del DEM, puede tardar algunos momentos en importar los datos.

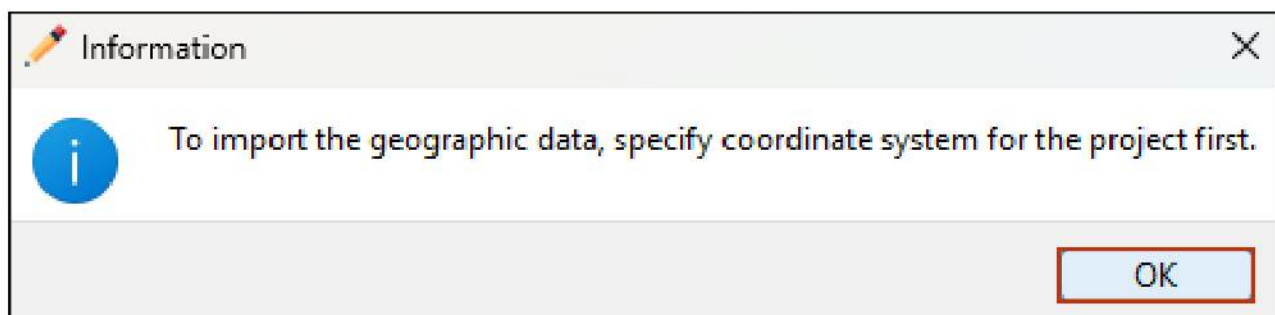
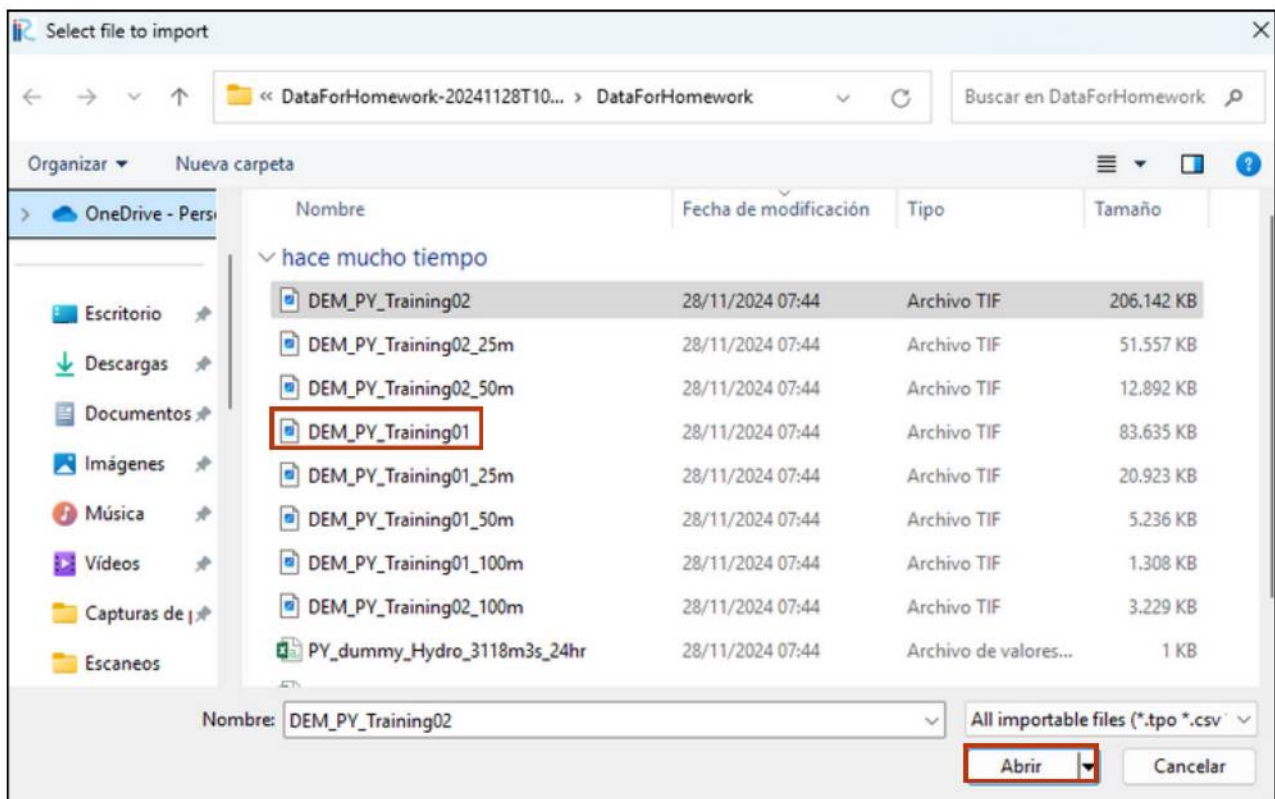
8.1.3.2. Importar datos:

- Desde el panel de control, se selecciona el elemento “Import”, entre las opciones se elige **“Geographic data”** y luego **“Elevation”**.

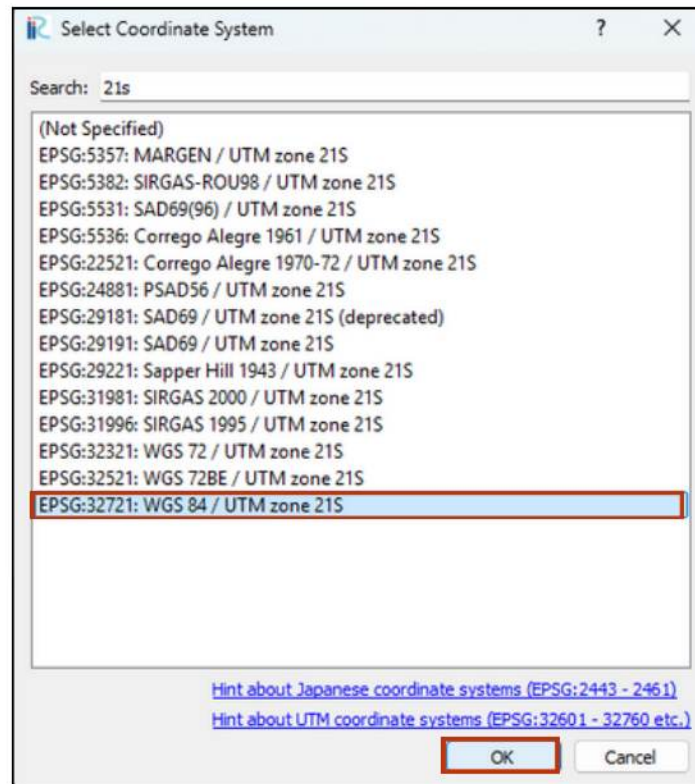


Este proceso permite cargar el Modelo Digital de Elevación (DEM), que servirá como referencia para representar con precisión la topografía del terreno. Esto es fundamental para definir las condiciones iniciales y de contorno en las simulaciones, asegurando resultados más realistas y precisos.

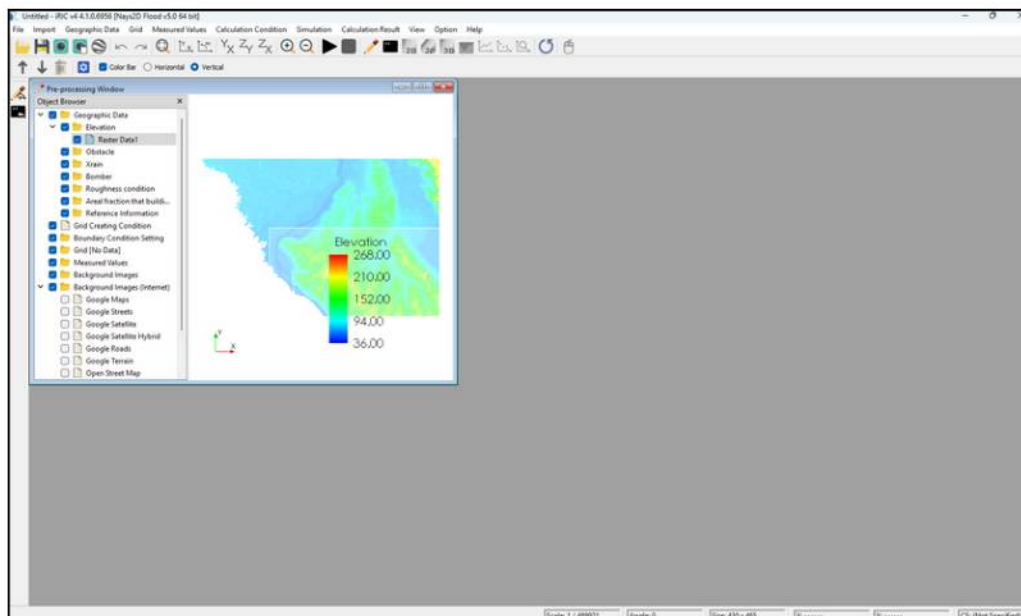
- Se selecciona el archivo DEM_PY_Training01.tif, una vez abierto se pulsa OK a la ventana emergente que aparecerá.



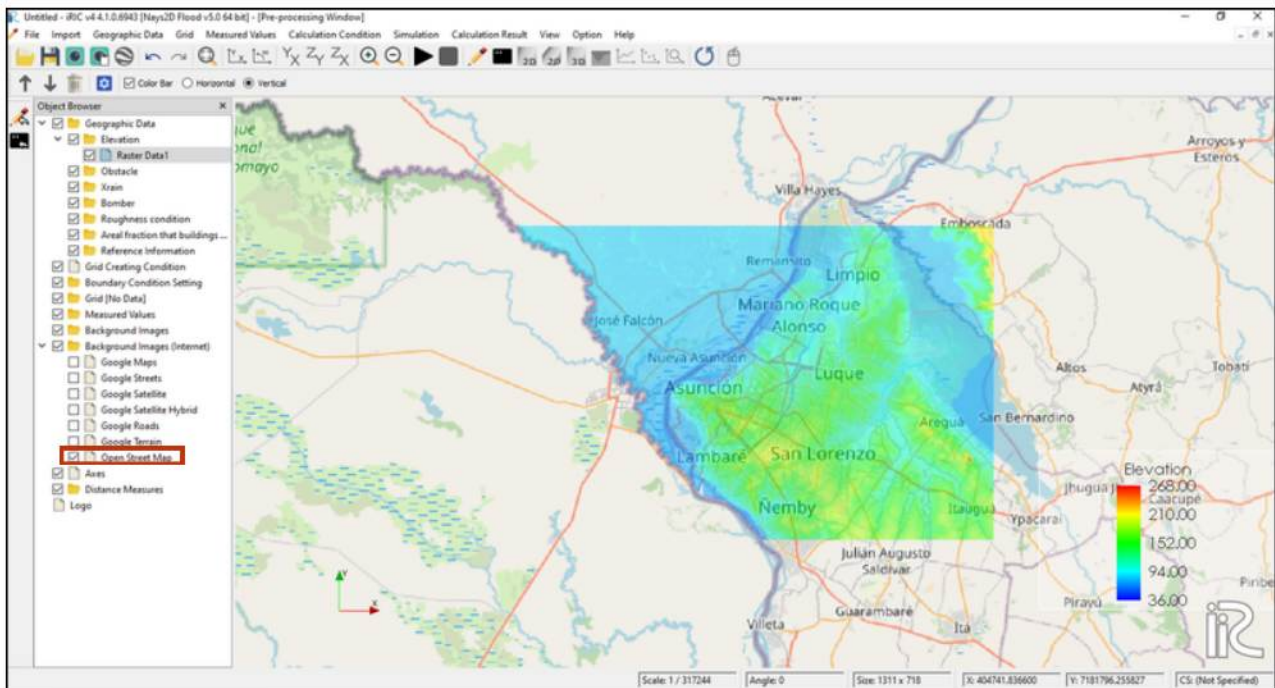
- Se especifica el sistema de coordenadas a “EPSG:32721: WGS 84 zone 21S”.



- Dependiendo de la capacidad de la computadora y del tamaño del DEM, puede tardar algunos momentos en importar los datos. El mismo se visualizará de la siguiente manera:



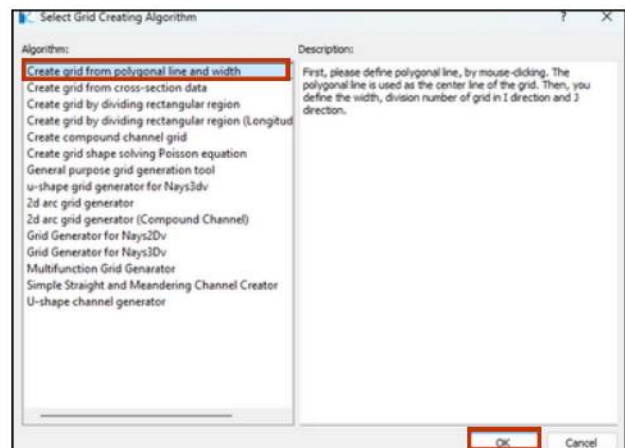
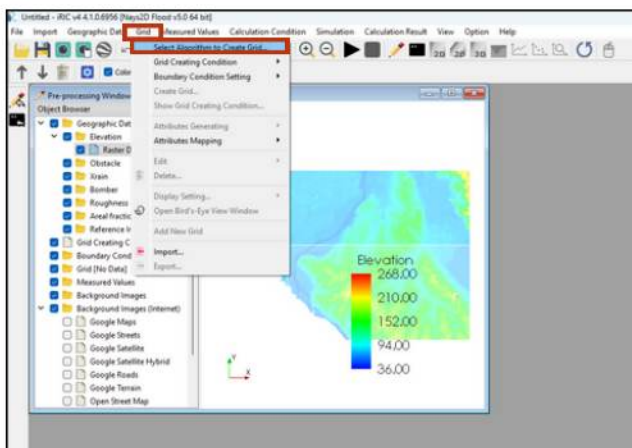
- Primero, se activa el mapa base de **"OpenStreetMap"** o en su defecto **"Google Maps"**, ya que servirá como referencia para definir con precisión los puntos de "Upstream" y "Downstream" en la simulación.



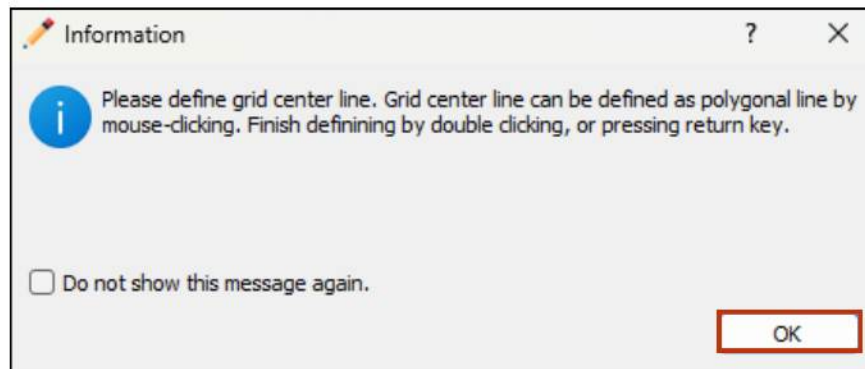
8.1.4. Creación de cuadrícula de cálculo

8.1.4.1. Creación de Grilla

- Desde el panel de control, se selecciona el elemento **"Grid"**, que hace referencia a las cuadrículas de cálculo. Se elige **"Select algorithm to Create Grid"** para seleccionar el algoritmo adecuado para crear una malla o cuadrícula.
- Se abrirá una ventana emergente para seleccionar el tipo de algoritmo para la creación de las cuadrículas, el cual se elegirá **"Create grid from polygonal line and width"** que permitirá establecer el **"Upstream/Downstream"** para la simulación.



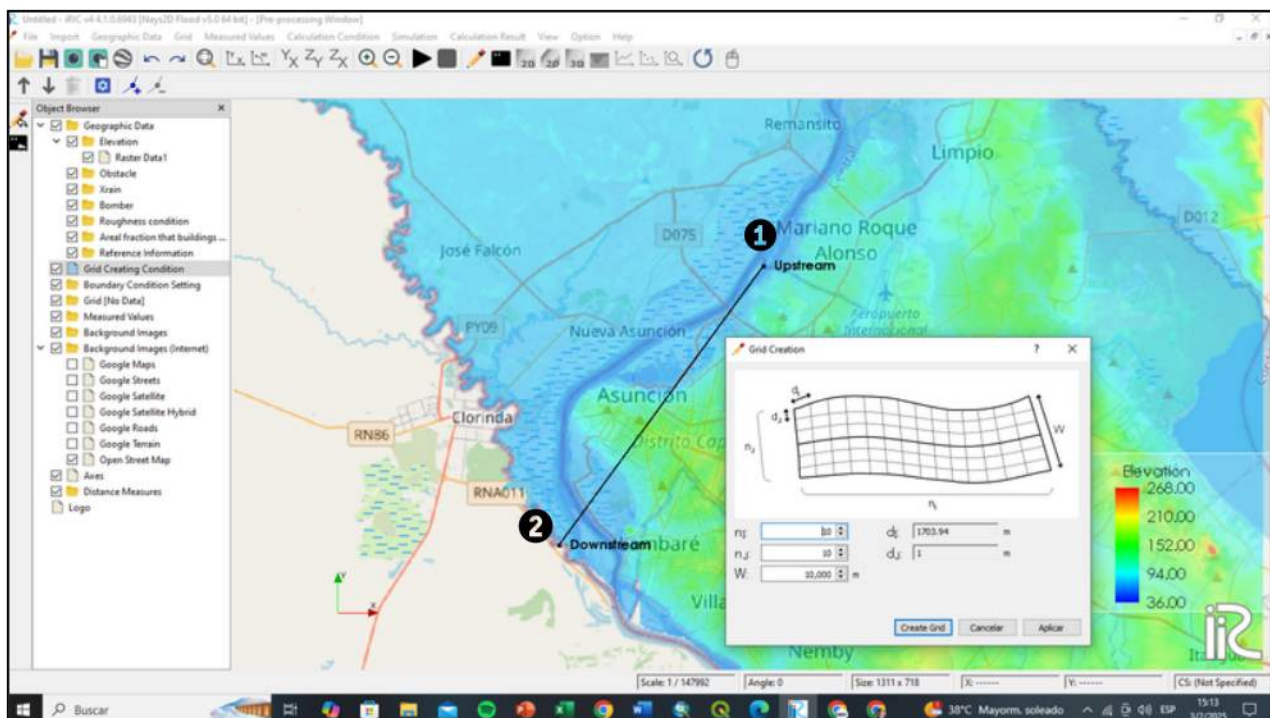
- Aparecerá una ventana emergente con instrucciones sobre cómo definir la línea central de la malla como una línea poligonal, utilizando clics del mouse. Para finalizar la definición, se debe hacer doble clic o presionar la tecla Enter. Se hace clic en **"OK"** para continuar.



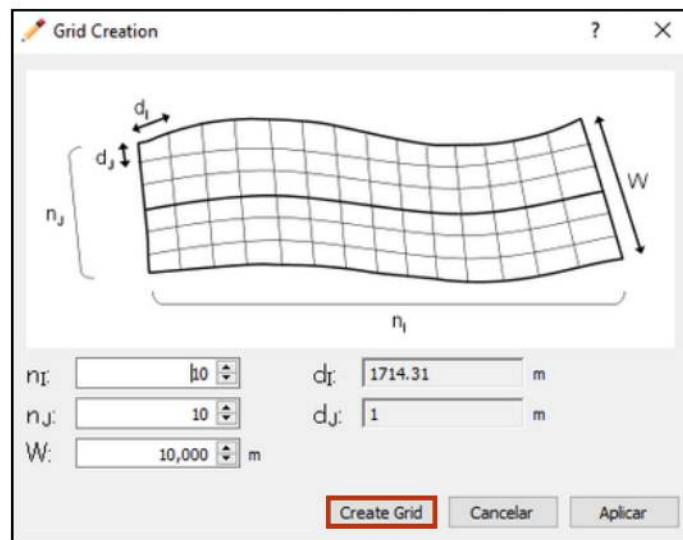
- Es importante mencionar que el área de trabajo puede ampliarse maximizando la ventana de Pre-procesamiento, lo que facilita una mejor visualización y manipulación de los datos.



- Para definir el punto de inicio, se indica con un solo clic en la ubicación correspondiente al (1) "Upstream". Luego, para establecer el (2) "Downstream", realiza un doble clic en el punto final. Si se desea alejar o acercar el maps se debe presionar Control mientras se mueve la rueda del mouse. Esta selección se realiza para señalar el inicio y final del flujo de agua que se desea simular con el software.



- Una vez establecido los puntos, se desplegará la ventana emergente de “Grid Creation” para establecer los valores de ancho y largo de las cuadrículas, donde:
 - n_l (Número de Celdas Longitudinales): introduce el número deseado de celdas en la dirección longitudinal. Un mayor número de celdas aumentará la precisión pero también el tiempo de cálculo.
 - n_j (Número de Celdas Transversales): introduce el número deseado de celdas en la dirección transversal.
 - d_l (Distancia Longitudinal de la Celda): especifica la longitud de cada celda en la dirección longitudinal.
 - d_j (Distancia Transversal de la Celda): especifica el ancho de cada celda en la dirección transversal.
 - W : es el ancho de las celdas en la dirección transversal (eje J).

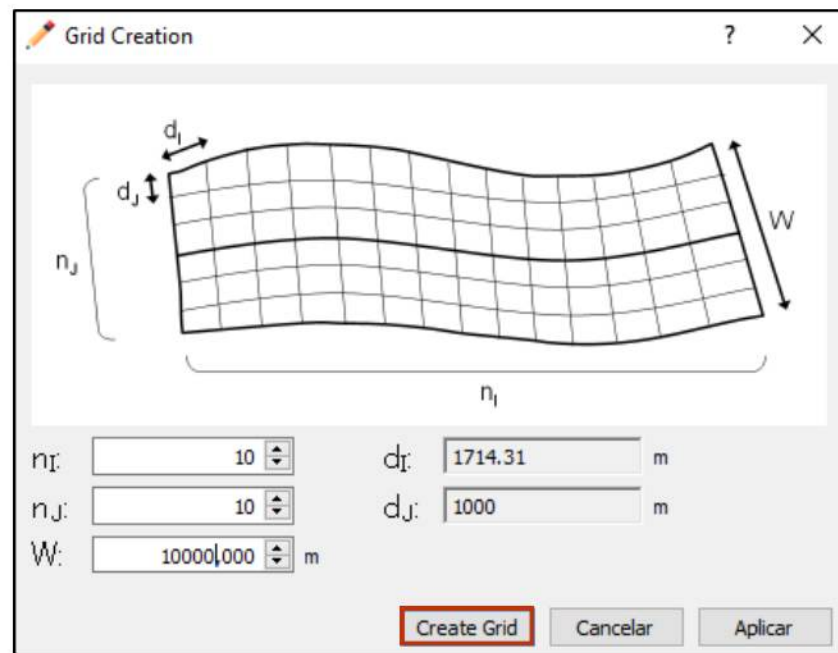


- Para la práctica, se analizan las distintas resoluciones de creación de la malla, las cuales pueden ajustarse según las necesidades del operador. En cada caso, se observa que, a medida que se incrementa la resolución de la cuadrícula, también aumenta la cantidad de celdas dentro del área definida.

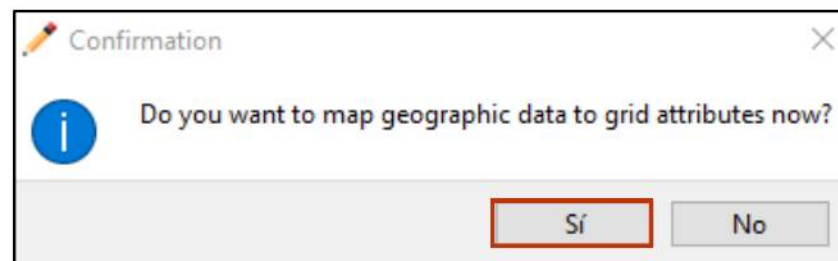
8.1.4.2. Configuración de datos para simulaciones de inundaciones por cuenca y precipitación

- En esta sección, se presentarán tres ejemplos de resolución de grilla para simulaciones de inundaciones considerando diferentes configuraciones. Cada caso mostrará cómo varía la precisión del modelo según la densidad de la grilla establecida por el operador. A medida que se incrementa la resolución, el número de celdas dentro del área de estudio aumenta, permitiendo una mayor precisión en la representación del flujo de agua y la topografía del terreno.

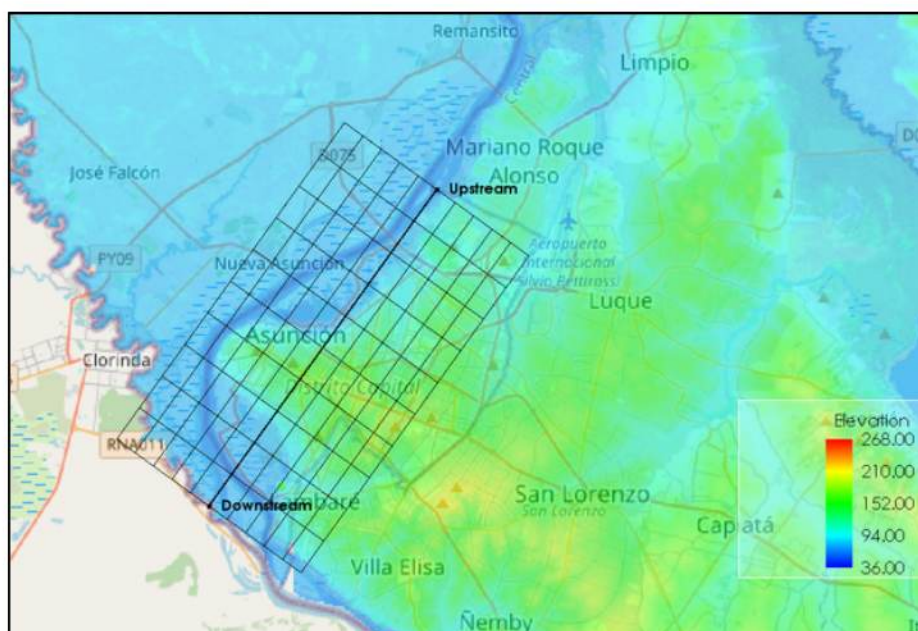
- Caso 1
 - Configuración de la grilla y valor de ancho y largo de las cuadrículas.



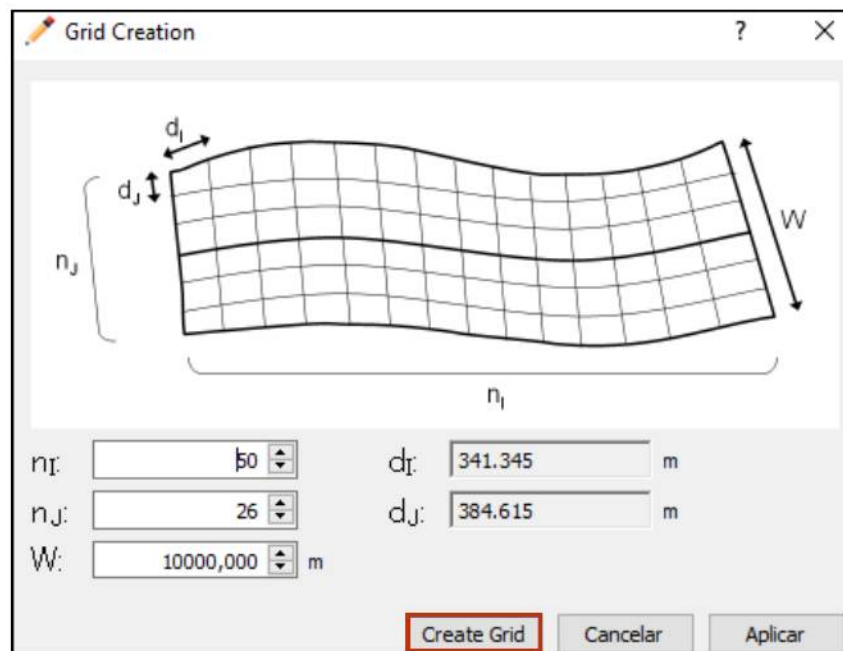
- "Sí" para la asignación de atributos.



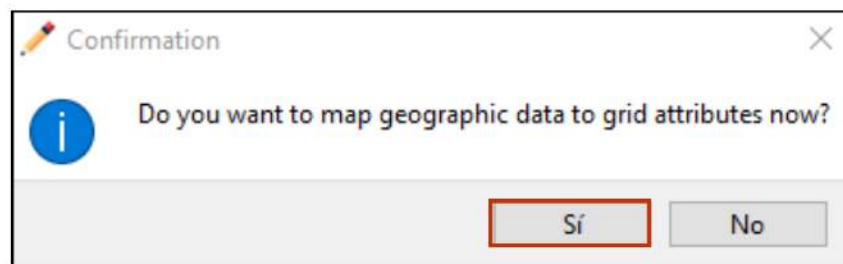
- Se observan la resolución de la grilla que varía según la configuración del operador.



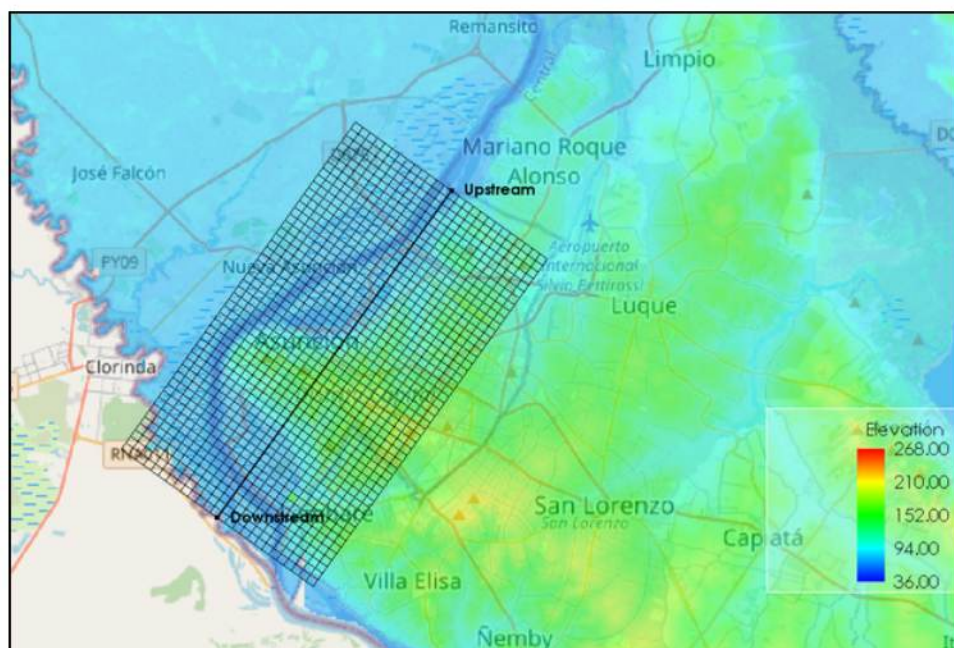
- Caso 2
 - Configuración de la grilla y los valor de ancho y largo de las cuadrículas.



- “Si” para la asignación de atributos.

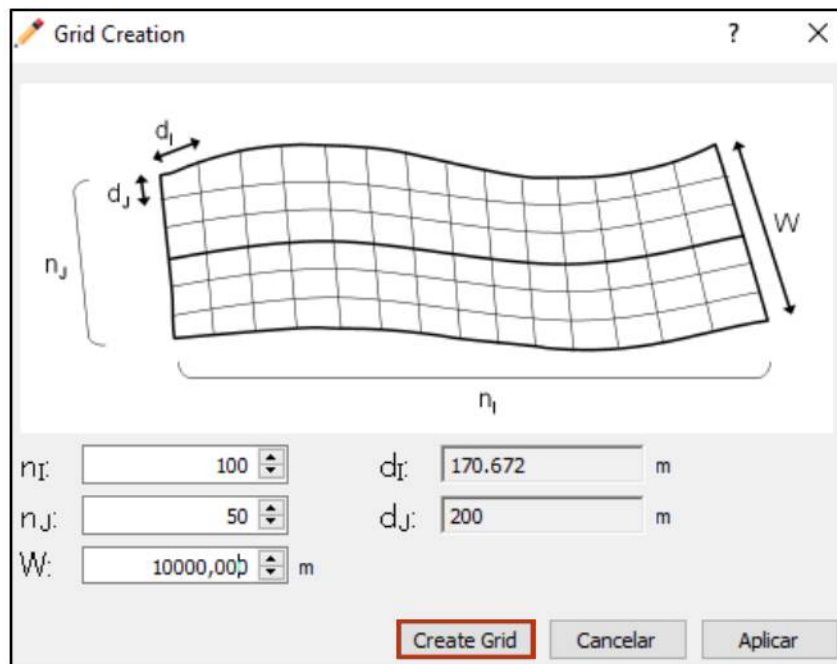


- Se observan la resolución de la grilla que varía según la configuración del operador.

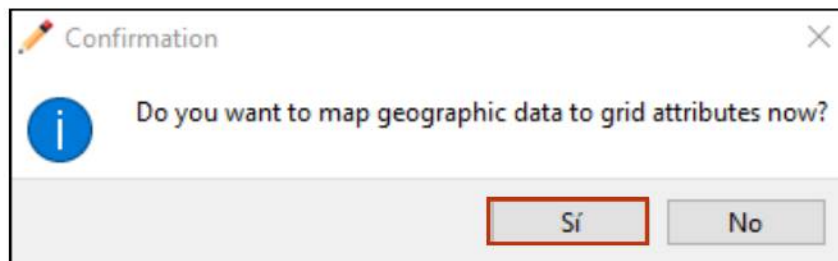


- Caso 3

- Configuración de la grilla y los valor de ancho y largo de las cuadrículas.



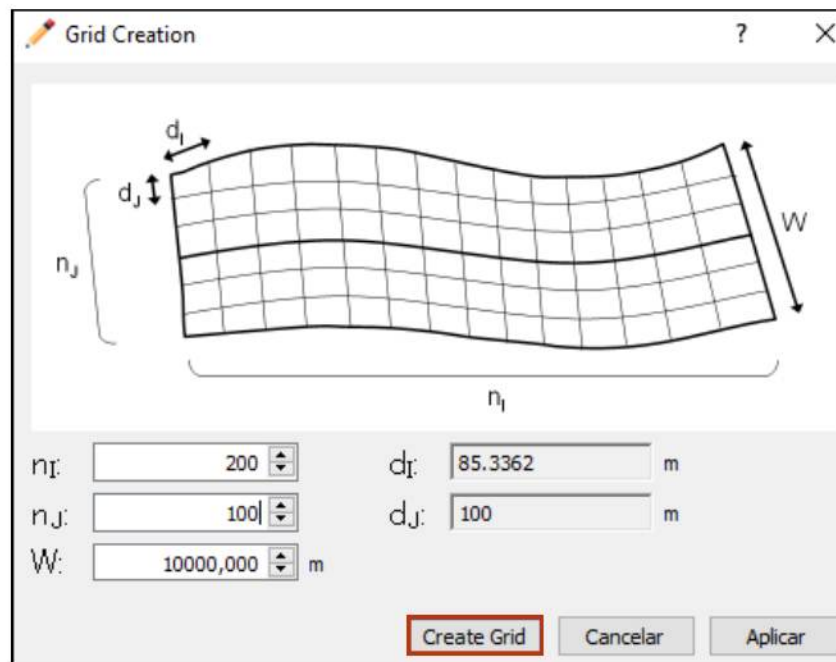
- “Sí” para la asignación de atributos.



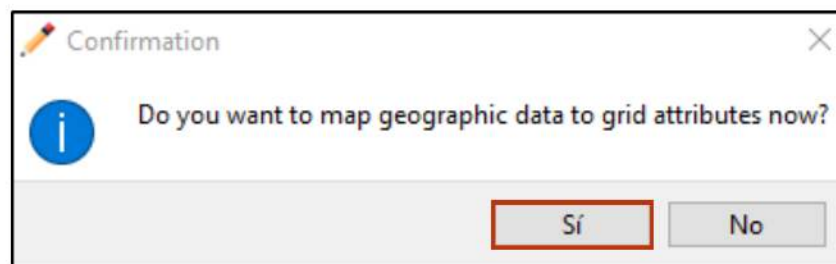
- Se observan la resolución de la grilla que varía según la configuración del operador.



- Caso 4
 - Configuración de la grilla y establecemos los valor de ancho y largo de las cuadrículas.



- “Sí” para la asignación de atributos.



- Se observan la resolución de la grilla que varía según la configuración del operador.



8.1.5. El Hidrograma

Representa la variación temporal del caudal o nivel del agua, se obtiene a partir de mediciones de campo o mediante modelos hidrológicos de escorrentía. En el caso del Río Paraguay, su extensa cuenca fluvial hace que el cálculo de la escorrentía en puntos específicos sea un desafío, debido a la complejidad de los procesos hidrológicos que intervienen en su dinámica.

En este entrenamiento, se emplea un hidrograma modelo elaborado por el equipo de CTI Engineering International, con el objetivo de facilitar el aprendizaje.

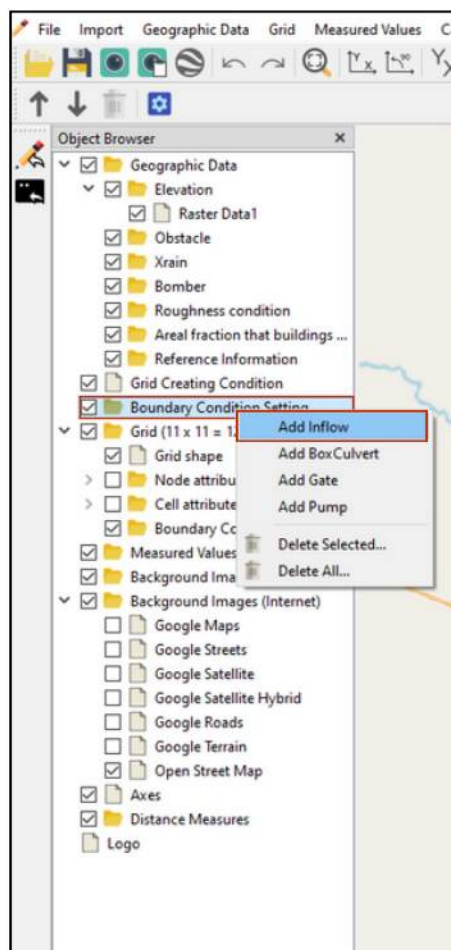
8.1.5.1. Obtención de los datos

- Para la obtención de los datos que se utilizarán se obtienen en el siguiente link: <https://drive.google.com/drive/folders/15wO8vHjFoM-VzUOI8FNyp1ETP5o6tv?usp=sharing>
- El archivo debe estar en formato CSV.

8.1.5.2. Iniciar configuración del Caudal

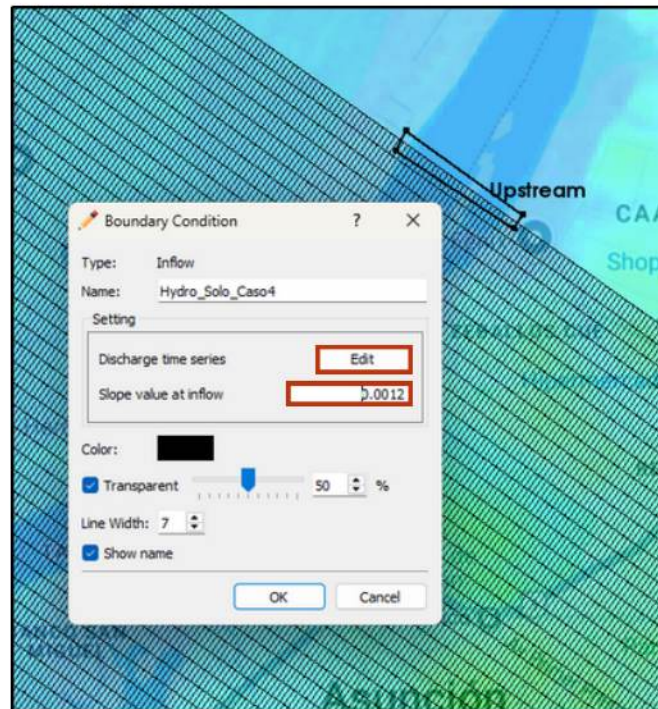
Para la simulación se utilizará la grilla del Caso 4.

- Para incorporar los datos de entrada en el modelo, diríjase al panel de contenido del área de trabajo. Luego, se selecciona la opción **“Boundary Condition Setting”** con el clic derecho o secundario y selecciona **“Add Inflow”** para añadir el caudal de entrada a la simulación.



- Una vez creado **"New Inflow"**, este aparecerá en la tabla de contenidos. Para definirlo, nos dirigimos al área de trabajo y selecciona, mediante clics, los vértices que delimitarán el área de ingreso del flujo del río. Para finalizar el trazado, se realiza un doble clic.

Es importante que la mitad del trazado quede dentro de los cuadros de la malla y la otra mitad fuera, asegurando una correcta representación del flujo. Luego de definir el área, aparecerá una ventana emergente donde se configuran las condiciones de límite **"Boundary Condition"**, tal como se muestra en la siguiente imagen:



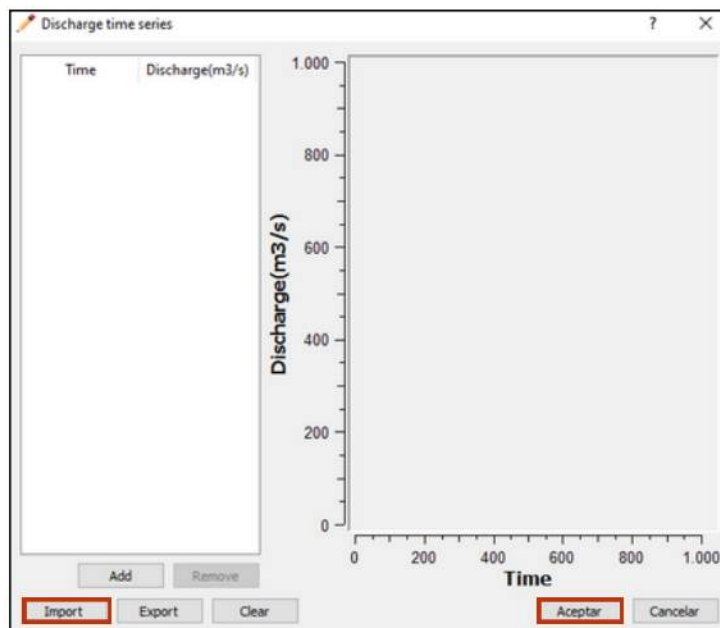
- En la ventana emergente se le asigna el nombre, en este caso se le asignó el nombre Hydro_Solo_Caso4, es solo ya que no se le agregó obstáculos. Seguidamente, cambiamos el valor del ítem **"Slope value at inflow"** a 0.0012, luego nos dirigimos a el Botón de **"Edit"**.

Es importante aclarar que el valor de "Slope value at inflow" de 0.0012, fue proveído por el equipo de CTI Engineering International luego que fuera estimado la pendiente del lecho del río.

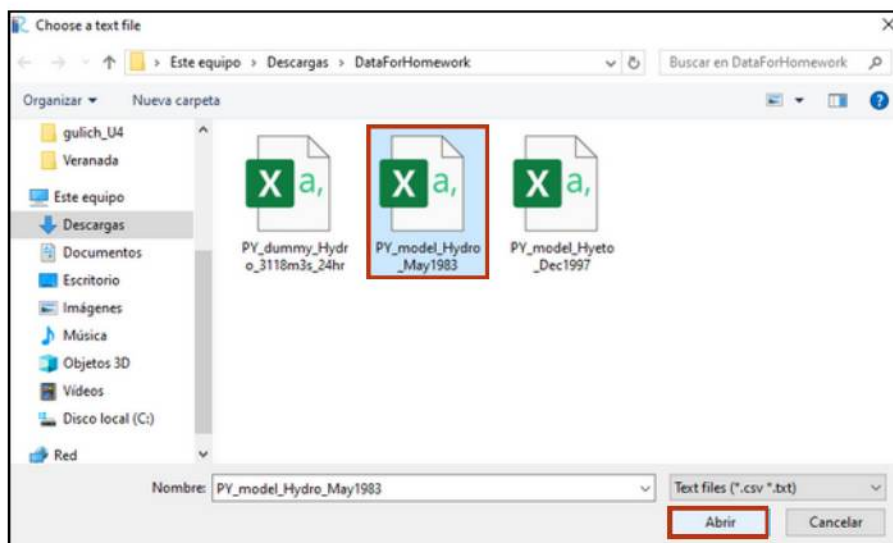
- A la siguiente ventana emergente le damos "Aceptar".



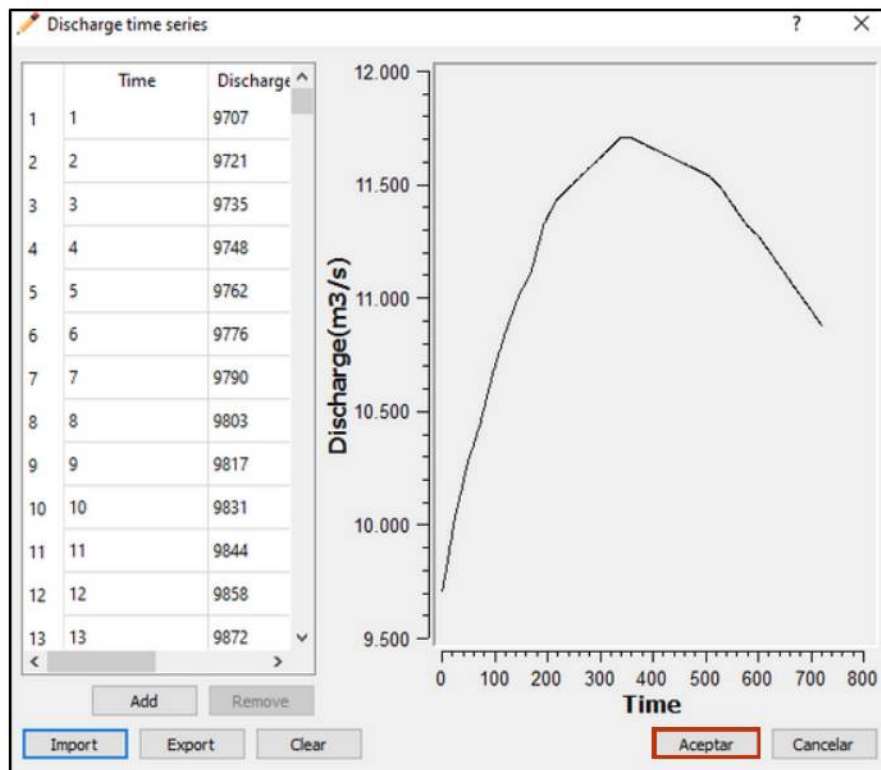
- Seguidamente, se abrirá otra ventana **"Discharge Time Series"**, donde se deben ingresar los valores de caudal en función del tiempo. Para ello, se pueden agregar datos manualmente con el botón **"Add"**, pero en este caso se importa un archivo con valores predefinidos mediante **"Import"**, los datos se pueden limpiar la lista con **"Clear"**. En el gráfico de la derecha, se visualizará la serie temporal del caudal una vez que se hayan ingresado los datos. Finalmente, se confirma la configuración presionando **"Aceptar"**.



- Se selecciona el archivo con extensión .csv, utilizando los datos previamente descargados y proporcionados por la JICA **"PY_model_Hydro_May1983"**.



- Se muestra la siguiente visualización. Para continuar, clic en **"Aceptar"** lleva a la ventana anterior y finaliza la configuración con el botón **"OK"**.

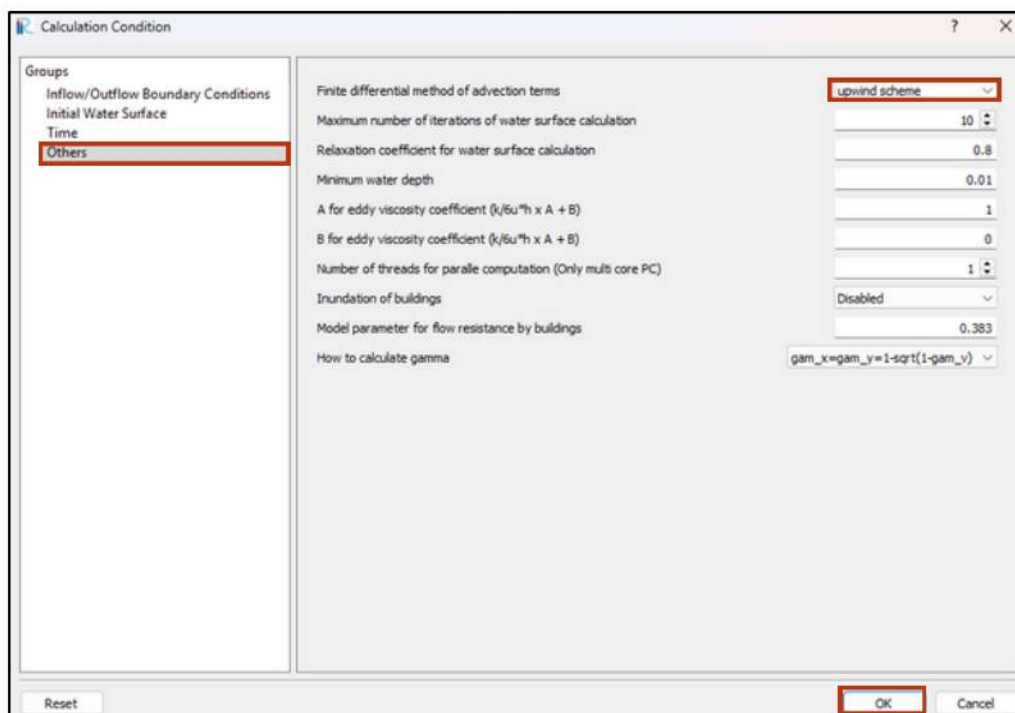
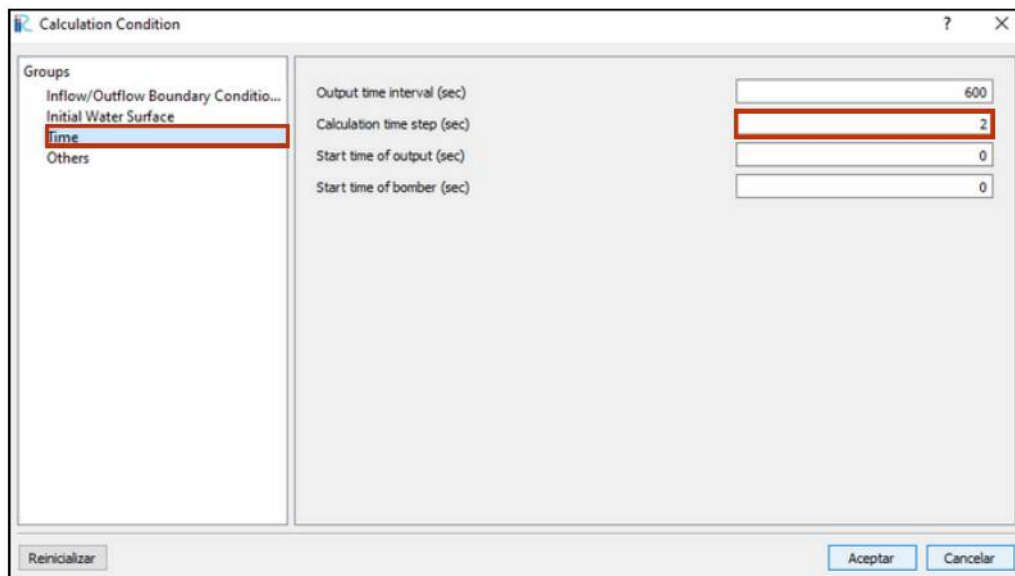


8.1.5.3. Condiciones de Cálculo

- En el Menú de herramientas acceder a "Calculation Condition".



- En la siguiente ventana, se modifica según lo indicado en las imágenes a continuación:



Se modificó la unidad de tiempo de descarga de segundos a horas. Se definió un paso de tiempo (time step) de simulación de 2 segundos.

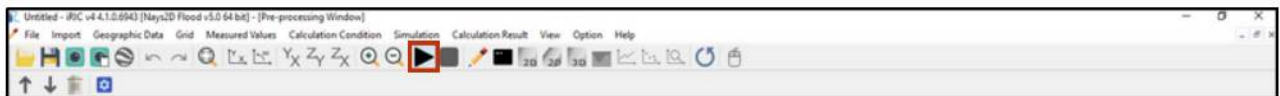
En la sección **"Finite Differential Method of Advection Terms"**, donde el modelo emplea un esquema de diferencias finitas para aproximar los términos de advección en las ecuaciones diferenciales del flujo, se seleccionó el **"Upwind Scheme"** (esquema a favor del viento o de flujo ascendente). Este método numérico mejora la estabilidad de la simulación al considerar la dirección del flujo en el cálculo de los valores de cada punto de la malla. Su uso es especialmente útil para evitar oscilaciones no físicas y es ampliamente empleado en modelos hidrodinámicos y de transporte de contaminantes.

Se recomienda utilizar una resolución más alta para obtener resultados más detallados, aunque esto puede aumentar el tiempo de cálculo.

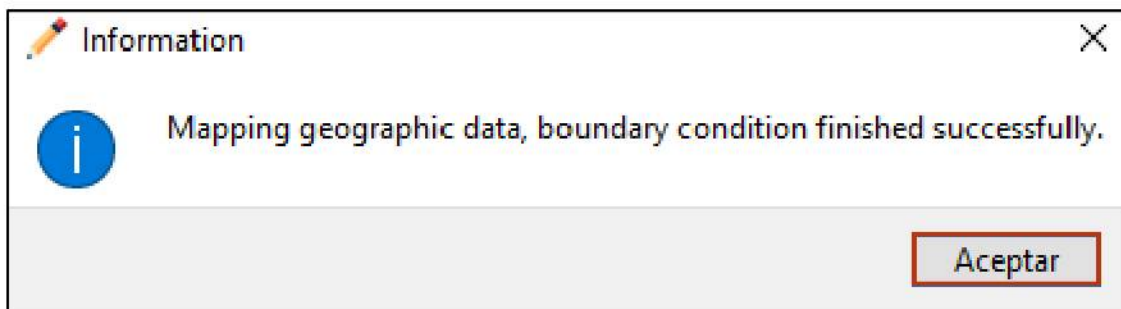
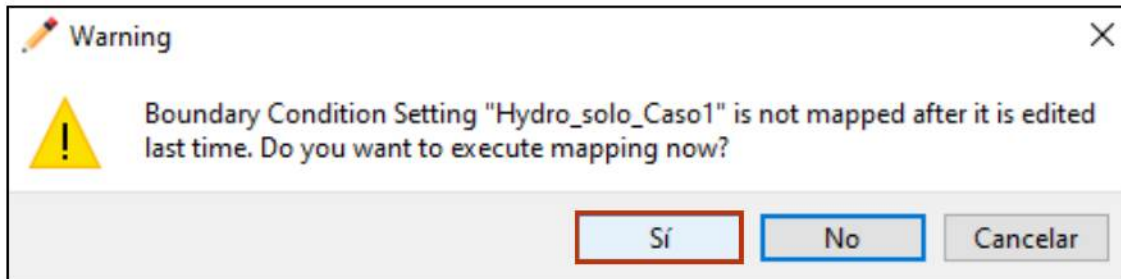
El resto de la configuración se mantiene en su estado predeterminado.

8.1.5.4. Correr la simulación

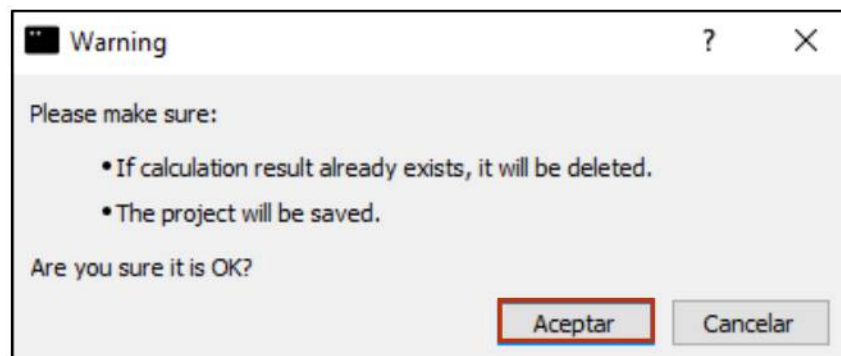
- Nos dirigimos a la barra de herramientas principal a damos clic en “Run” 



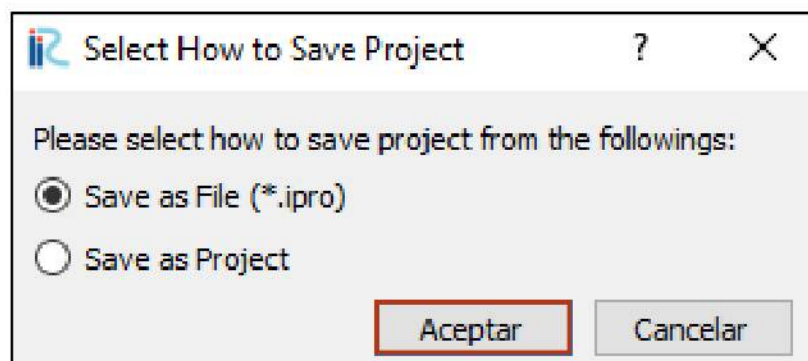
- Continuamos con “SI” y luego “Aceptar”.



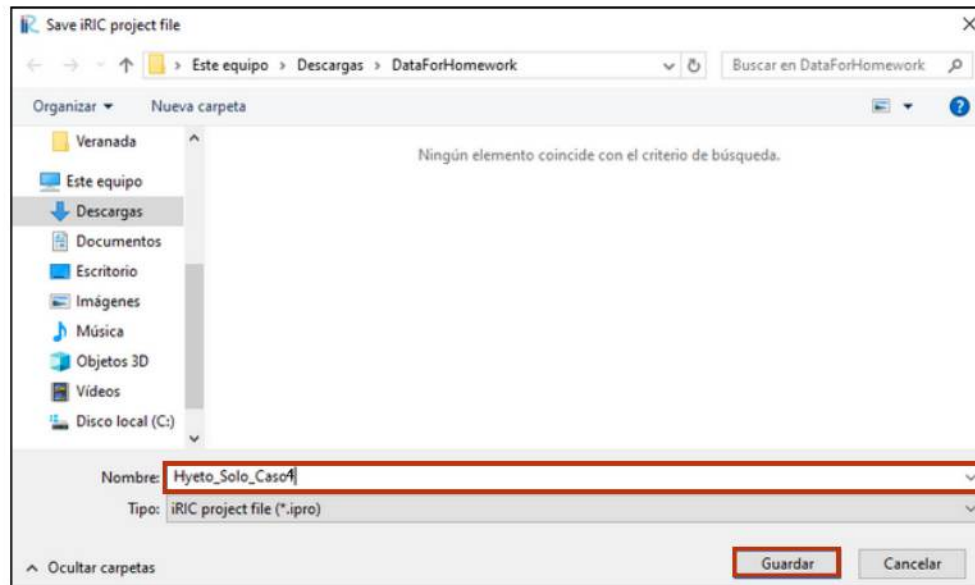
- En la barra de herramientas clic en “Run” .
- “Aceptar” para continuar.



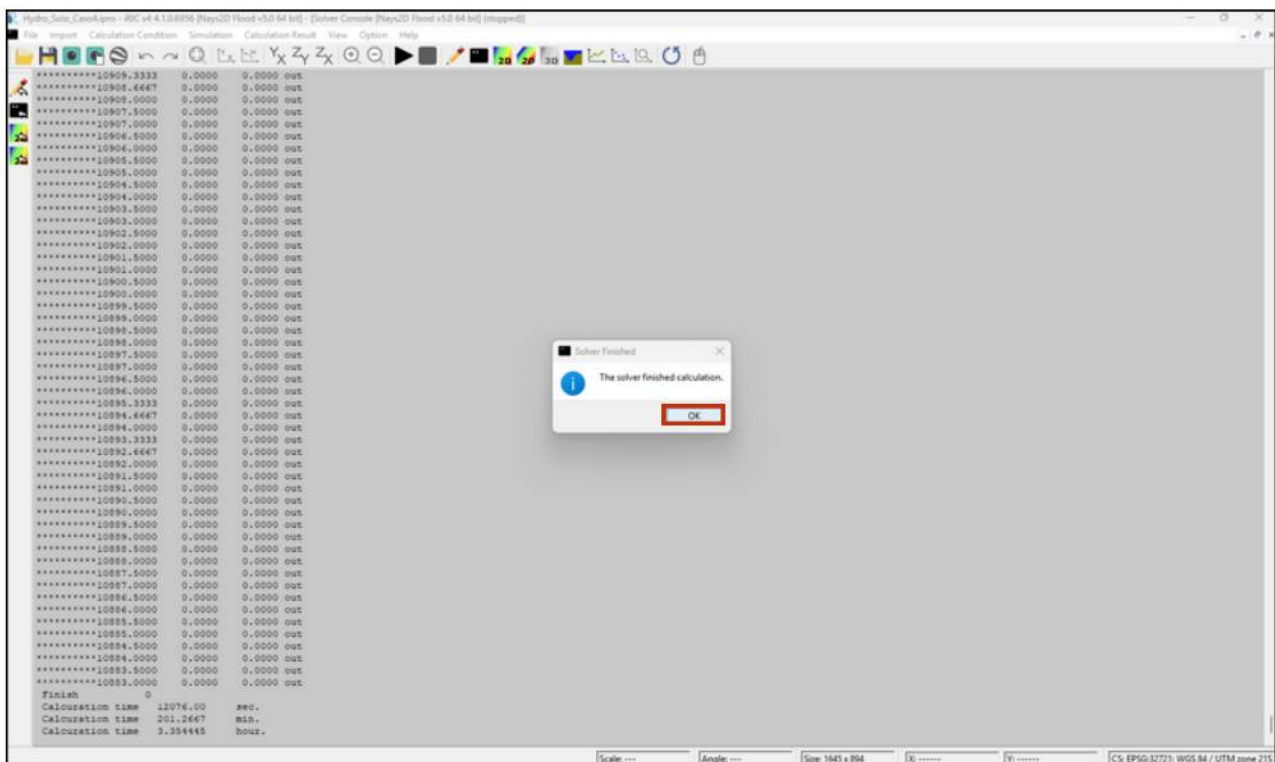
- “Aceptar para continuar” con la primera opción para guardar el proyecto.



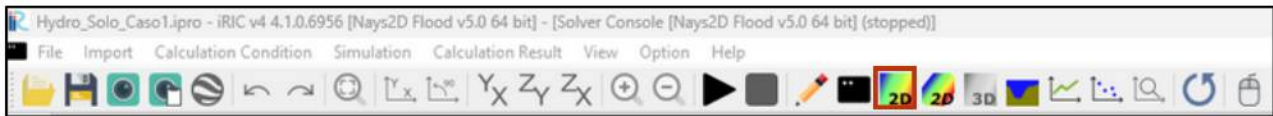
- Se se asigna un nombre al proyecto y el directorio donde será guardado.



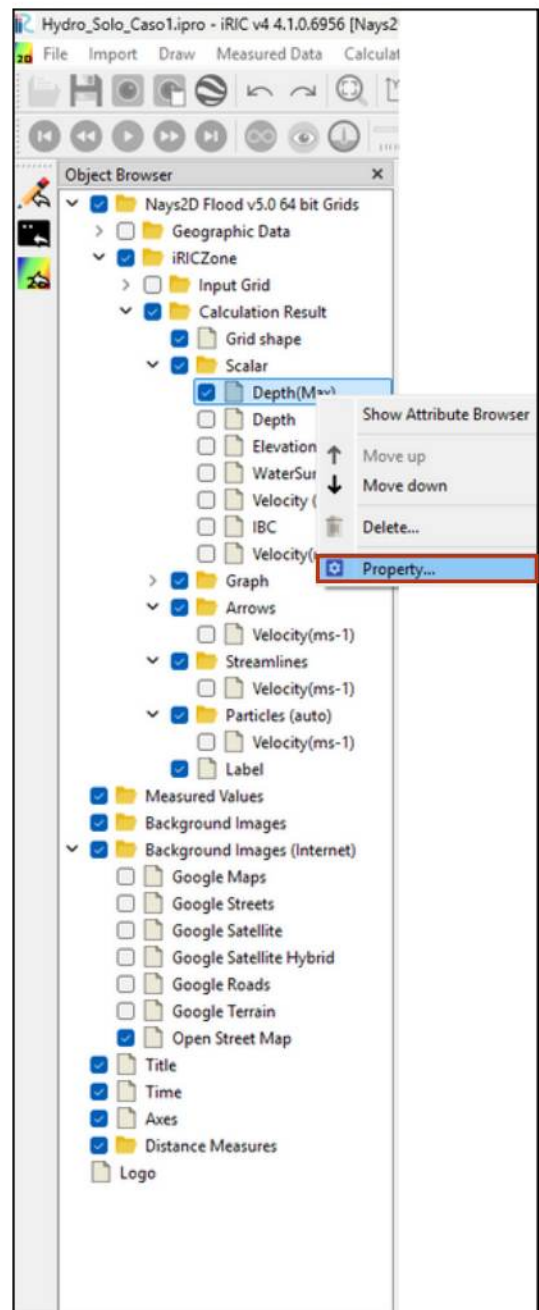
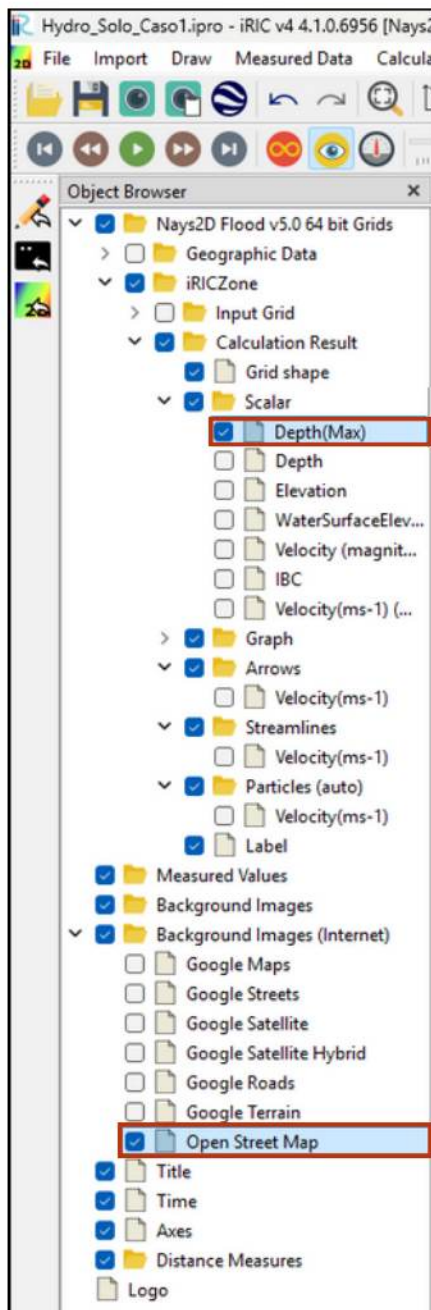
- Una vez finalizado el cálculo de las condiciones, confirmar la configuración seleccionando "OK".



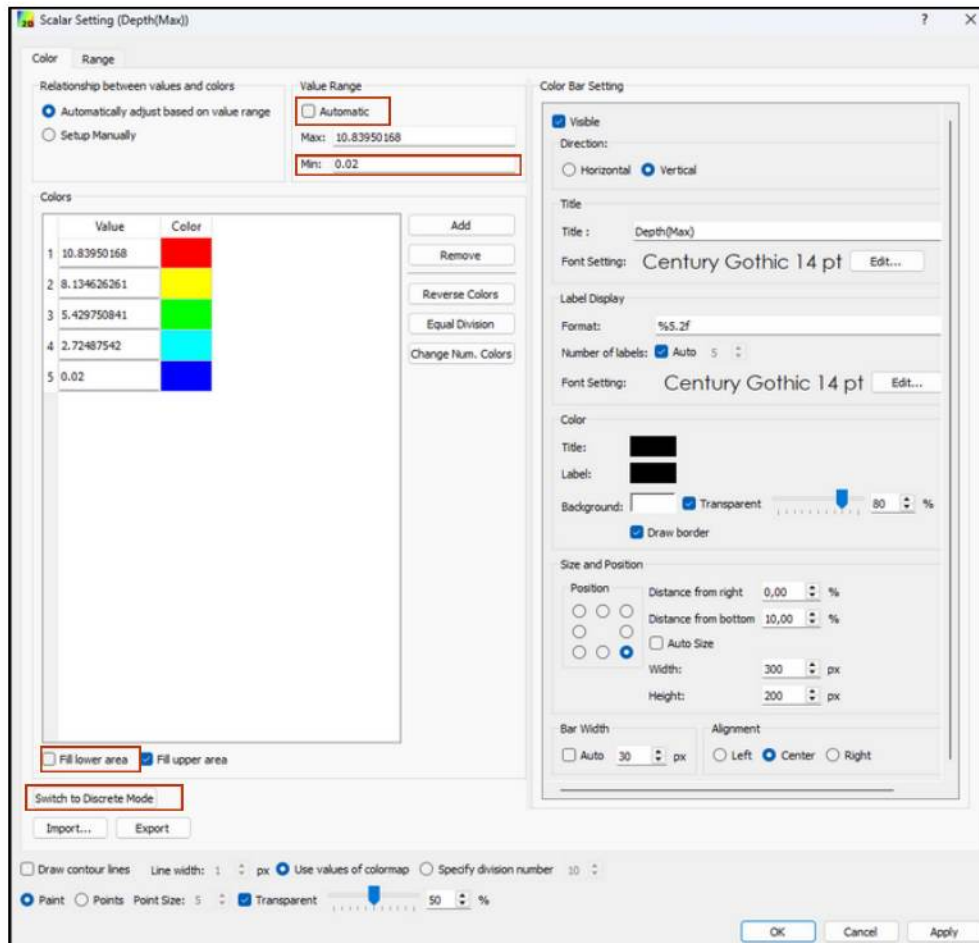
- En barra de herramientas principal clic en la primera opción de visualización en 2D.



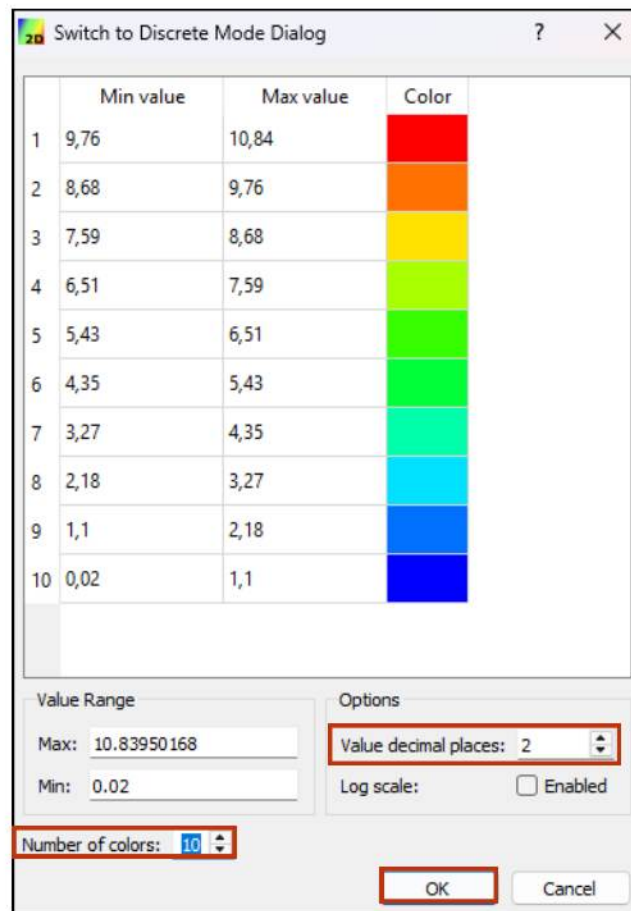
- Activar nuevamente el mapa base “**Open Street Map**” en Background Images (Internet) y la capa “**Depth (Max)**” en iRICZone > Calculation Result, ambas ubicadas en la tabla de contenidos.
- Realizar las configuraciones finales para la visualización, a través de “**Depth (MAX)**” haciendo clic derecho, Property.



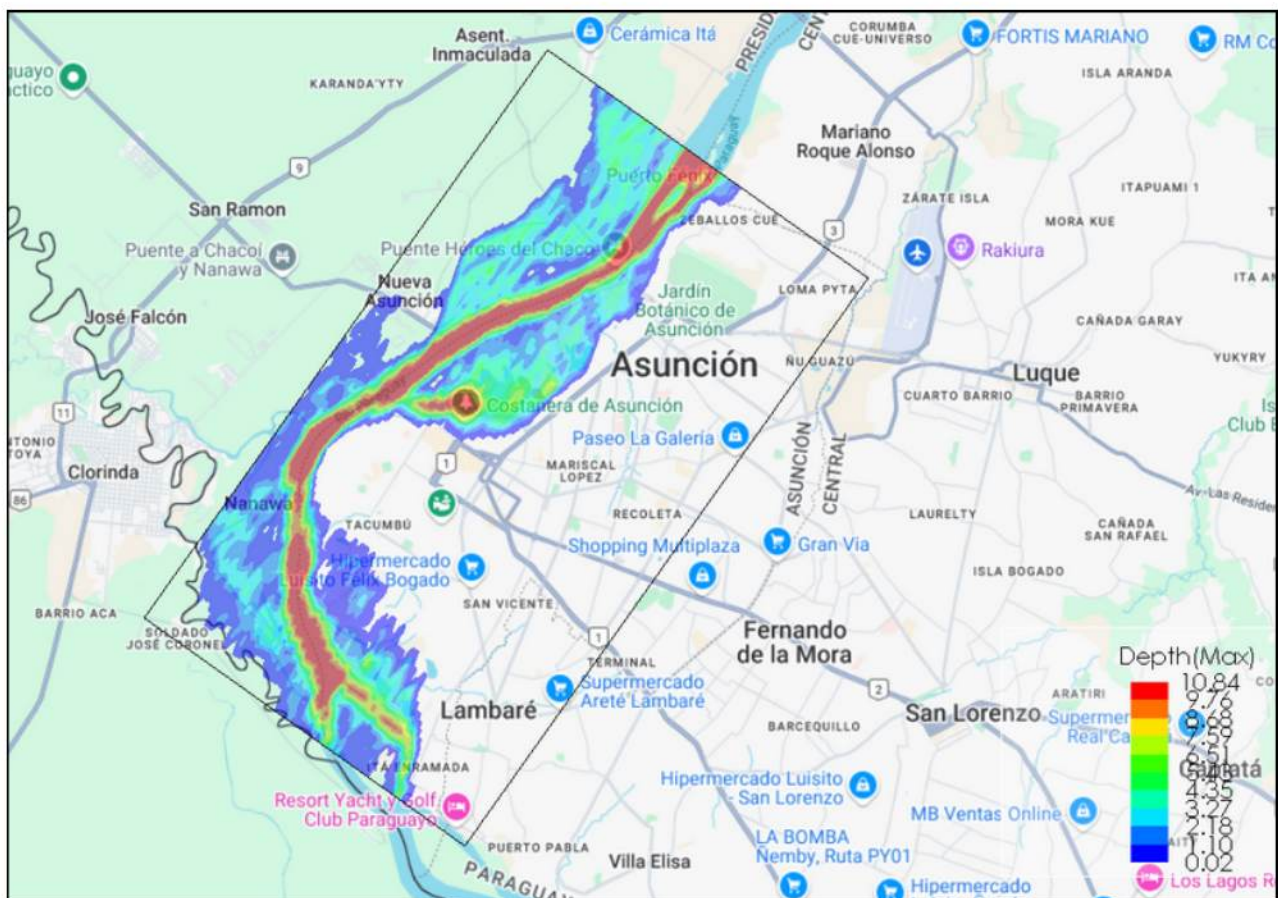
- Seguidamente, se abre una ventana emergente donde se realiza las siguientes configuraciones:
 - Desmarcar “Automatic” en Value Range.
 - Modificar el valor “Min” en Value Range a 0.02.
 - Desmarcar “Fill Lower Area”.
 - Ingresar a “Switch to Discrete Mode”.



- En la ventana emergente de “Switch to Discrete Mode”, se realiza las siguientes modificaciones:
 - Ajustar “Value decimal places” a 2.
 - Asignar el valor 10 en “Number of colors”.
 - Confirmar los cambios presionando OK y luego nuevamente OK.



- La simulación se visualiza de la siguiente manera:

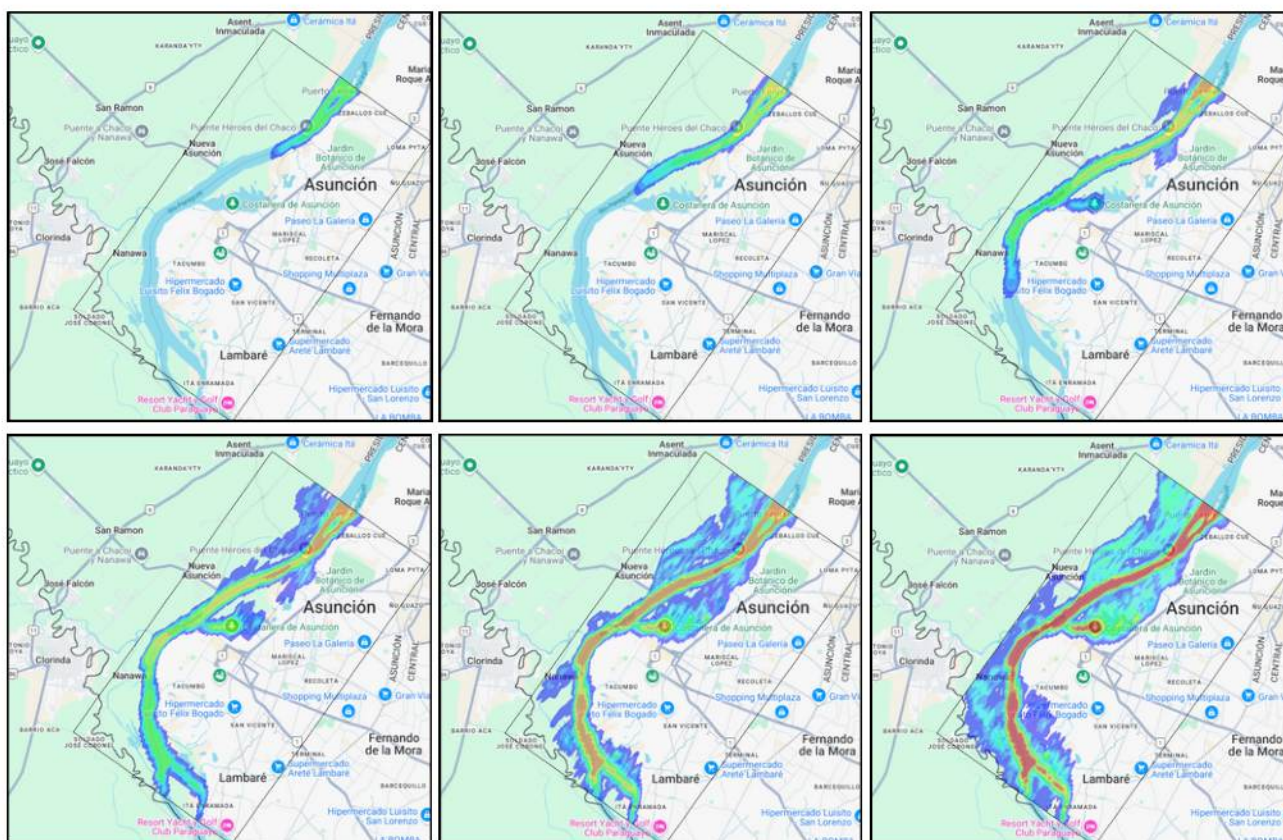


Esta imagen muestra la superposición de un modelo de simulación de inundación sobre una parte de Asunción y el río Paraguay. La malla representa diferentes profundidades de agua mediante una escala de colores, donde el rojo oscuro indica las mayores profundidades (hasta 10.84 m), seguido por tonos naranja y amarillo para niveles intermedios (6-9 m). Las zonas en verde y azul corresponden a áreas con menor acumulación de agua (menos de 3 m), mientras que los tonos morado y celeste sugieren áreas sin inundación o con escasa acumulación. Se observa que la mayor concentración de agua se encuentra en la zona central del modelo, lo que indica posibles áreas bajas y propensas a inundaciones. La simulación sigue el cauce del río Paraguay, lo que sugiere que representa un evento de crecida del río en esta región.

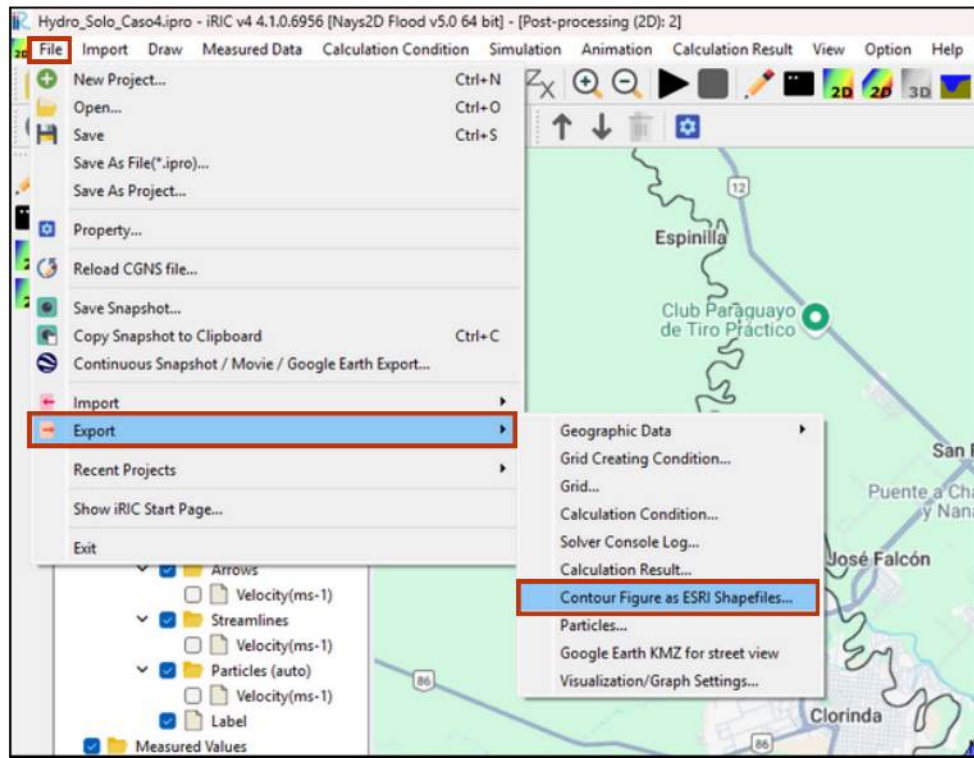
- Para visualizar el curso de la inundación en la simulación, primero se accede a la barra de herramientas de operaciones, luego se ajusta el temporizador a 0 y, finalmente clic en **"Play"** para iniciar la simulación.



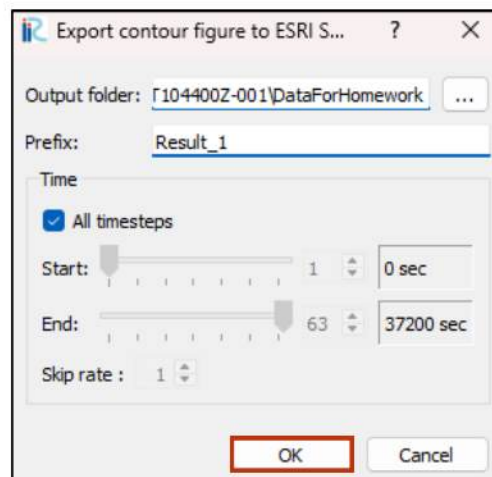
- De esta manera, se puede observar la evolución de la inundación a lo largo del tiempo en la simulación.



- Según los resultados y las comparaciones obtenidas, se deben realizar ajustes en las condiciones de entrada, la malla o el modelo para mejorar la precisión de la simulación, si es necesario.
- Para representar la simulación en un mapa, se exporta en formato Shape (.shp) y se descarga el archivo correspondiente.



- Se define la carpeta de destino y el nombre al archivo, dejando el resto de los datos con los valores predeterminados. Luego, en la carpeta de descarga, se selecciona el último archivo .shp para proceder con el procesamiento del mapa en ArcGIS.



8.1.6. El Hietograma

Representa la variación temporal de la intensidad de la precipitación en una determinada área y periodo de tiempo. Se obtiene a partir de datos de estaciones pluviométricas o modelos hidrológicos que simulan la distribución de la lluvia. En el caso del río Paraguay, el análisis del hietograma es fundamental para comprender los eventos de precipitación que contribuyen a la escorrentía y, en consecuencia, a la dinámica de caudales del río. Dada la variabilidad climática y la extensión de su cuenca, la estimación precisa de la lluvia es un reto clave en la modelización hidrológica.

En este entrenamiento, se emplea un hietograma modelo elaborado por el equipo de CTI y consultores de JICA, con el objetivo de facilitar el aprendizaje y la familiarización con Nays2D_Flood.

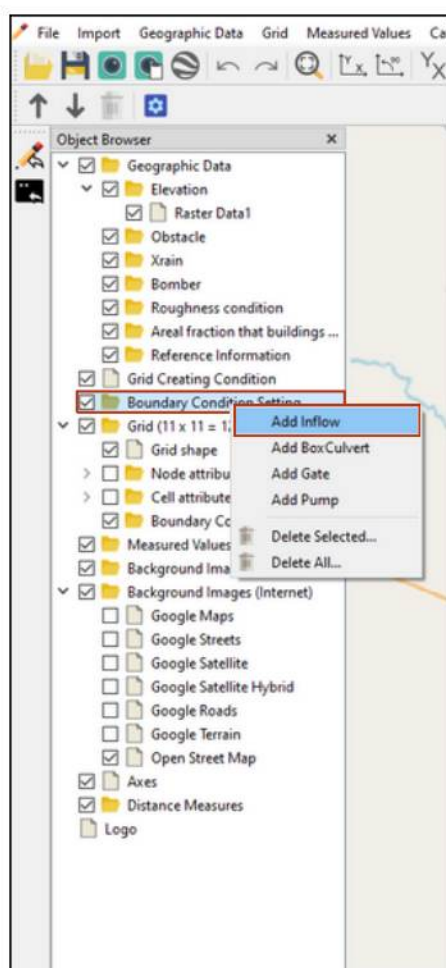
8.1.6.1. Obtención de datos

Para la obtención de los datos que se utilizarán se obtienen en el siguiente link: https://drive.google.com/drive/folders/15wO8vHjFoM-VzUOI8FNyp1ETP5o6tvt?usp=drive_link. El archivo debe estar en formato CSV.

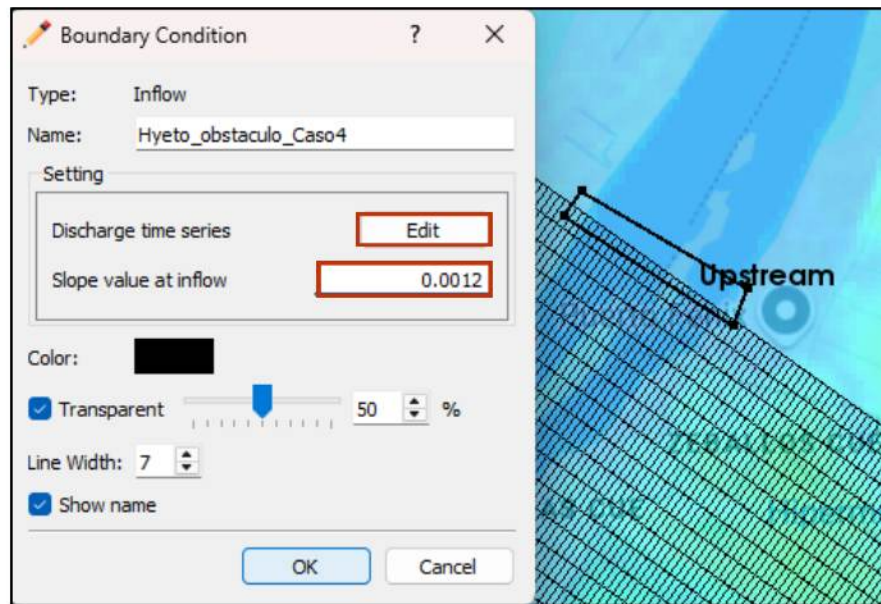
- Para la simulación se utilizará la grilla del Caso 4 nuevamente. Iniciando con un proyecto nuevo.

8.1.6.2. Configuración del Caudal

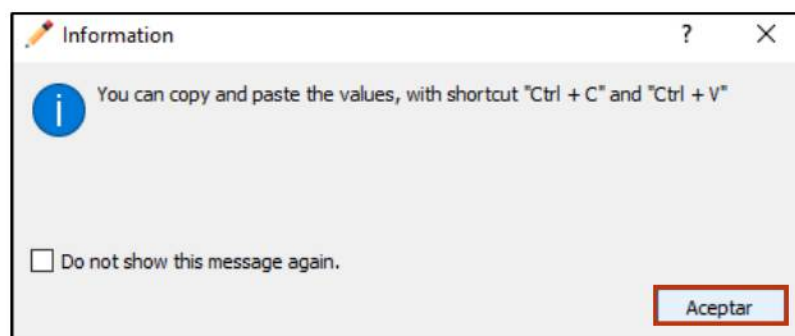
Para incorporar los datos de entrada en el modelo, dirígete al panel de contenido del área de trabajo. Luego, selecciona la opción **“Boundary Condition Setting”** con el clic derecho o secundario y selecciona **“Add Inflow”** para añadir el caudal de entrada a la simulación.



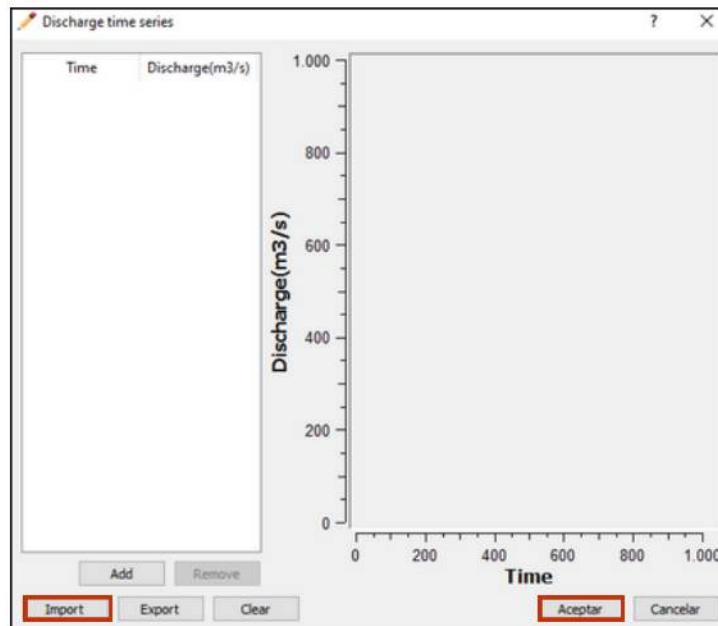
- Una vez creado **"New Inflow"**, este aparecerá en la tabla de contenidos. Para definirlo, en el área de trabajo selecciona mediante clics, los vértices que delimitarán el área de ingreso del flujo del río. Para finalizar el trazado se utiliza un doble clic. Es importante que la mitad del trazado quede dentro de los cuadros de la malla y la otra mitad fuera, asegurando una correcta representación del flujo. Luego de definir el área, aparecerá una ventana emergente donde se configuran las condiciones de límite **"Boundary Condition"**, tal como se muestra en la siguiente imagen:



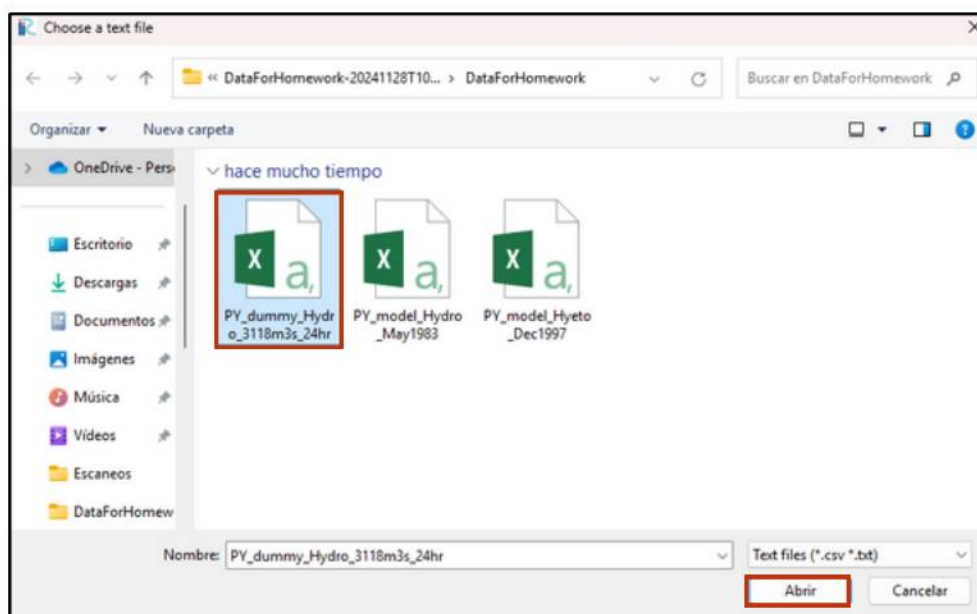
- En la ventana emergente se le asigna un nombre, en este caso se le asignó el nombre Hyeto_obstaculo_Caso4, obstáculo hace referencia a que la simulación tiene obstáculos. Seguidamente, cambiamos el valor del ítem **"Slope value at inflow"** a 0.0012, luego se ingresa en el Botón de **"Edit"**.
- A la siguiente ventana emergente le damos "Aceptar".



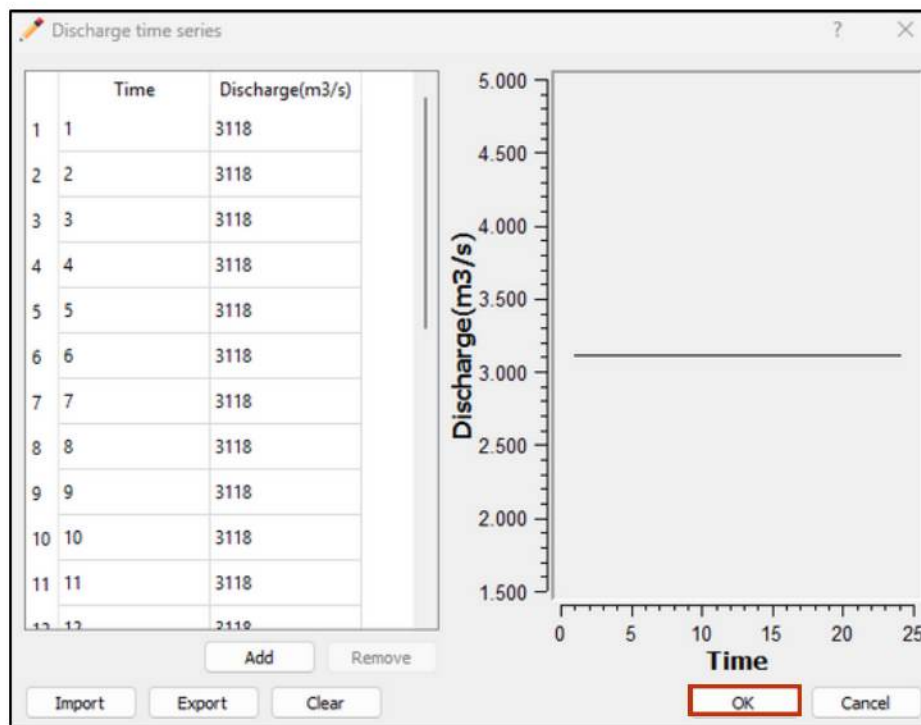
- Seguidamente, se abrirá otra ventana **"Discharge Time Series"**, donde se deben ingresar los valores de caudal en función del tiempo. Para ello, se pueden agregar datos manualmente con el botón **"Add"**, pero en este caso se importa un archivo con valores predefinidos mediante **"Import"**, los datos se pueden limpiar la lista con **"Clear"**. En el gráfico de la derecha, se visualizará la serie temporal del caudal una vez que se hayan ingresado los datos. Finalmente, se confirma la configuración presionando **"Aceptar"**.



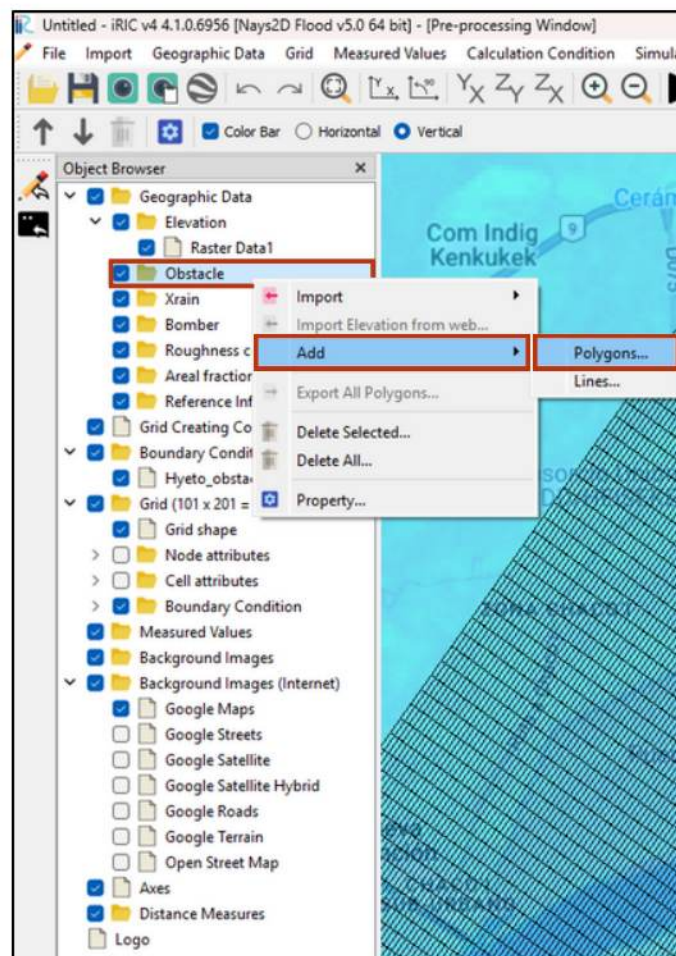
- Se selecciona el archivo con extensión .csv, utilizando los datos previamente descargados y proporcionados por la JICA **"PY_dummy_Hydro_3118m3a24hr"**.



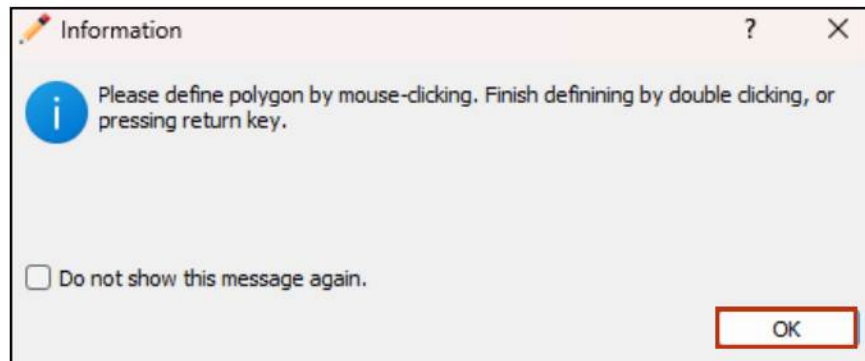
- Se muestra la siguiente visualización. Para continuar, clic en **"Aceptar"** que lleva a la ventana anterior y se finaliza la configuración con el botón **"OK"**.



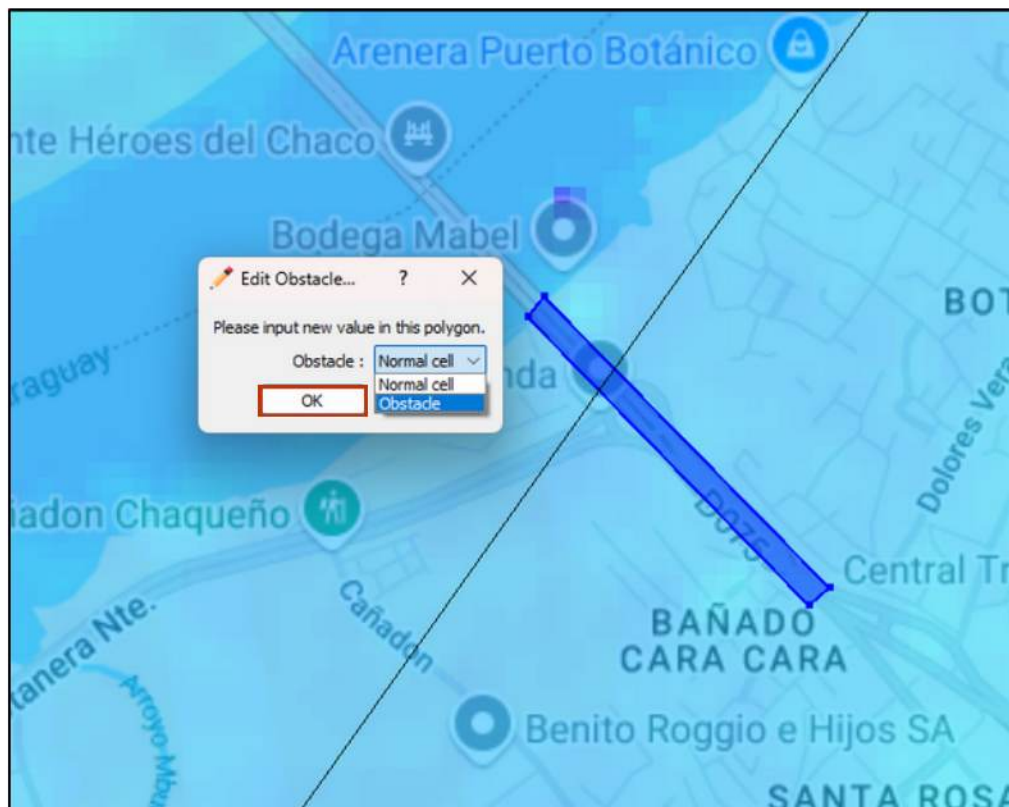
- Dentro de la barra de contenido, se le agrega los obstáculos, cabe mencionar que esto también puede ser agregado al hidrograma.
- Para agregar el obstáculo, clic derecho a Obstacle>Add>Polygon.



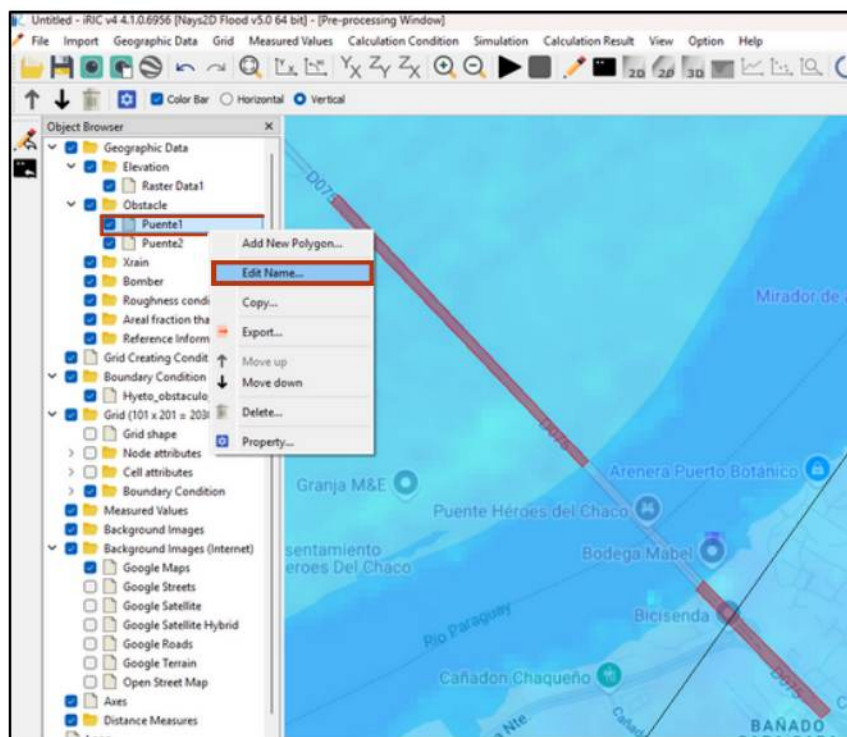
- Se abrirá la siguiente ventana emergente, "Ok" para continuar.



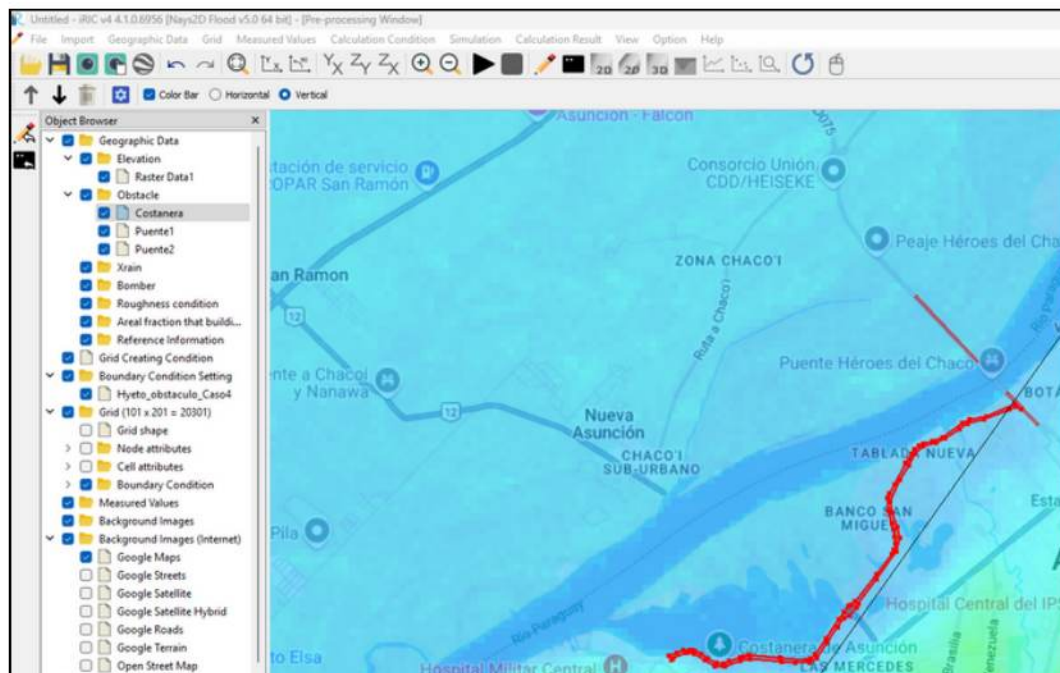
- Para mejorar la visualización de la zona, se desactiva la grilla del área de simulación desde el panel de contenido, lo que permite un trazado más preciso. Para comenzar el dibujo, se hace clic en el punto de inicio del obstáculo y se continúa definiendo los vértices con cada clic. Es importante mencionar que se pueden crear tantos puntos como sea necesario para definir el obstáculo con precisión. Se finaliza con un doble clic en el punto de término. A continuación, aparece una ventana emergente donde se selecciona la opción **"Obstacle"** y se confirma con **"Ok"**. En este caso, se está diagramando una sección del Puente Héroes del Chaco, que se encuentra sobre tierra en ambos extremos del río.



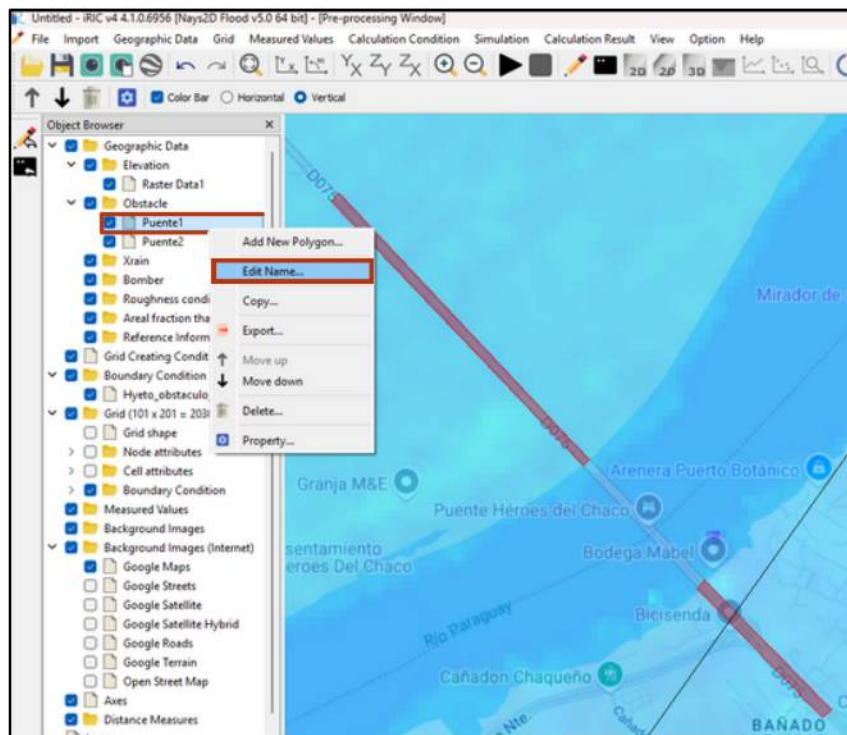
- Se edita el nombre de los obstáculos para una mejor organización del proyecto, haciendo clic derecho sobre el mismo y luego seleccionando **"Edit Name"**.



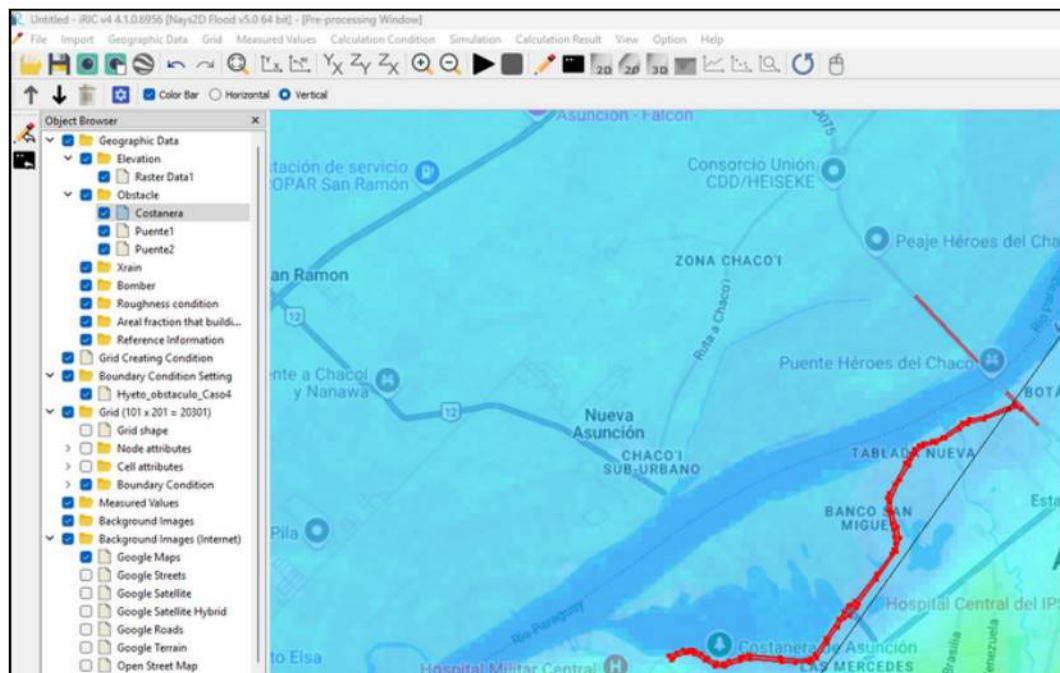
- De la misma manera, se genera el obstáculo correspondiente a la Avenida Costanera, definiendo sus vértices con clics sucesivos desde el punto de inicio hasta el final. Se pueden agregar tantos puntos como sea necesario para asegurar un trazado preciso. Una vez finalizado, se confirma la selección siguiendo el mismo procedimiento utilizado para el **Puente Héroes del Chaco**.



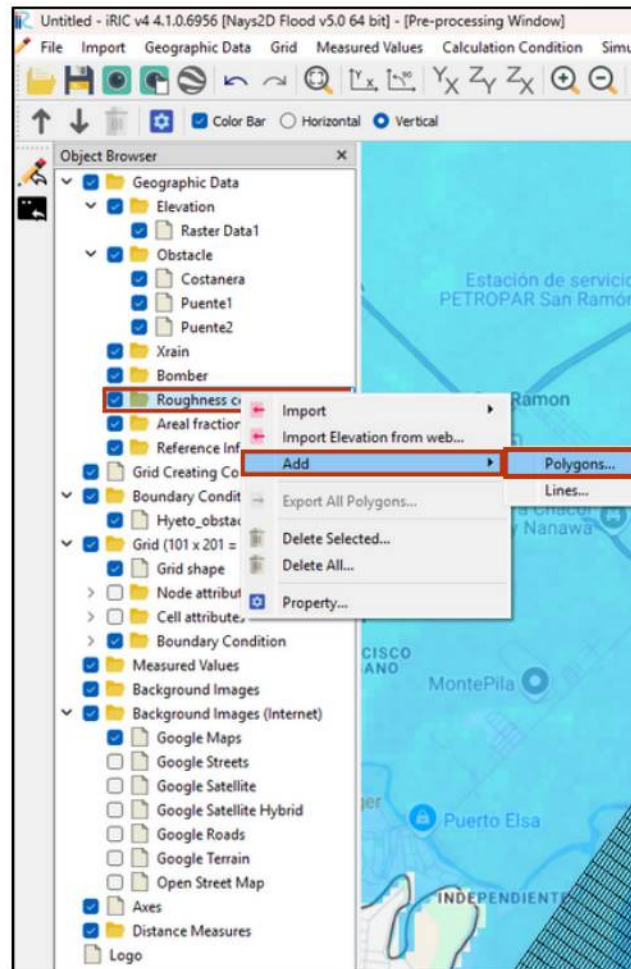
- Se edita el nombre de los obstáculos para mejor organización del proyecto, haciendo clic derecho sobre el mismo y luego Edit Name.



- De la misma manera, se genera el obstáculo correspondiente a la Avenida Costanera, definiendo sus vértices con clics sucesivos desde el punto de inicio hasta el final. Se pueden agregar tantos puntos como sea necesario para asegurar un trazado preciso. Una vez finalizado, se confirma la selección siguiendo el mismo procedimiento utilizado para el Puenete Héroes del Chaco.

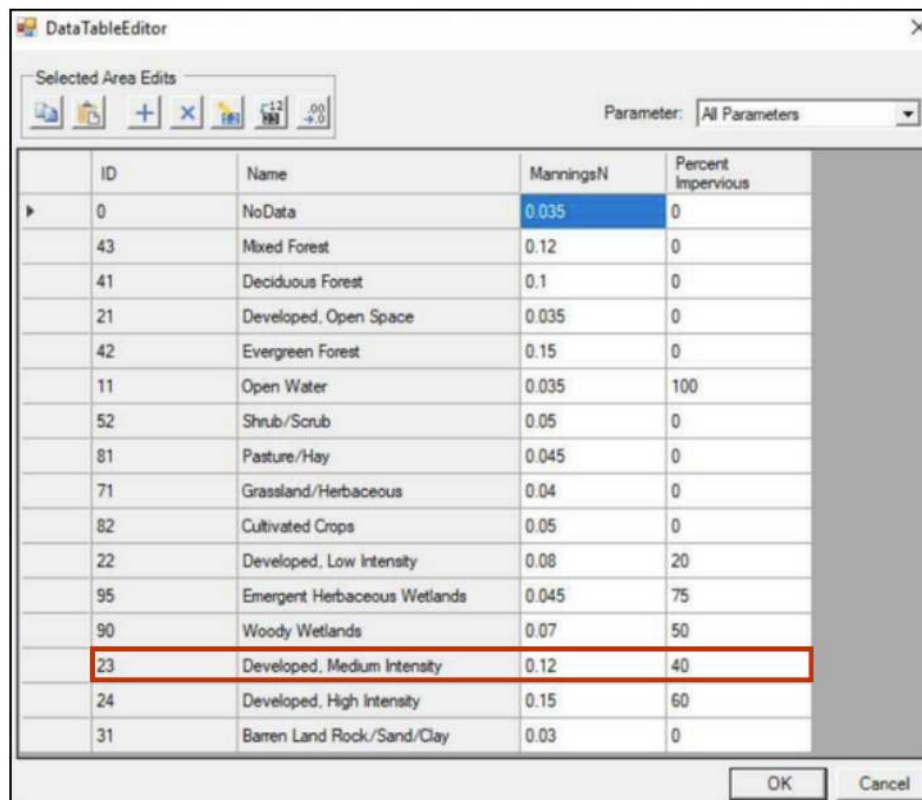


- Además, creamos un polígono para definir la condición de rugosidad, seleccionando la zona urbana dentro de la malla de simulación. Esto permite representar con mayor precisión las características del terreno y su influencia en el flujo del agua.
- Clic derecho en Roughness Condition > Add > Polygons, y en la ventana emergente que aparece, se continua con "Ok" para confirmar la acción.



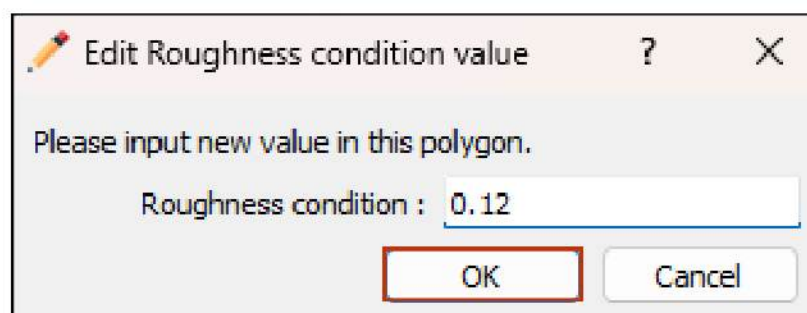
- Seguidamente, se comienza a dibujar el polígono haciendo clic en los puntos que definirán sus vértices. Es importante mencionar que se pueden agregar tantos puntos como sea necesario para delimitar con precisión la zona urbana dentro de la grilla.

- Se asigna el valor del coeficiente de rugosidad (Manning's n) de acuerdo con la tabla mostrada. En este caso, se selecciona la categoría **"Developed, Medium Intensity"** con un valor de **0.12**, ya que representa áreas urbanizadas de intensidad media, lo que se ajusta a la infraestructura de la zona urbana dentro de la simulación. Además, este valor considera un **40% de superficie impermeable**, reflejando la presencia de edificaciones y pavimento en la ciudad.



ID	Name	ManningsN	Percent Impervious
0	NoData	0.035	0
43	Mixed Forest	0.12	0
41	Deciduous Forest	0.1	0
21	Developed, Open Space	0.035	0
42	Evergreen Forest	0.15	0
11	Open Water	0.035	100
52	Shrub/Scrub	0.05	0
81	Pasture/Hay	0.045	0
71	Grassland/Herbaceous	0.04	0
82	Cultivated Crops	0.05	0
22	Developed, Low Intensity	0.08	20
95	Emergent Herbaceous Wetlands	0.045	75
90	Woody Wetlands	0.07	50
23	Developed, Medium Intensity	0.12	40
24	Developed, High Intensity	0.15	60
31	Barren Land Rock/Sand/Clay	0.03	0

Source: HEC-RAS 2D User's Manual <https://rashms.com/wp-content/uploads/2021/06/HEC-RAS-2D-Mannual-Mannings-n.pdf>



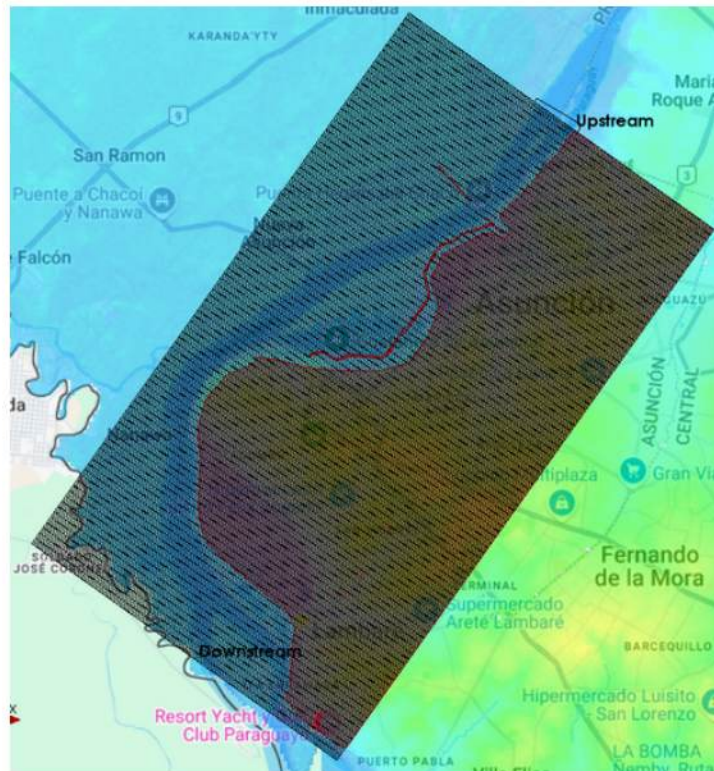
Edit Roughness condition value ? X

Please input new value in this polygon.

Roughness condition :

OK Cancel

- La imagen se visualiza con los elementos incorporados, incluyendo los obstáculos de la **Avenida Costanera**, el **Puente Héroes del Chaco** y la **Rugosidad de la Zona Urbana**. Estos elementos permiten representar con mayor precisión las condiciones del terreno en la simulación, considerando las infraestructuras existentes y su impacto en el flujo del agua.

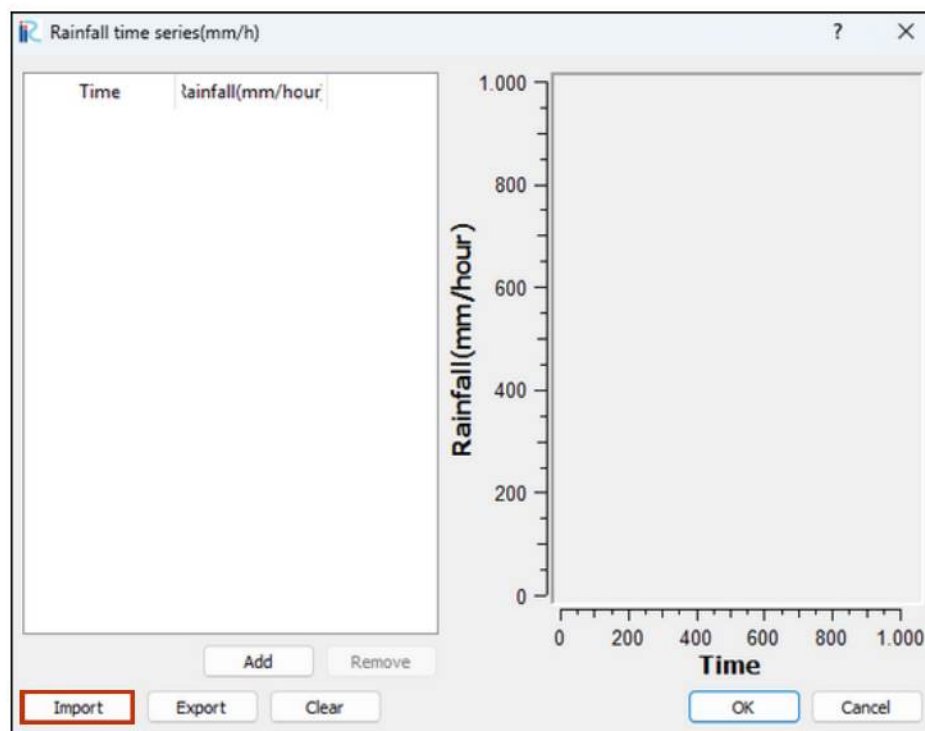
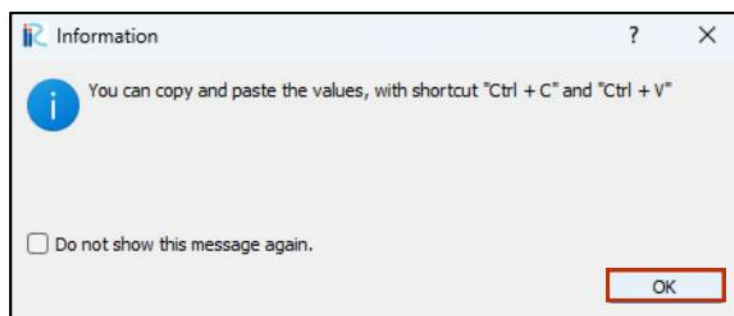
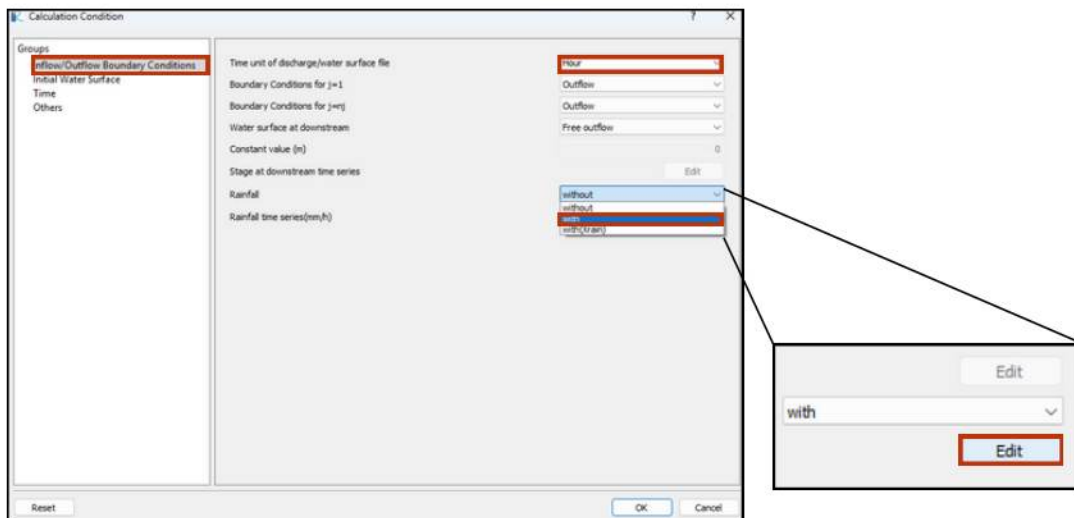


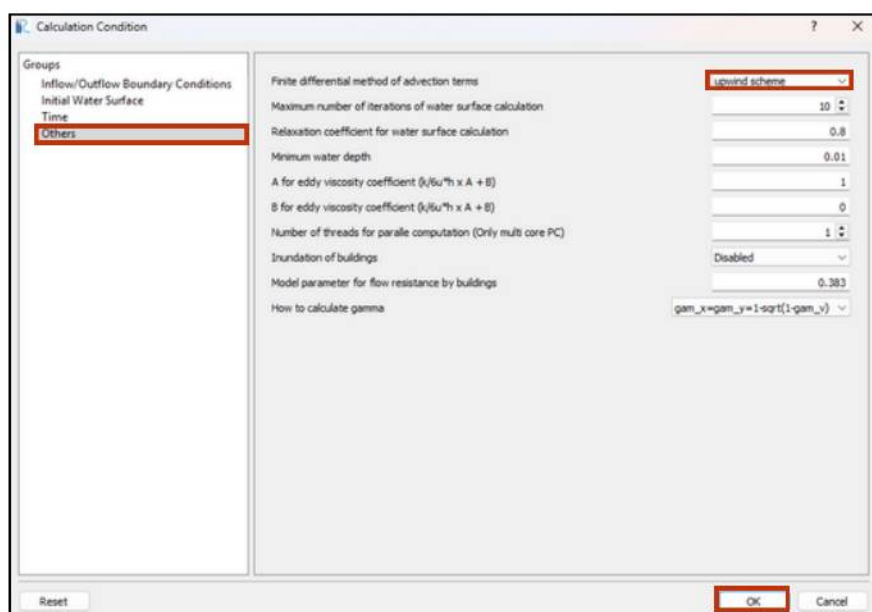
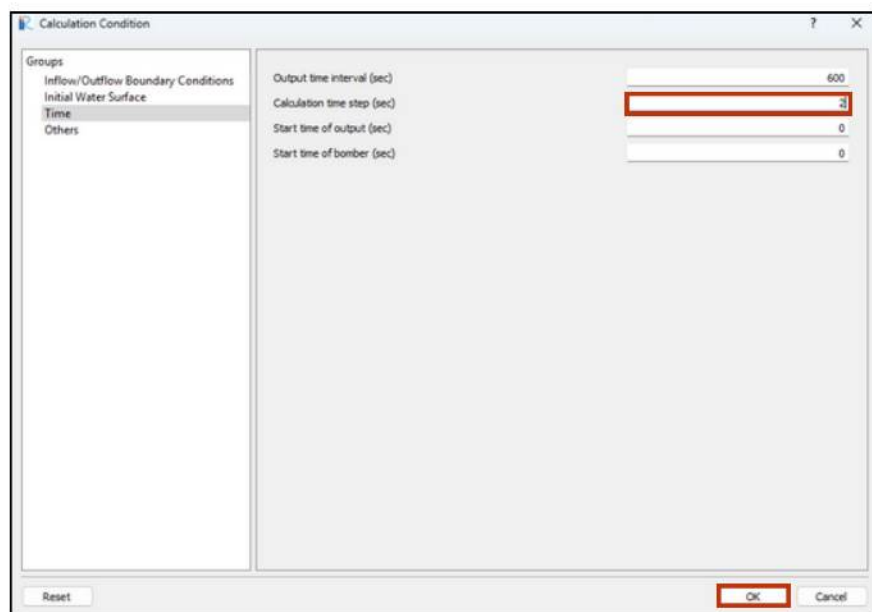
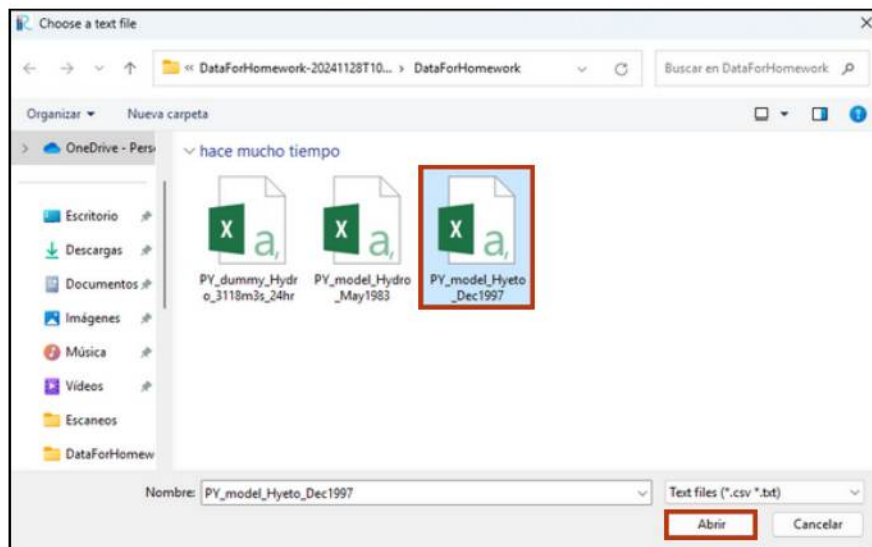
8.1.6.3. Correr la Simulación

- Se accede al Menú de herramientas y se selecciona **"Calculation Condition"**.

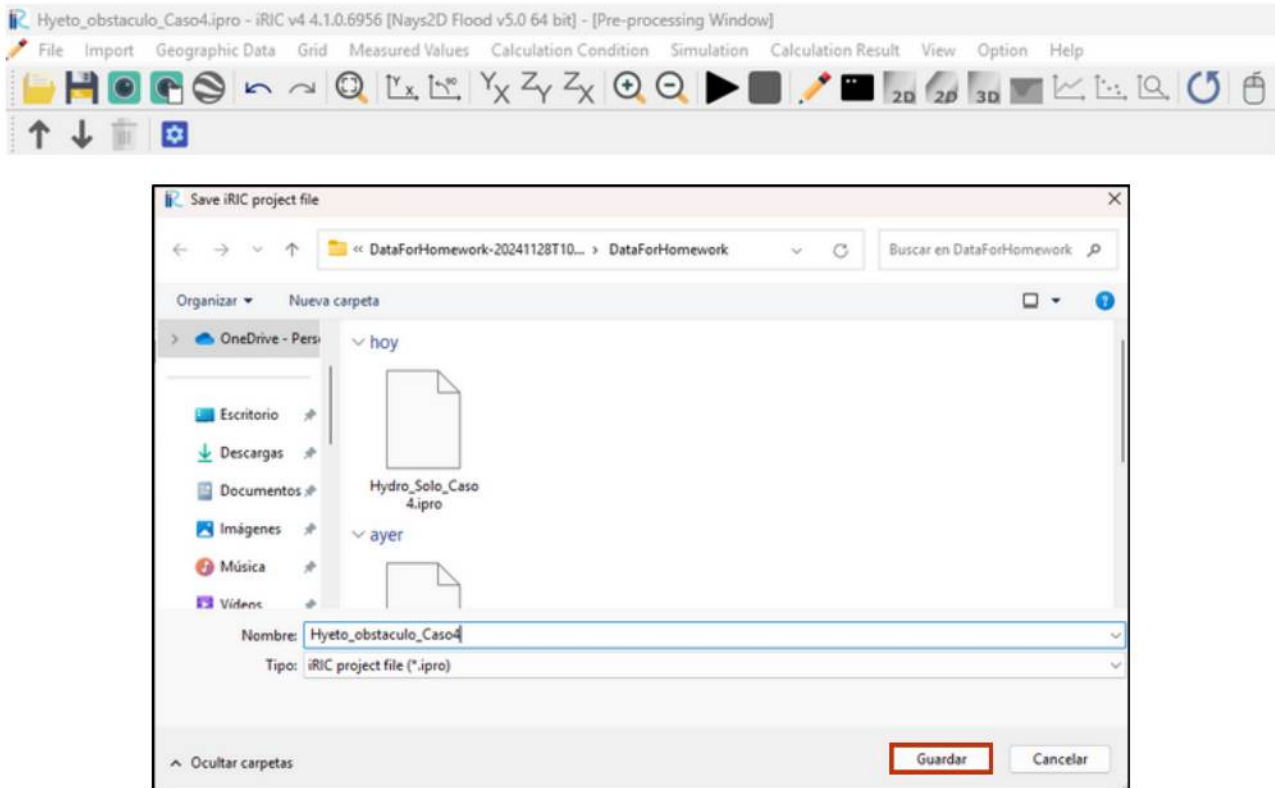


- En la siguiente ventana, se realizan las modificaciones según lo indicado en las imágenes siguientes.



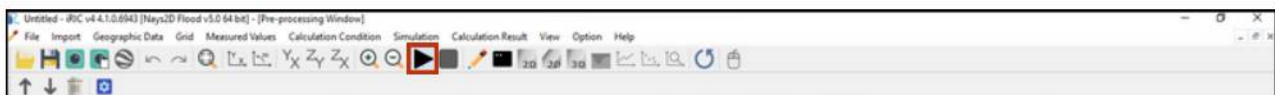


- Se guarda el proyecto para poder ejecutar la animación.

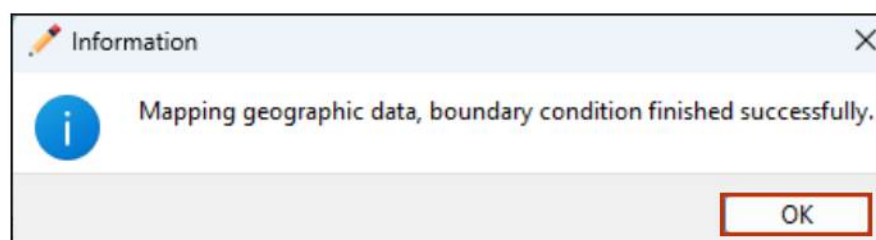
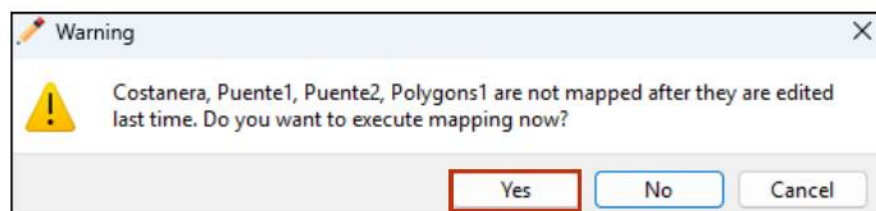


8.1.6.4. Ejecución de la simulación

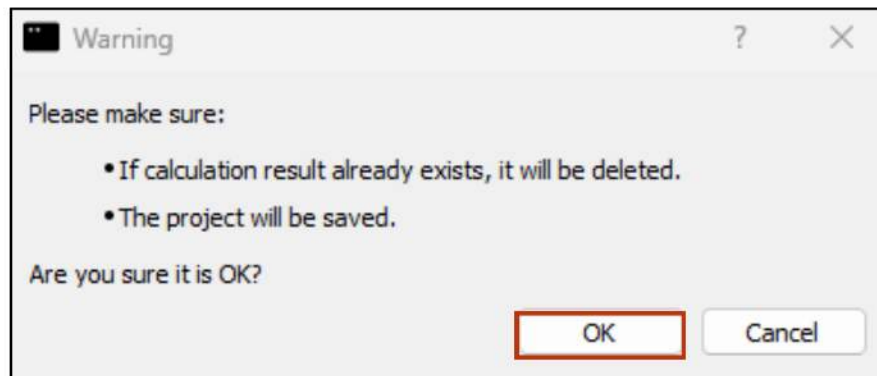
- En la barra de herramientas principal se hace clic en “Run” .



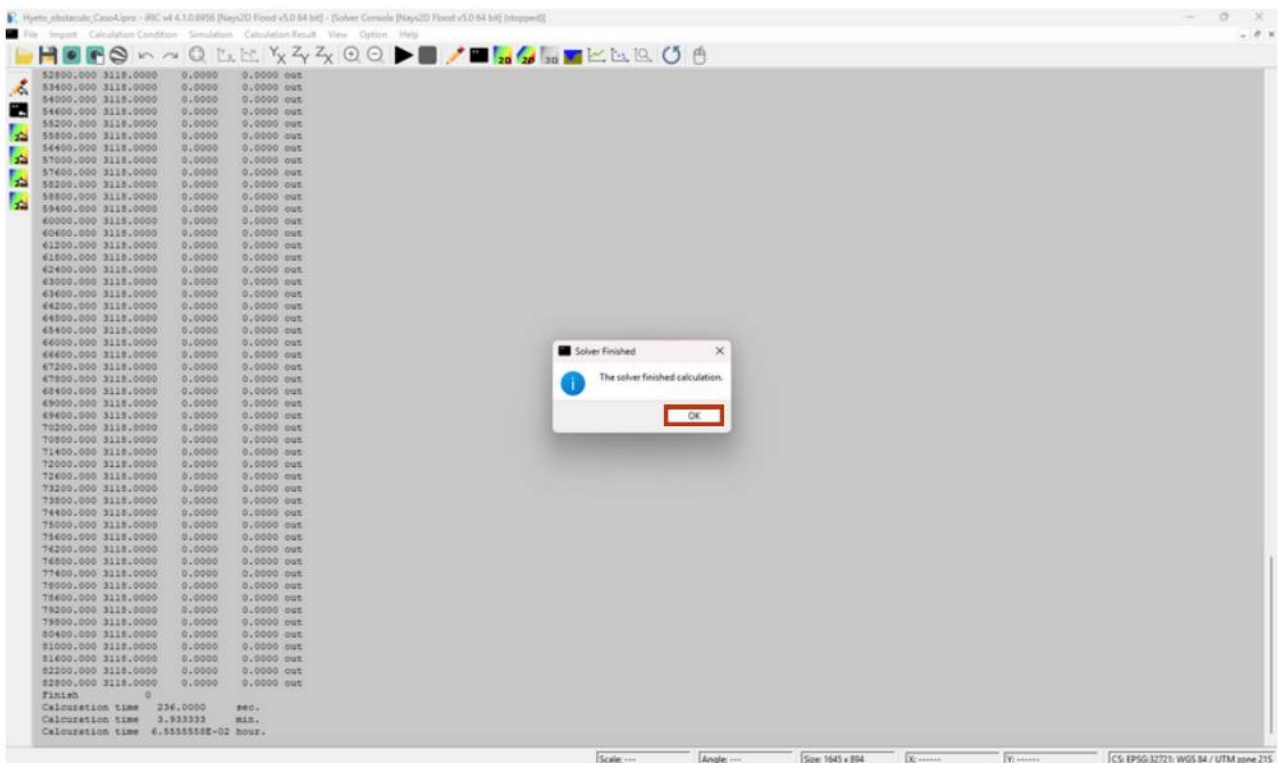
- En el caso de guardar actualizaciones aparecerán ventanas como esta, donde se le da clic en “Yes”.



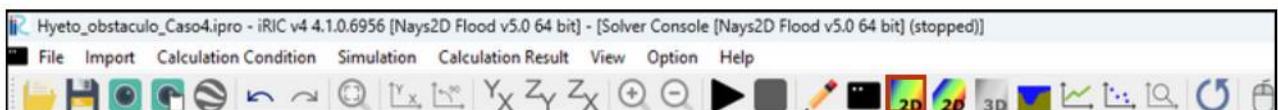
- Nuevamente se hace clic en “Run” . A continuación con “Ok”.



- Se aguarda a que termine de ejecutar la simulación y luego clic en “Ok” para finalizar.

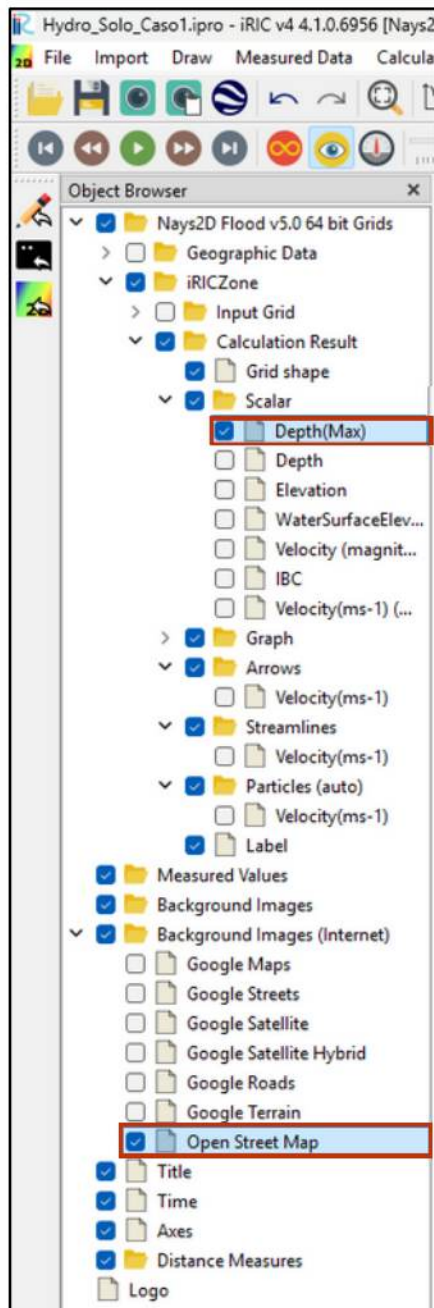


- Se abre la vista de Pos-Procesamiento en 2D.

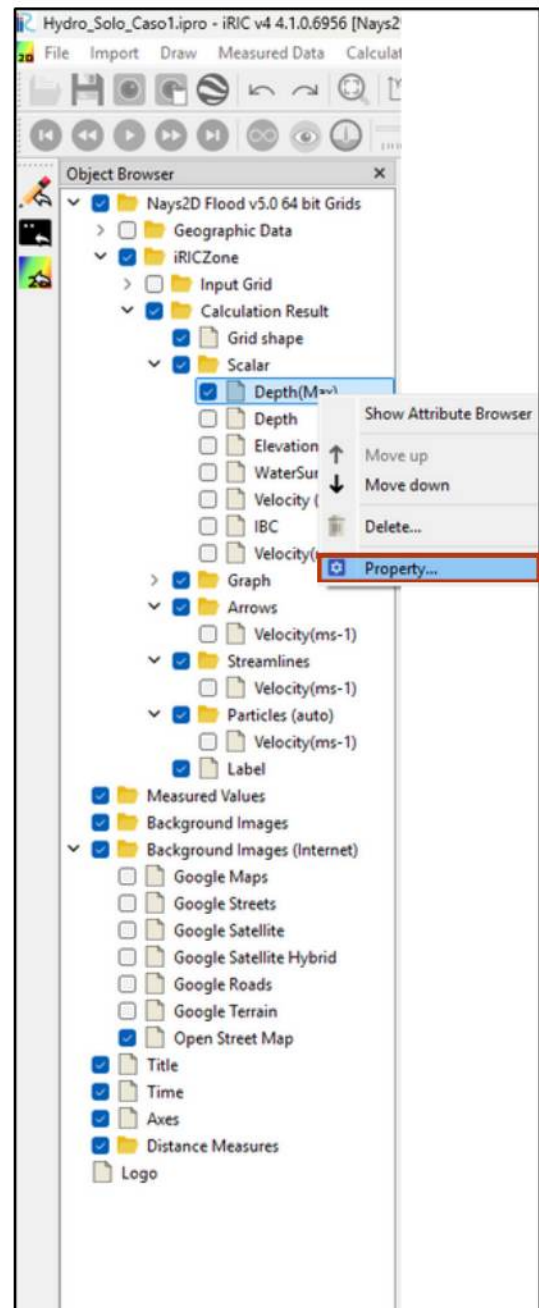


- Hay que asegurarse que activado el mapa base y Depth(MAX) en el panel de contenidos para poder visualizar la simulación.

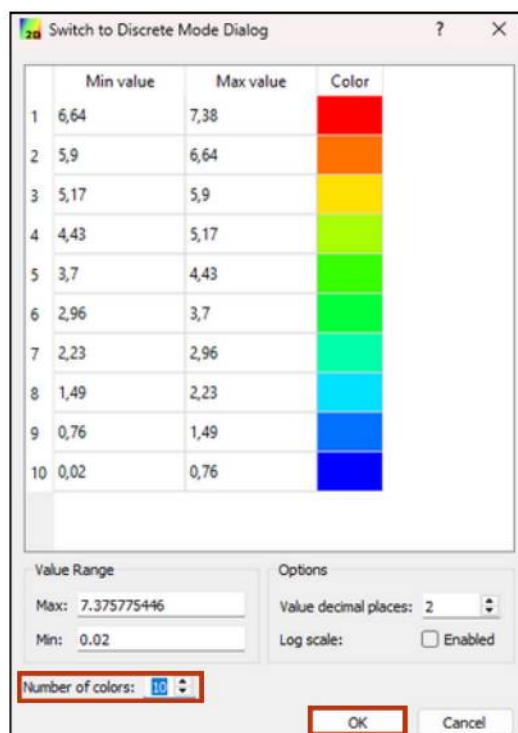
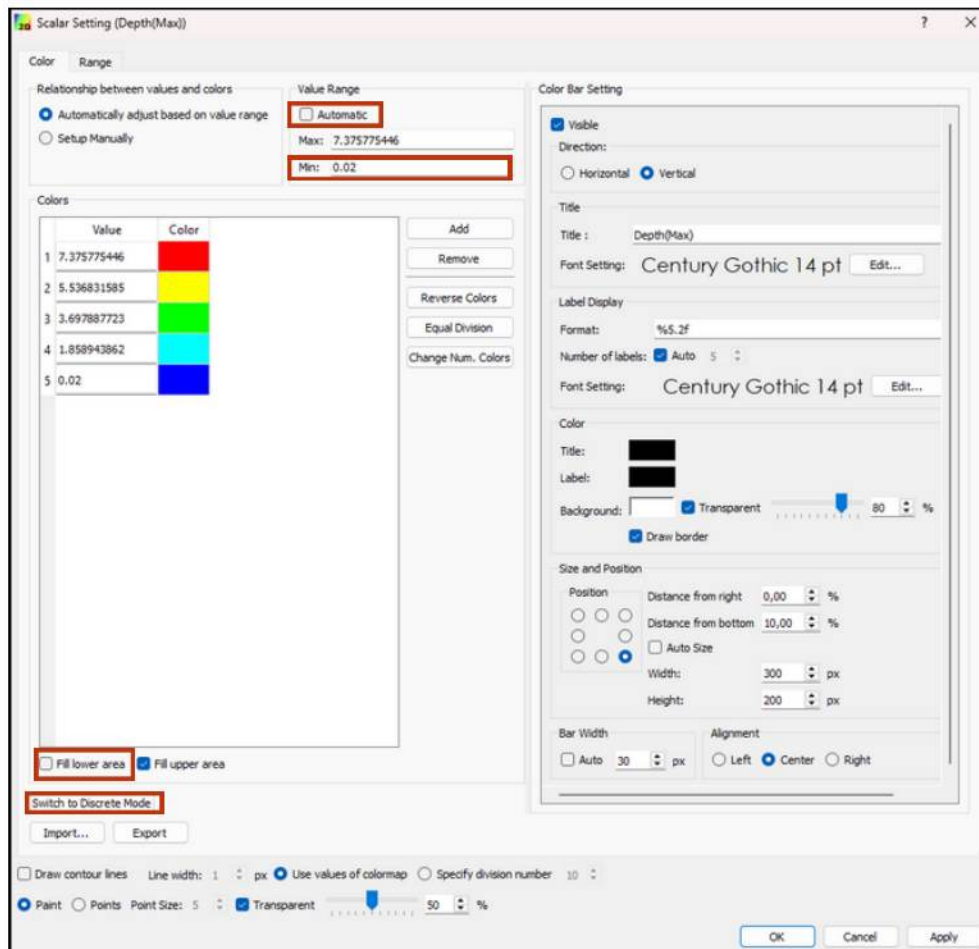
- Se activa nuevamente el mapa base Open Street Map en Background Images (Internet) y Depth(Max) en iRICZone> Calculation Result que se encuentran en la table de contenidos.



- Se realiza configuraciones finales para la visualización, a través de Depth (MAX) haciendo clic derecho, Property.

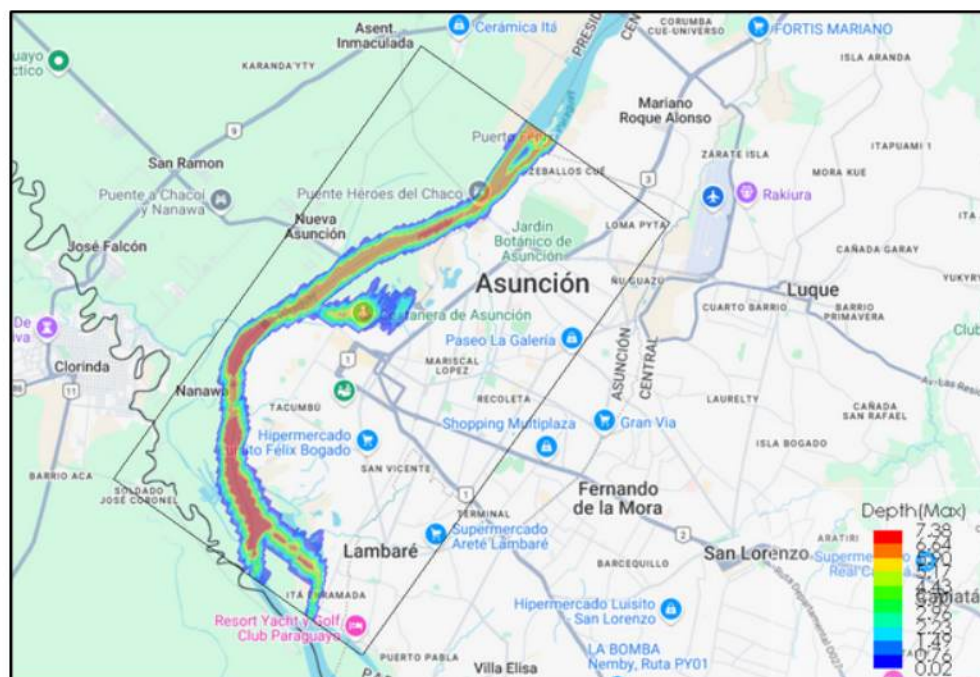


- Seguidamente se abre una pantalla emergente para realizar las siguientes configuraciones:
 - Modificar “Min” en “Value Range” a 0.02.
 - Desembarcar “Fill Lower area”.
 - Ingresar a “Swich to Discrete Mode”.



- En la ventana emergente de “Swich to Discrete Mode”, realizar:
 - Modificar “Value decimal places” a 2.
 - En “Number of colors” asignarle 10.
 - Confirmar los cambios con OK y nuevamente OK.

La imagen de la simulación se ve de la siguiente manera:



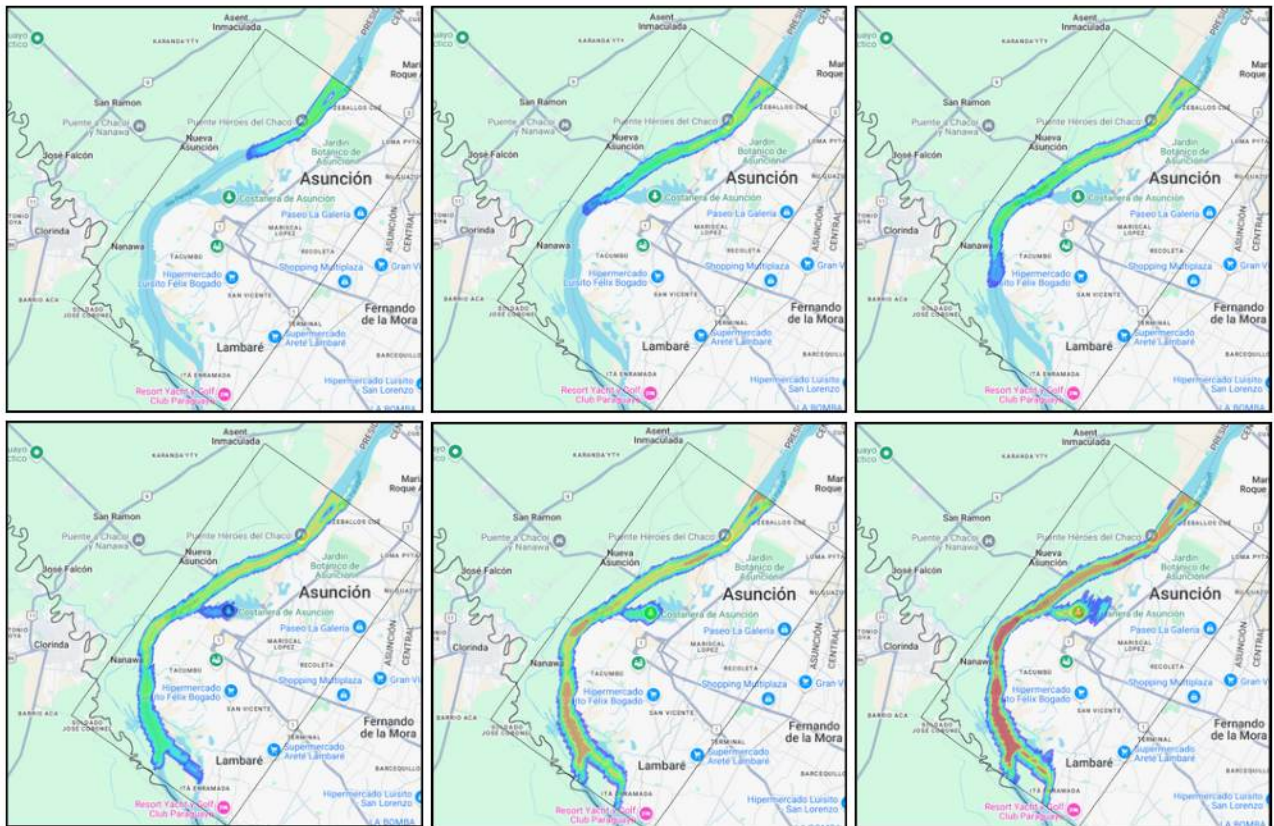
La imagen muestra un modelo de simulación de inundaciones aplicado a Asunción y el río Paraguay, con una superposición de datos sobre un mapa base. La escala de colores en la parte inferior derecha representa la profundidad del agua, donde los tonos rojos y naranjas indican las mayores acumulaciones, superando los 7 metros, mientras que las áreas en verde y azul reflejan niveles más bajos, entre 1 y 4 metros. Los tonos celeste y morado corresponden a zonas con poca o ninguna inundación.

El modelo sigue el cauce del río Paraguay, destacando la influencia de infraestructuras como la Avenida Costanera y el Puente Héroes del Chaco en la distribución del flujo de agua. Esta simulación es clave para el análisis de riesgos y la planificación de medidas de mitigación en áreas vulnerables a inundaciones.

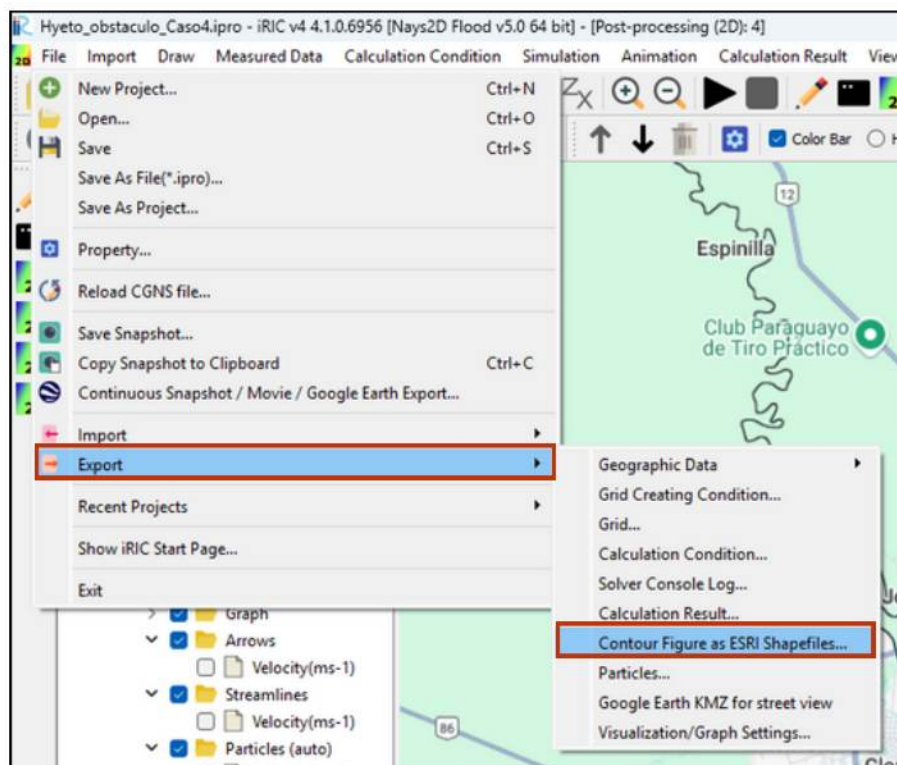
- Para visualizar el desarrollo de la inundación en la simulación, se accede a la barra de herramientas de operaciones, se ajusta el temporizador a 0 y luego "Play" para iniciar la reproducción del modelo.



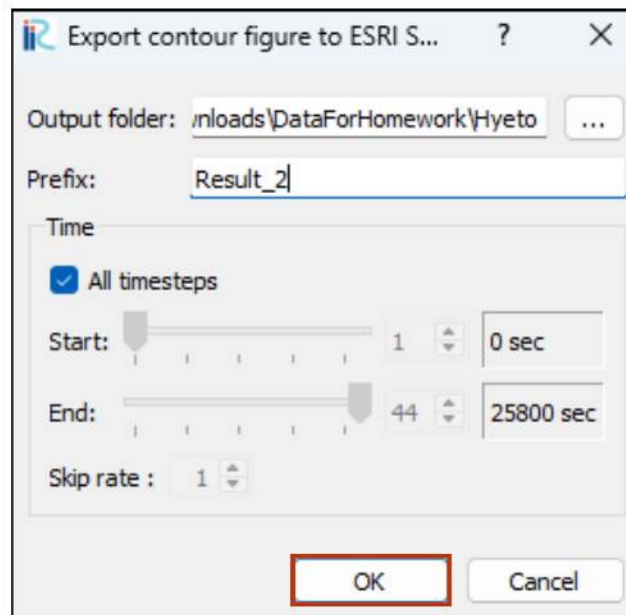
- De esta forma, se puede observar la evolución de la inundación a lo largo del tiempo dentro de la simulación, permitiendo analizar su comportamiento en diferentes momentos del proceso.



Según los resultados y las comparaciones, realizar ajustes en las condiciones de entrada, la malla o el modelo para mejorar la precisión de la simulación, si es necesario. Para representar la simulación en un mapa, se descarga en formato Shape (.shp).



Se define la carpeta de destino y un nombre al archivo, manteniendo los demás parámetros con los valores predeterminados. Luego, desde la carpeta de descarga, se selecciona el último archivo .shp para su procesamiento en ArcGIS.



8.2. Análisis Geoespacial del Modelo Hidráulico en ArcGIS Pro

En esta sección se presenta un paso a paso del procedimiento geoespacial que permite procesar y visualizar, en el software ArcGIS Pro, los resultados obtenidos en iRIC/Nays2D_Flood. Este análisis facilita la interpretación de la dinámica de la inundación en la zona de estudio y la generación de productos cartográficos que sirven como base para la toma de decisiones en gestión del riesgo y planificación territorial.

1. Exportación de resultados desde iRIC: se definen las carpetas de destino y se selecciona el archivo de salida en formato shapefile (.shp), el cual contiene la información sobre la profundidad del agua calculada en la simulación.
2. Carga y procesamiento en ArcGIS Pro: el shapefile generado se incorpora en el entorno SIG, aplicando simbología adecuada y escalas de color que permitan una representación clara y precisa de los valores de profundidad.
3. Generación de mapas temáticos: se elaboran mapas que muestran la distribución espacial de la inundación y la variación de la profundidad del agua. Estos productos pueden integrarse con otras capas geográficas, como redes viales, infraestructura crítica o áreas urbanas, para evaluar los impactos potenciales.
4. Identificación de áreas de riesgo: a partir del cruce de información, se delimitan las zonas más vulnerables a la inundación, lo que contribuye a la planificación urbana, la mitigación de desastres y la gestión sostenible del territorio.

Todas las figuras presentadas en esta sección fueron elaboradas en el software ArcGIS Pro, asegurando la coherencia entre los procedimientos descritos y los resultados cartográficos obtenidos.

Para el análisis espacial se utilizó el software de procesamiento ArcGIS Pro, aunque también es posible realizarlo mediante otros programas de acceso gratuito.

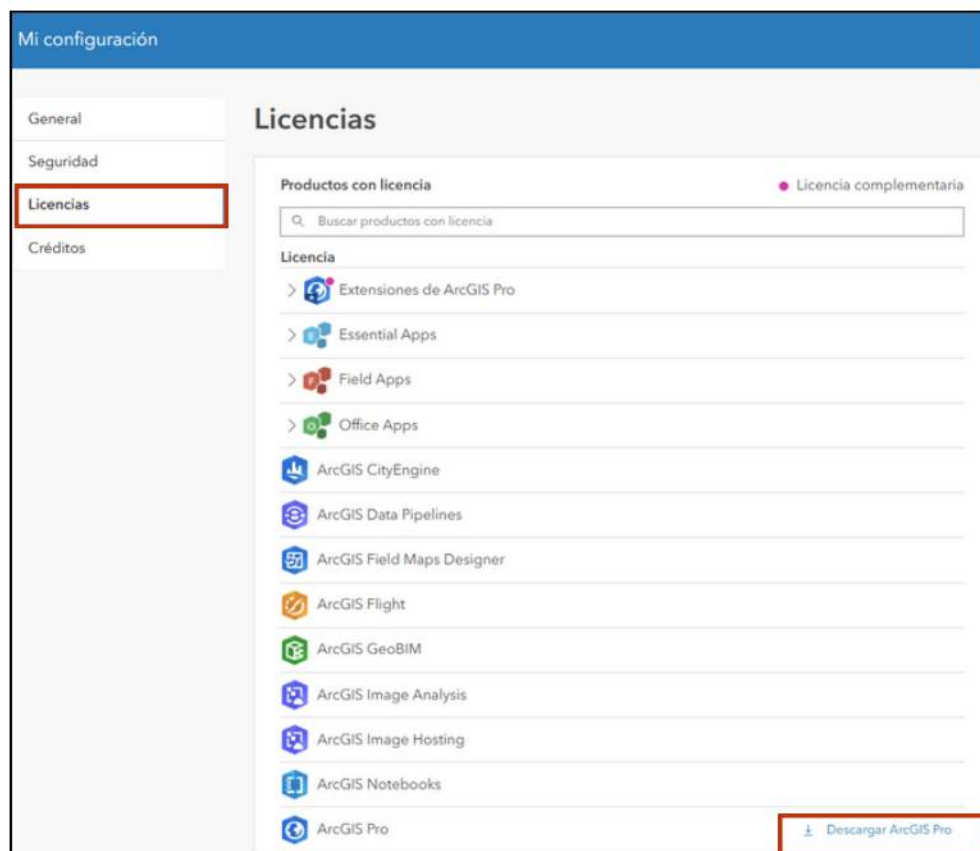
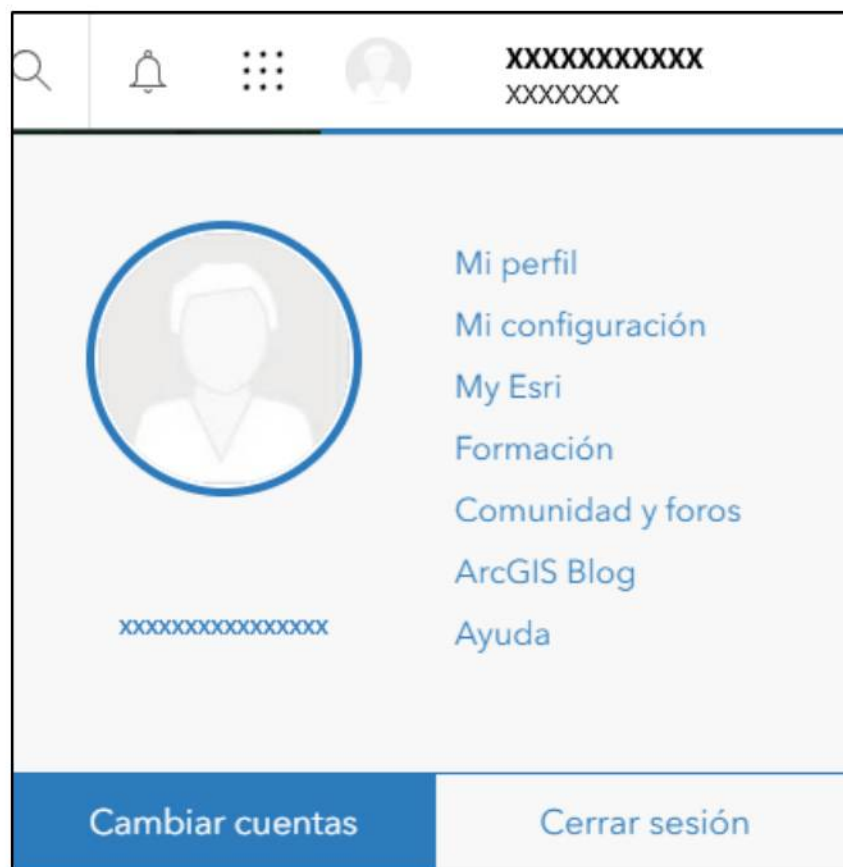
Para el acceso, ingresamos a la página oficial de ArcGis, mediante el siguiente enlace:
<https://www.arcgis.com/index.html>

Inicio sesión con una cuenta obtenida previamente.

8.2.1. Descarga del programa ArcGIS Pro

The image shows the ArcGIS login page. At the top, there is a header with 'Iniciar sesión' and the Esri logo. The main content area is titled 'Inicio de sesión de ArcGIS'. It contains a login form with a username field (containing 'XXXXXXXX') and a password field (containing 'XXXXXXXXXX'). Below the password field, there is a checkbox labeled 'No cerrar sesión'. A blue button labeled 'Iniciar sesión' is positioned below the checkbox. Below the button, there are two links: '¿Has olvidado el nombre de usuario?' and '¿Olvidaste la contraseña?'. Below these links, there is a dropdown menu labeled 'La URL de su organización de ArcGIS'. At the bottom, there are four social media icons (GitHub, Facebook, Google, and YouTube). Below the icons, there is a link '¿No tiene cuenta? Crear una cuenta' and a link 'Privacidad'.

Para realizar la descarga, el usuario debe ingresar a su perfil y dirigirse a la sección "Mi Configuración". Desde allí, podrá acceder a las opciones disponibles para la descarga del archivo requerido.



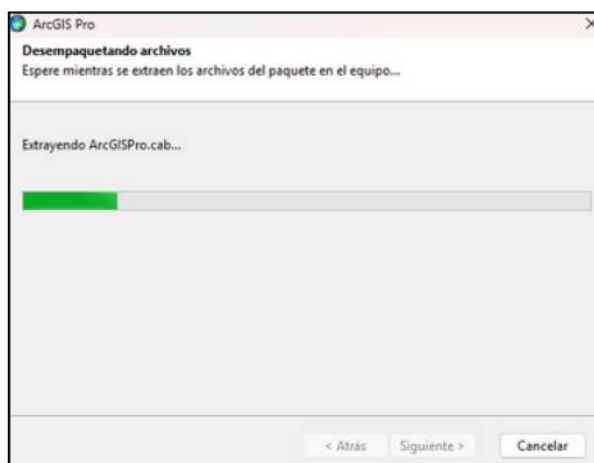
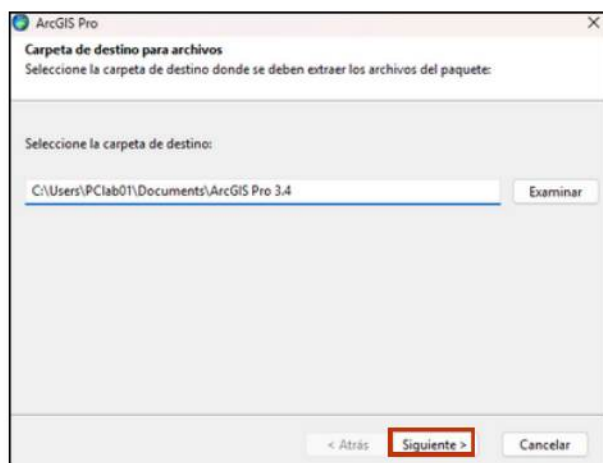
Se inicia la descarga.



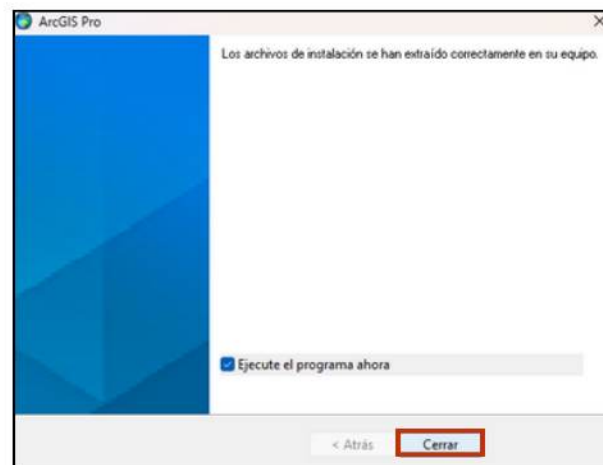
Se espera a que termine la descarga.



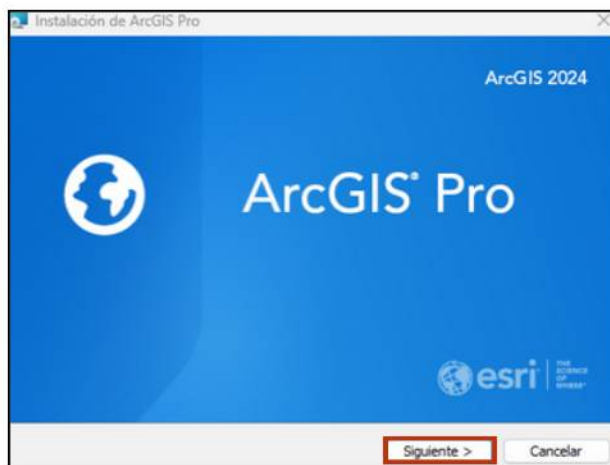
Una vez finalizada la descarga, se ejecuta el archivo para su instalación. Al ejecutarlo, se define la carpeta que contendrá el programa.



Se selecciona "Cerrar" para ejecutar el programa, asegurándose de que la opción "Ejecute el programa ahora" esté marcada.



"Siguiente" para continuar con la instalación.



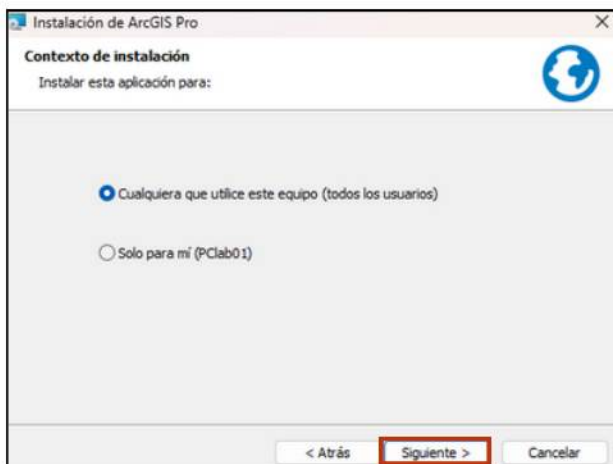
Nuevamente siguiente.



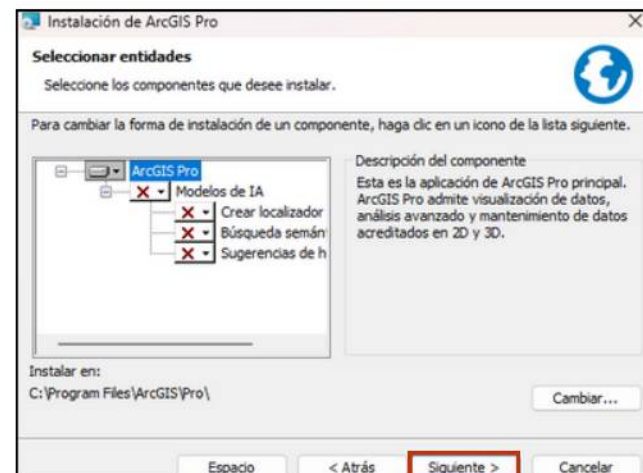
Se aceptan los términos del contrato y se procede haciendo clic en el botón "Siguiente".



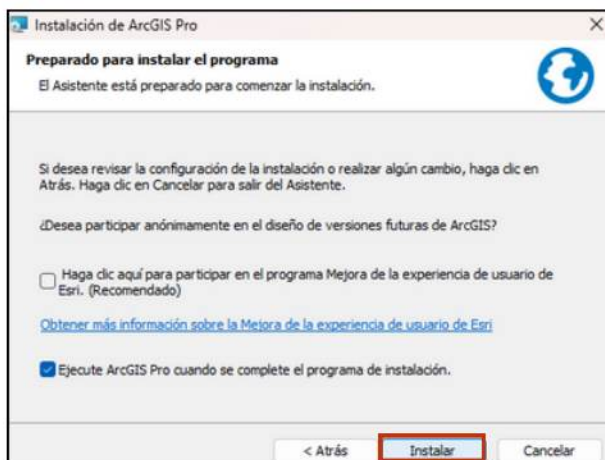
Se selecciona la preferencia de usuarios y luego se hace clic en "Siguiente".



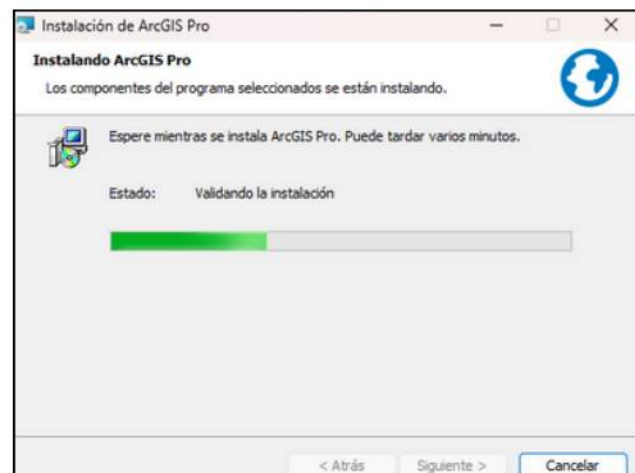
Nuevamente siguiente.



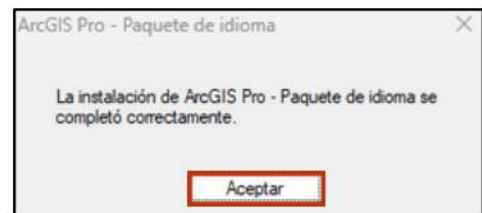
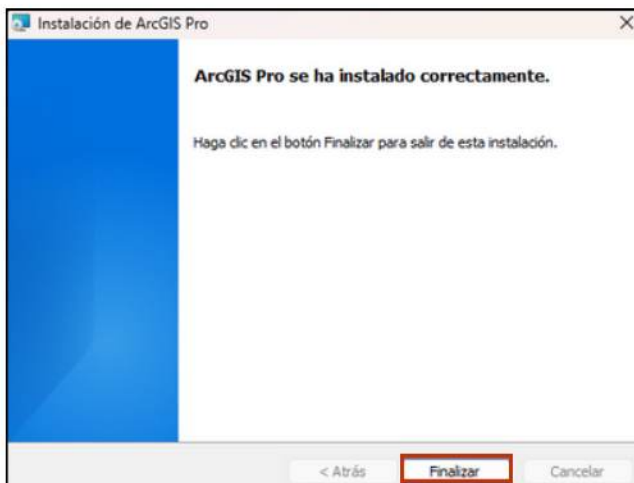
Se prosigue con la instalación haciendo clic en "Instalar".



Se espera a que termine el proceso de instalación.



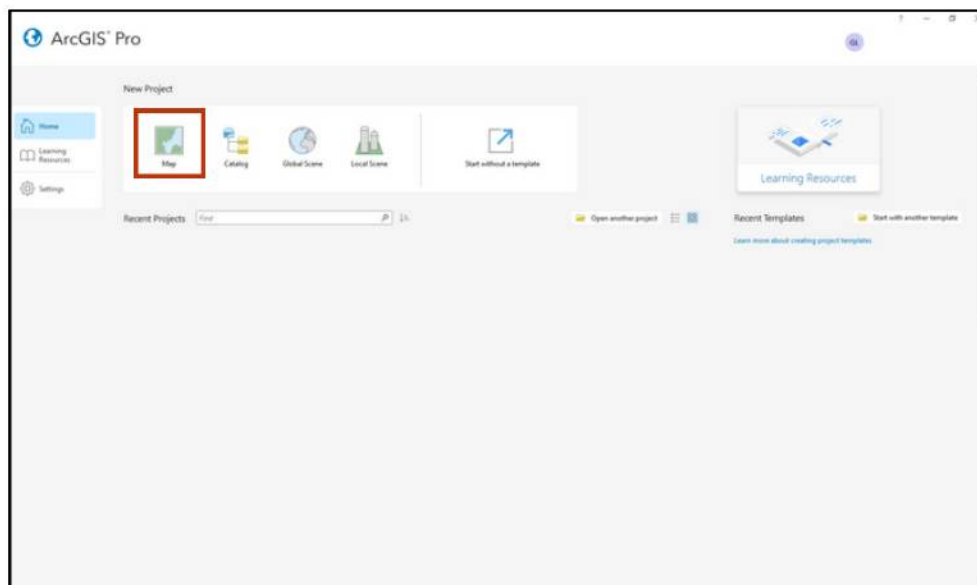
Se finaliza la instalación.



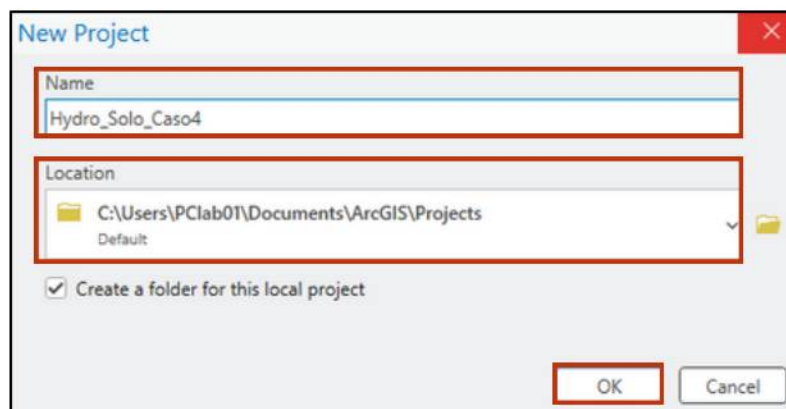
8.2.2. Creación del Proyecto

8.2.2.1. Iniciar proyecto

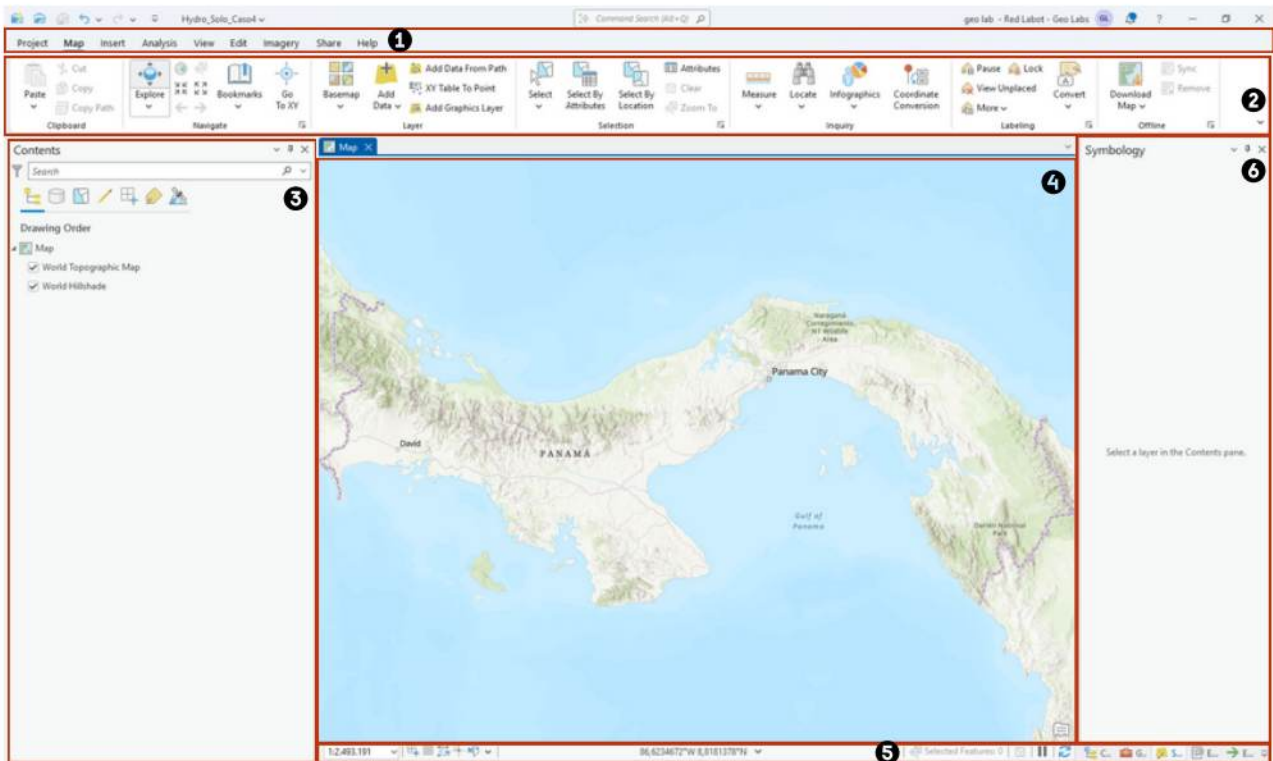
- En la primera pantalla del programa ArcGIS, se inicia el proyecto desde "MAP".



- Se define la carpeta donde se guardará el proyecto, así como el nombre del mismo.



- Ventana Principal de ArcGIS Pro.

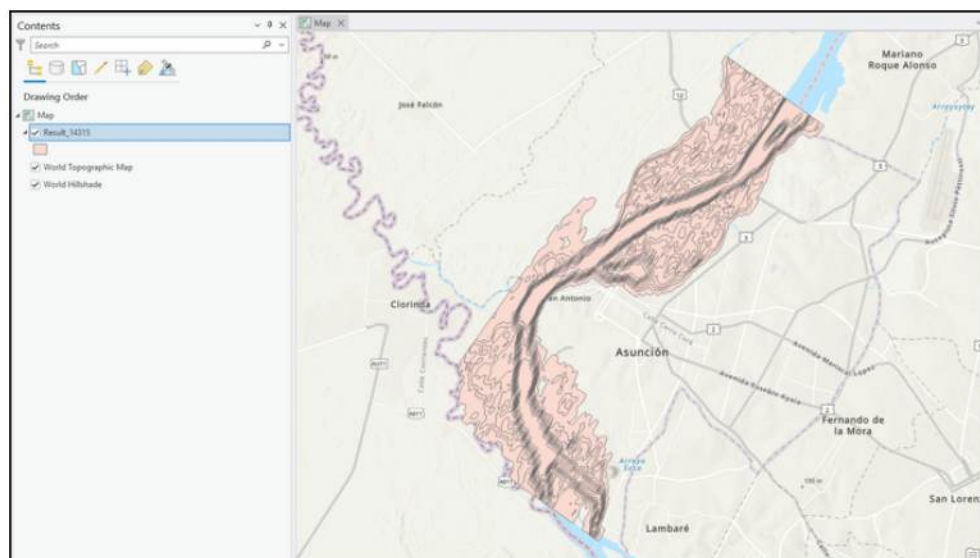


- 1- Barra de Menú.
- 2- Barra de Herramientas Estándar.
- 3- Tabla de Contenidos.
- 4- Ventana de Visualización del Mapa.
- 5- Barra de Estado.
- 6- Área de apertura de Paneles y herramienta importantes.

8.2.3. Configuración de Visualización

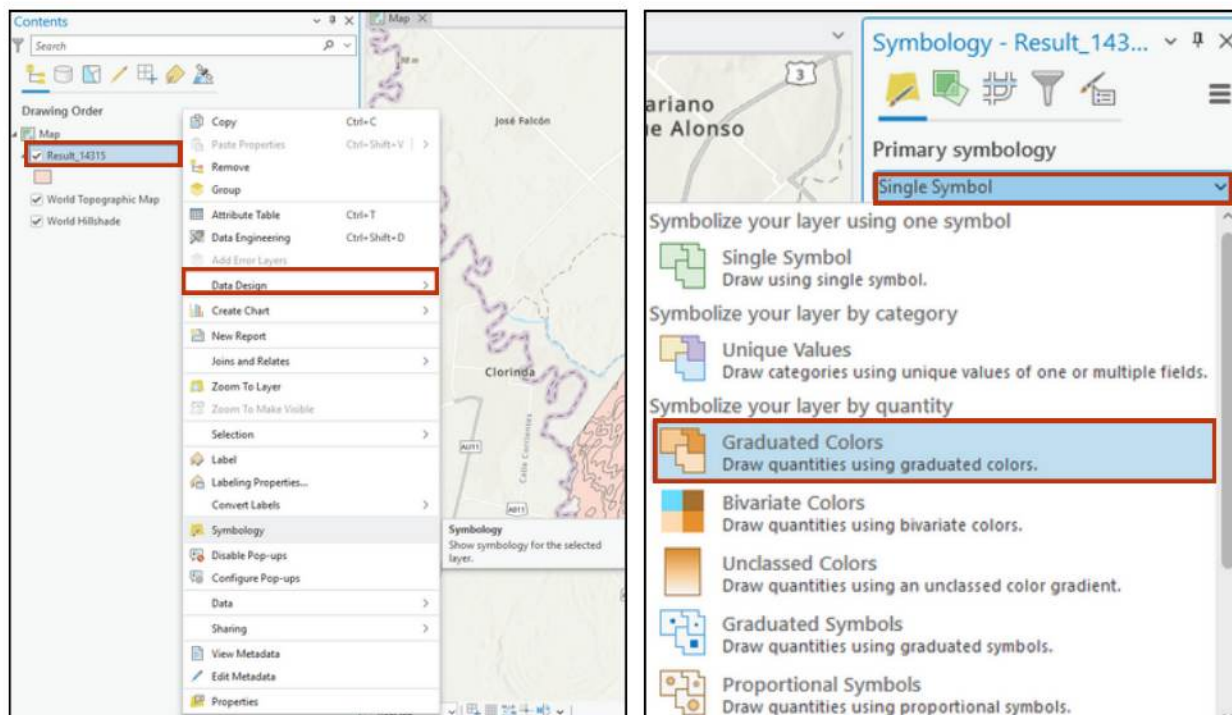
8.2.3.1. Carga del archivo

Nos dirigimos a la carpeta donde descargamos el .shp de iRIC y arrastramos hacia nuestro proyecto, específicamente a la tabla de contenidos encima de "MAP"

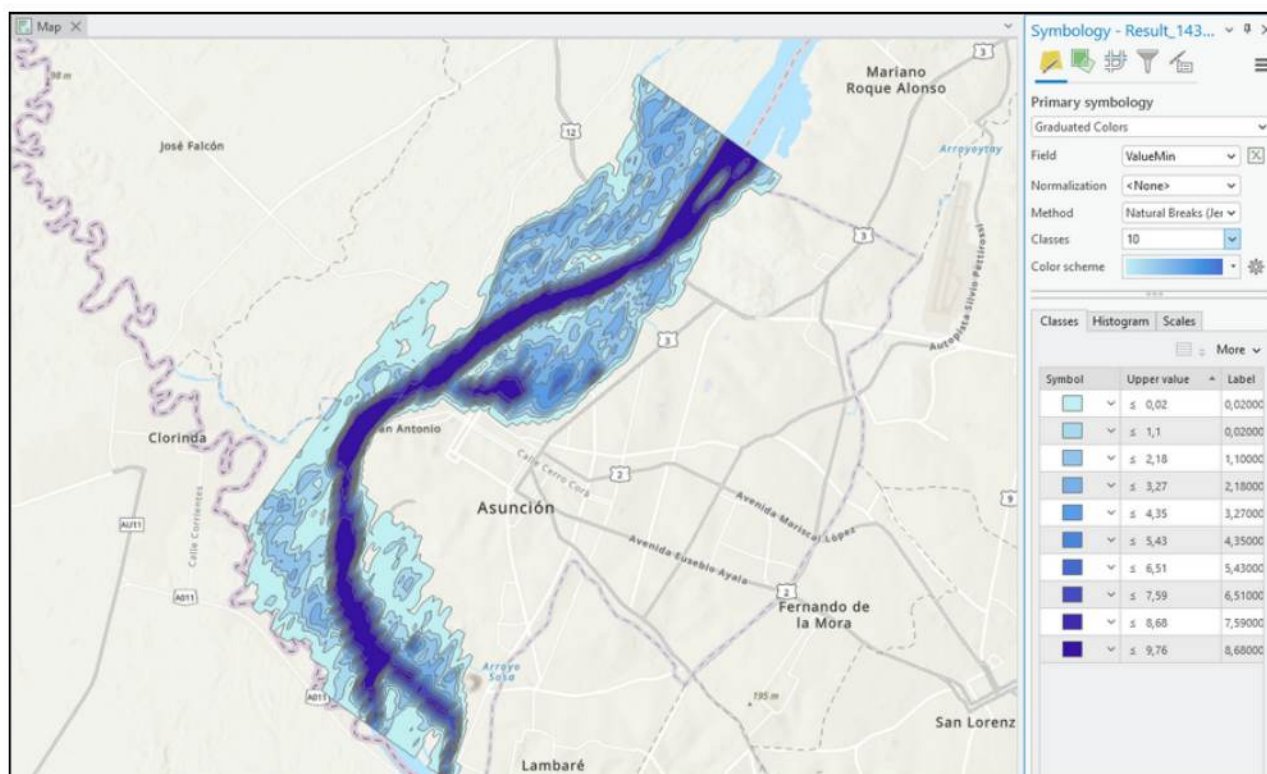


8.2.3.2. Cambio de simbología

Modificamos la simbología haciendo clic derecho y seleccionando "Symbology". Luego, en la opción "Single Symbol", elegimos "Graduated Colors", lo que permite asignar una escala de colores graduados acorde a los valores del archivo, facilitando su interpretación visual. dando clic derecho y "Symbology".

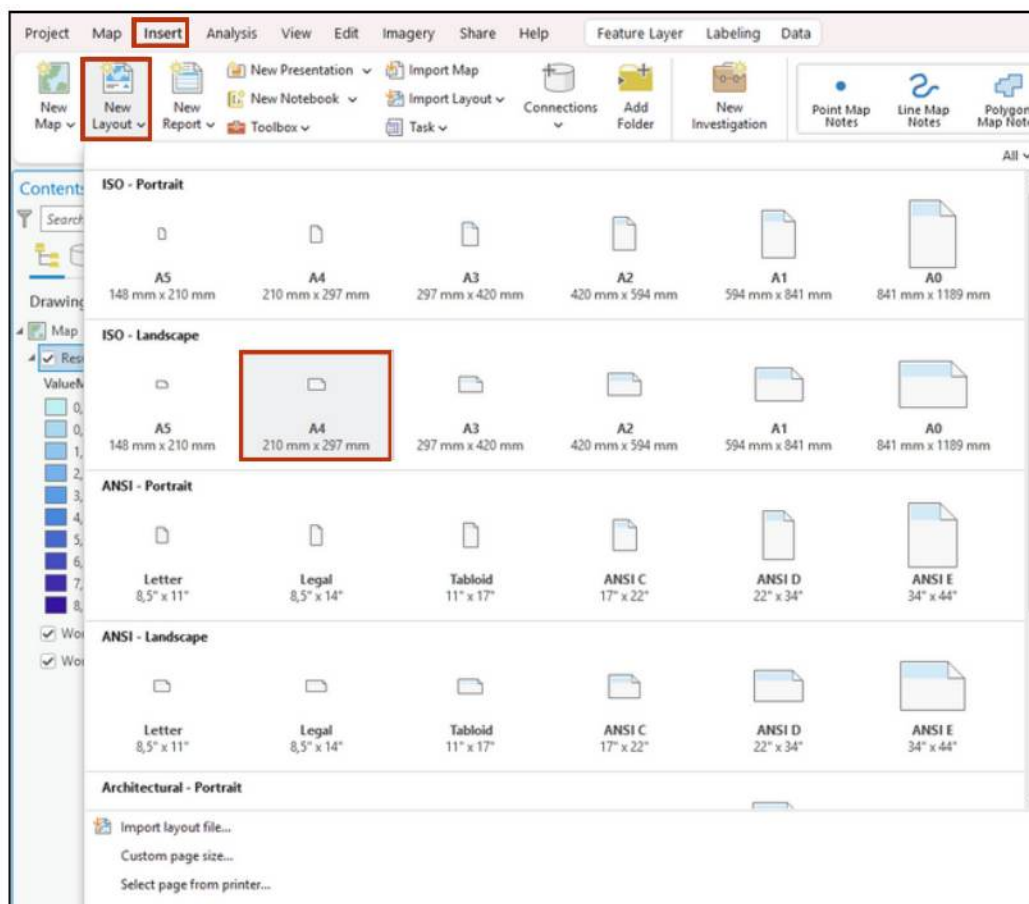


Se ajusta el número de clases a 10, manteniéndolo consistente con la escala utilizada en iRIC. Además, según la preferencia del usuario, es posible modificar el "**Color Scheme**" para mejorar la visualización de los datos.

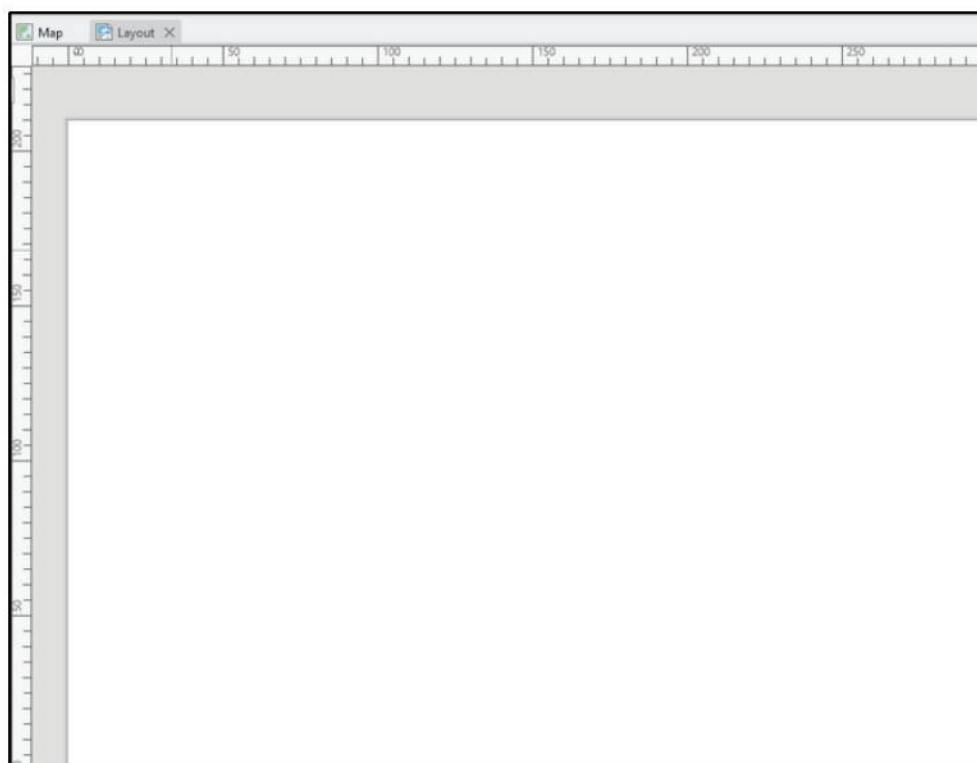


8.2.4. Diseño y configuración del Mapa Final

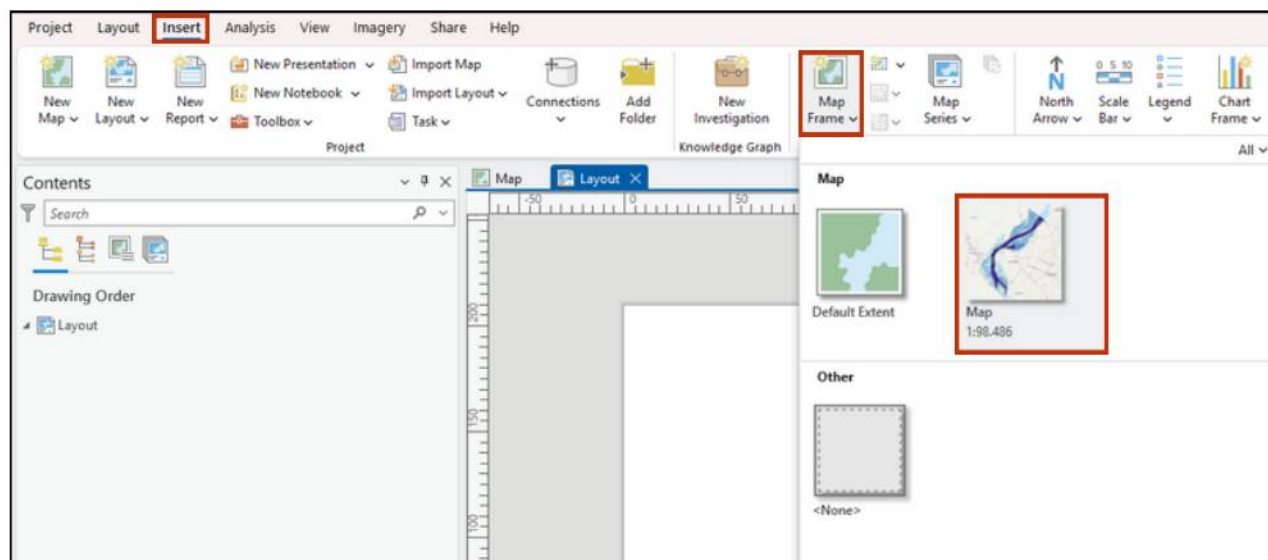
8.2.4.1. Creación del Layout desde la barra de Menús en la pestaña "Insert".



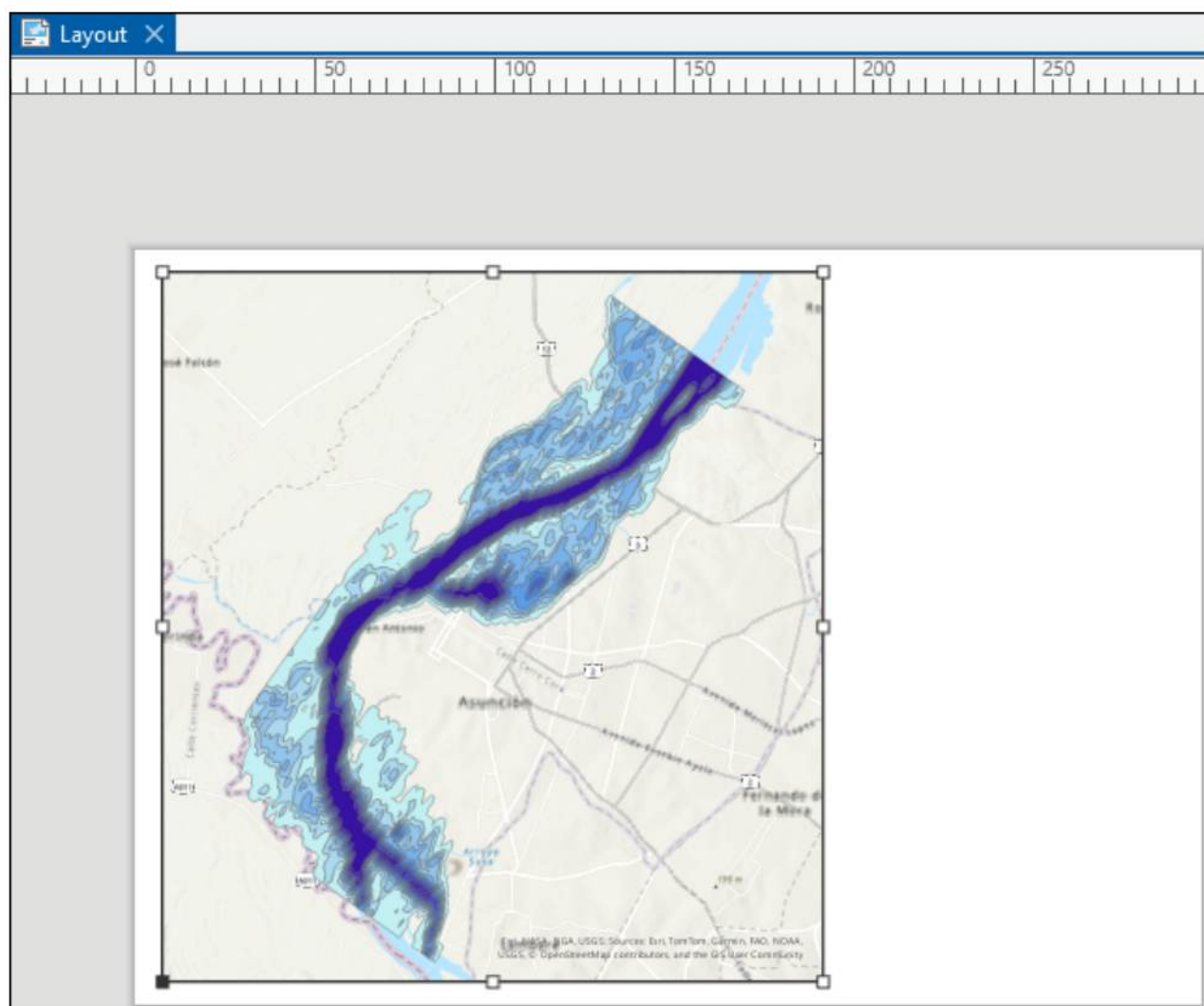
Se abrirá una nueva pestaña con el nombre "Layout" en la ventana de visualización del mapa.



8.2.4.2. Inserción del mapa configurado desde Insert > Map Frame



Definimos el área donde se visualizará el mapa haciendo clic, arrastrando para ajustar el tamaño y soltando para finalizar la inserción.



9. REFERENCIAS

Avila, J. (2022). Procedimiento para la determinación y realización de Hietograma. Universida Santo Tomás -Tunja. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/47499/2022avilajuan.pdf>

Aliaga, B. (2016). Los mapas de riesgo. Publicaciones Didácticas. https://core.ac.uk/outputs/235859122/?utm_source=pdf&utm_medium=banner&utm_campaign=pdf-decoration-v1

Arana, I. (2014). Orientaciones para la zonificación del riesgo climático. HELVETAS Swiss Intercooperation. <https://cebem.org/wp-content/uploads/2014/12/3-15-orientacionesh1.pdf>

Chuvieco, E. (1995). Fundamentos de Teledetección Espacial (2ª ed.). Ediciones Rialp, S.A. <http://cursosihlla.bdh.org.ar/Sist.%20Cart.%20y%20Teledet./Bibliografia/FUNDAMENTOS-DE-TELEDETECCION-EMILIO-CHUVIECO.pdf>

Chuvieco, E. (2008). Teledetección Ambiental (3ª ed.). SlideShare. <https://es.slideshare.net/slideshow/teledeteccion-ambiental-lista/12971570>

de San Antonio, J. Fernández, C. Fernández, S. (2004). Caracterización de Amenazas Geológicas en la Ladera Sur - Occidental del Volcán Chaparrastique. Geologos del Mundo. <https://www.xeologosdelmundu.org/wp-content/uploads/2015/01/Volcan-Chaparrastique-2005.pdf>

Environmental Systems Research Institute, Inc. (2022). Educando con SIG. <https://community.esri.com/ccqpr47374/attachments/ccqpr47374/educando-con-sigtkb-board/14/6/Flujos%20de%20trabajo%20ArcGIS%20Pro.pdf>

Environmental Systems Research Institute, Inc. (2025). Imágenes de satélite. <https://support.esri.com/es-es/gis-dictionary/satellite-imagery>.

Ferrando, A; Francisco, J. (2003). En torno a los desastres “naturales”: Tipología, conceptos y reflexiones. <https://www.redalyc.org/pdf/258/25804703.pdf>

Goodchild, M. Haining, R. (2005). SIG y análisis espacial de datos: perspectivas convergentes. Investigaciones Regionales, núm. 6, 175-201. <https://www.redalyc.org/pdf/289/28900609.pdf>

Hezer, H. Rodriguez, C. Celis, A, Bartolomé, M. Caputo, G. (2002). Convivir con el riesgo o la gestión del riesgo. <https://es.scribd.com/document/581600433/Convivir-con-el-riesgo>

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2009). Glosario. En Planton, S. (ed.) https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/08/WGI_AR5_glossary_ES.pdf

Ihobe. (2022). Inundación Pluvial Asociada a eventos extremos de precipitación en escenarios de Cambio Climático en Euskadi. https://adaptecca.es/sites/default/files/documentos/inplu_es_170123_2_1.pdf

International Centre for Water Hazard and Risk Management under the auspices of UNESCO (ICHARM). sf. RRI model. https://www.pwri.go.jp/icharm/research/rri/rri_top.html?form=MGOAV3

International River Interface Cooperative (iRIC). (sf.). About iRIC. <https://i-ric.org/en/about/>

Ormeño, S. (2006). Teledetección Fundamental. Escuela Técnica Superior de Ingenieros en Topografía, Geodesia y Cartografía. Departamento de Ingeniería Topográfica y Cartografía. Universidad Politécnica de Madrid. <https://oa.upm.es/82765/1/FundamentosTeledeteccion.pdf>

Renda, E. (2017). Manual para la elaboración de mapas de riesgos. PNUD. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_para_la_elaboracion_de_mapas_de_riesgo.pdf

Raffino, E. (2021). Peligro. Enciclopedia Concepto. <https://concepto.de/peligro/>.

Subramanya, K. (2013). Engineering Hydrology (4^a ed.). McGraw Hill. <http://103.203.175.90:81/fdScript/RootOfEBooks/E%20Book%20Collection%202021/CED/Hydrology%20By%20K.%20SUBRAMANYA.pdf>

United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR). (2009). Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres. https://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf

United Nations. (sf.). Aplicación de datos del mes: Inundaciones Fluviales. <https://www.un-spider.org/es/links-and-resources/data-sources/daotm-river-floods>

U.S. Army Corps of Engineers. (2016). HEC-RAS river analysis system: 2D modeling user's manual (Version 5.0). Hydrologic Engineering Center. <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras>

Van Humboldt, A. (2006). Los sistemas de información geográfica. *Geoenseñanza*. 11(1). <https://www.redalyc.org/pdf/360/36012424010.pdf>

MANUAL METODOLÓGICO DE **MANEJO DE DESASTRES**