ANALYSIS OF SEA LEVEL RISE

Análisis del aumento del nivel del mar

PROJECT NOTE: The Project does not impact sea level rise. The main level of the parking garage on the Main Lot will be raised 1' to 5' above the current surface to mitigate sea level rise risk.

OBJECTIVE

To evaluate the impacts of Sea Level Rise (SLR) on Golden Gate Bridge, Highway and Transportation District existing and future infrastructure plans.

HAZARD IDENTIFICATION

- **High Total Water Levels (TWLs) resulting from SLR**
- **Long-term groundwater emergence**

IMPACTED AREAS

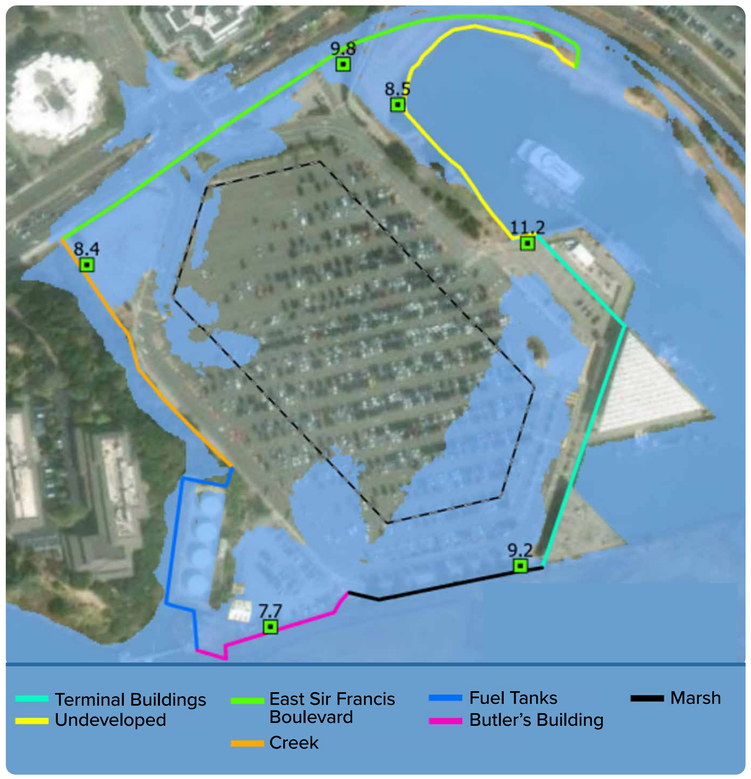
- **Groundwater emergence:**
  Butler's Building, Marsh, Paved Areas
- **High TWLs:**
  Butler's Building, Creek, Undeveloped, Marsh, Fuel Tanks, Terminal and Sir Francis Drake Blvd

ADAPTATION PLAN

- **High Risk Level, Adaptation is High Priority:**
  East Francis Drake Boulevard, Fuel Tanks and Butler's Building
- **Moderate Risk Level, Adaptation Required within Existing Asset Management:** Terminal Buildings, Undeveloped, Creek, Marsh and Paved Areas

Intermediate Risk Total Water Level for 2080

Nivel total del agua para el escenario de riesgo intermedio en 2080

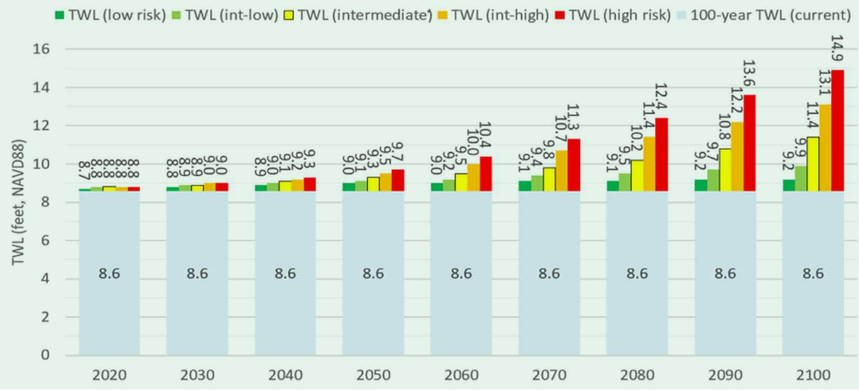


SLR Scenarios

Escenarios de aumento del nivel del mar

The surface elevation of the main parking lot is at 8.6' of the North American Vertical Datum of 1988 (NAVD88) control

The surface elevation of the main parking lot is at 8.6' of the North American Vertical Datum of 1988 (NAVD88) control



GOLDEN GATE BRIDGE®
HIGHWAY & TRANSPORTATION DISTRICT

Corresponding Draft EIR section: Appendix E. Sea Level Rise Report

Summary of SLR Vulnerability Assessment
Resumen de la Evaluación de Vulnerabilidad al Aumento del Nivel del Mar.

Years	Area	Hazard	Breaching Point Elevation[a]	Projected TWL[a]	Vulnerable Assets
2020-2030	Butler's Building	High TWL	7.7	8.8 – 8.9	Employee parking lot
2020-2030	Creek	High TWL	8.4	8.8 - 8.9	Northwest corner of the Terminal: bike path, main parking lot and utility vaults
2020-2030	Undeveloped	High TWL	8.5	8.7 – 8.8	None
2040-2050	Marsh	High TWL	9.2	9.1 - 9.3	Southern area of the Terminal: main parking lot, road and utility vaults
2060-2070	Fuel Tanks	High TWL	9.7	9.5 – 9.8	Fuel tanks, pipelines
2060-2070	Terminal Buildings	High TWL	11.2	10.4 – 11.3	Buildings, passenger and ferry boarding areas, utility vaults
2070-2080	East Sir Francis Drake Boulevard	High TWL	9.8	9.8 – 10.2	Roads, main parking lot and utility vaults
2080	Fuel Tanks	Groundwater Emergence	N/A	N/A	Containment area
2090	Buttler's Building, Marsh, Paved	Groundwater Emergence	N/A	N/A	Employee and main (south) parking lots, bike path, utility vaults
2100	Paved	Groundwater Emergence	N/A	N/A	Main parking lot (north) and MLPS[b]

[a] feet NAVD88
[b] groundwater emergence flooding if first floor of MLPS is built at existing ground level, not vulnerable if built at 11.4 feet NAVD88

DRAFT

NOTA SOBRE EL PROYECTO:
El Proyecto no contribuye al aumento del nivel del mar. El nivel principal del estacionamiento en estructura del Lote Principal se elevará entre 1 y 5 pies por encima de la superficie actual para mitigar el riesgo asociado con el aumento del nivel del mar.

OBJETIVO

Para evaluar los impactos del aumento del nivel del mar (SLR, por sus siglas en inglés) sobre la infraestructura existente y los planes futuros de infraestructura del Golden Gate Bridge, Highway and Transportation District.

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

- **Niveles Totales de Agua (TWL) elevados como resultado del aumento del nivel del mar (SLR)**
- **Aparición de aguas subterráneas a largo plazo**

AREAS AFECTADAS

- **Aparición de aguas subterráneas:** Edificio Butler, marisma y áreas pavimentadas.
- **Niveles Totales de Agua (TWL) elevados:** Edificio Butler, arroyo, áreas no urbanizadas, marisma, tanques de combustible, terminal y Sir Francis Drake Blvd.

PLAN DE ADAPTACIÓN

- **Nivel de riesgo alto, adaptación de alta prioridad:** Este de Sir Francis Drake Boulevard, tanques de combustible y Edificio Butler.
- **Nivel de riesgo moderado, adaptación requerida dentro de la gestión existente de activos:** Edificios de la terminal, áreas no urbanizadas, arroyo, marisma y áreas pavimentadas.

Corresponding Draft EIR section: Appendix C.D1 and C.D2

WAKE AND SHORELINE EROSION ANALYSIS

Análisis de erosión de la costa y la estela marina

Purpose and Methodology / Propósito y Metodología

GOLDEN GATE BRIDGE® HIGHWAY & TRANSPORTATION DISTRICT

WATERSIDE / EN EL AGUA

OBJECTIVE

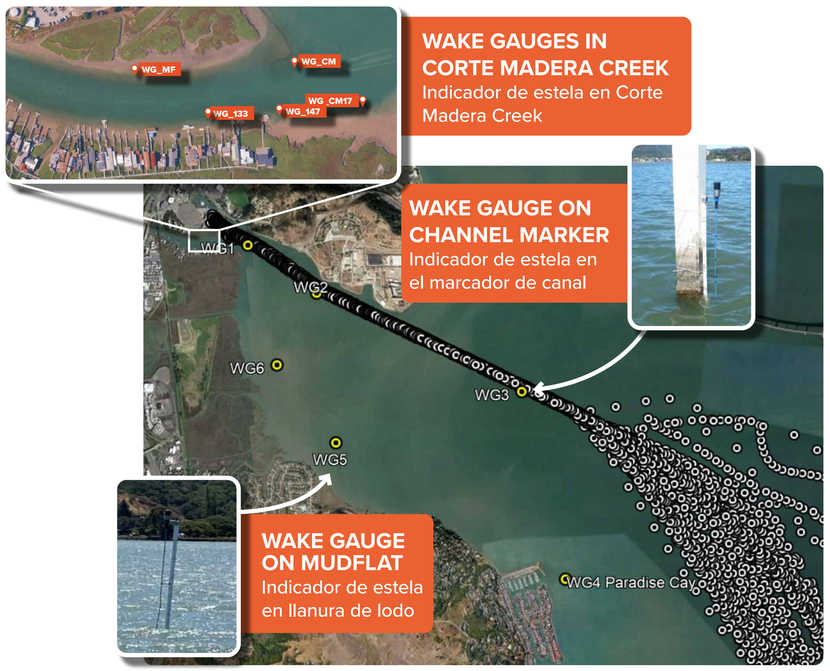
Assess the impact of Golden Gate Bridge, Highway and Transportation District (GGBHTD) ferry wakes in Corte Madera Bay, including the Greenbrae Boardwalk Community and the Paradise Cay Yacht Harbor.

OBJETIVO

Evaluar el impacto de las estelas de los ferrys de Golden Gate Bridge, Highway and Transportation District (GGBHTD) en la Bahía de Corte Madera, incluyendo la Comunidad de Greenbrae Boardwalk y el Paradise Cay Yacht Harbor.

METHODOLOGY

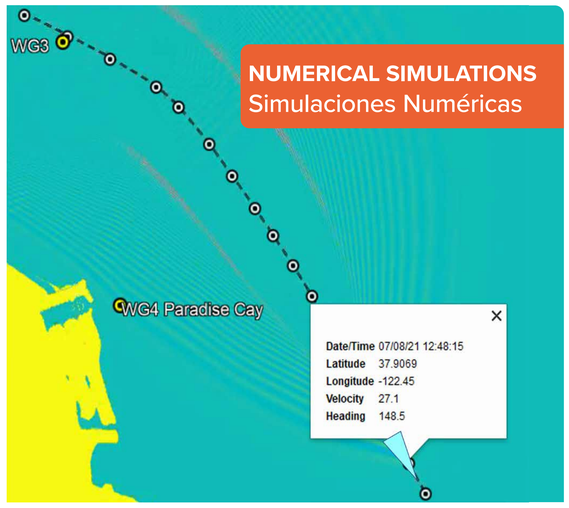
- Studied multihull (catamaran) and monohull (Spaulding Class) ferries
- Performed wake measurements
- Collected actual ferry tracks (location, speed, and heading)
- Selected one inbound and one outbound track
- Simulated ferry passages and wakes in Corte Madera Bay
- Compared simulated and measured wakes
- Assessed wake impacts:
  - » Bottom and shoreline erosion
  - » Boats and docks
  - » Shoreline protection structures
  - » Passive boating
  - » Benthos (flora and fauna at the bottom of the Bay)
  - » Water turbidity



WAKE GAUGES IN CORTE MADERA CREEK
Indicador de estela en Corte Madera Creek

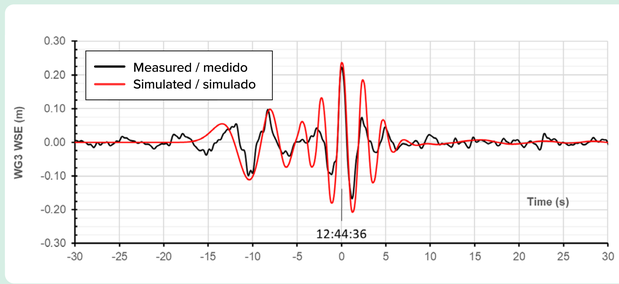
WAKE GAUGE ON CHANNEL MARKER
Indicador de estela en el marcador de canal

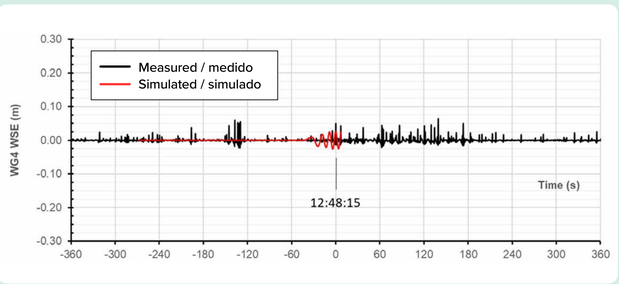
WAKE GAUGE ON MUDFLAT
Indicador de estela en llanura de lodo



NUMERICAL SIMULATIONS
Simulaciones Numéricas

COMPARISON OF WAKE SIMULATIONS VS. MEASUREMENTS // Comparación entre simulaciones de estelas y mediciones





METODOLOGÍA

- Estudio de ferrys multicasco (catamarán) y monocasco (Clase Spaulding)
- Se realizaron mediciones de la estela
- Se recopilaron las rutas reales de los ferrys (ubicación, velocidad y rumbo)
- Se seleccionó una pista de entrada y otra de salida
- Travesías y estelas simuladas de ferry en la bahía de Corte Madera
- Comparación de estelas simuladas y medidas
- Evaluación de los impactos de las estelas:
  - » Erosión del fondo y de la costa
  - » Embarcaciones y muelles
  - » Estructuras de protección de la costa
  - » Navegación pasiva
  - » Bentos (flora y fauna en el fondo de la bahía)
  - » Turbidez del agua

Corresponding Draft EIR section: Appendix C.D1 and C.D2

WAKE AND SHORELINE EROSION ANALYSIS

Análisis de la estela y la erosión de la línea costera

Features and Activities Assessed in Corte Madera Creek, Marsh and Bay /
Características y Actividades Evaluadas en el Arroyo Corte Madera, La Marisma y La Bahía

GOLDEN GATE BRIDGE® HIGHWAY & TRANSPORTATION DISTRICT

WATERSIDE / EN EL AGUA



LEGEND / LEYENDA:

- **BULKHEAD** / MURO DE CONTENCIÓN
- **CONCRETE DEBRIS** / ESCOMBROS DE CONCRETO
- **DOCK & BOATS** / MUELLES Y BARCOS
- **NATURAL SHORELINE** / LÍNEA COSTERA NATURAL
- **PASSIVE BOATING** / NAVEGACIÓN PASIVA
- **REVETMENT** / REVESTIMIENTO

LARKSPUR FERRY SERVICE EXPANSION AND PARKING PROJECT
AND FUTURE PROJECT UPON INITIATION OF THE ENVIRONMENTAL PROCESS

PROYECTO DE LA EXPANSIÓN DEL SERVICIO Y DEL ESTACIONAMIENTO DE LA TERMINAL DE FERRY DE LARKSPUR
Y FUTURO PROYECTO UNA VEZ INICIADO EL PROCESO AMBIENTAL

WAKE AND SHORELINE EROSION ANALYSIS / ANÁLISIS DE LA EROSIÓN DE LA LÍNEA DE COSTA Y DEL OLEAJE DE ESTELA

GOLDEN GATE BRIDGE® HIGHWAY & TRANSPORTATION DISTRICT

WATERSIDE / EN EL AGUA

Corresponding Draft EIR section:
Appendix C.D1 and C.D2

ANALYTICAL RESULTS: No Impact on Erosion, Shoreline Structures, Turbidity, Boats and Docks, and Other Characteristics

RESULTADOS DEL ANÁLISIS: Sin Impactos sobre la Erosión, las Estructuras Costeras, la Turbidez, las Embarcaciones y Muelles, ni otras Características

Wake Wash Impact Assessment on Key Features and Activities

- **Bottom erosion: no impact** where wakes are small or water depth relatively deep
- **Shoreline erosion: no impact** where wakes are small or shoreline armored
- **Boats and docks: no impact**, wakes less than one foot
- **Shoreline protection structures: no impact**, wakes are smaller than 100-year wind wave
- **Passive boating: no impact** where wakes are less than rowing shell freeboard, moderate impact if rowing shell not heading into the wakes
- **Benthos: no impact**, wake-induced bottom shear stress does not erode bottom
- **Water turbidity: no impact**, naturally high suspended sediment levels

Evaluación del impacto del oleaje generado por embarcaciones en elementos y actividades clave

- **Erosión del fondo: sin impacto** donde las estelas son pequeñas o la profundidad del agua es relativamente honda
- **Erosión de la costa: sin impacto** donde las estelas son pequeñas o la costa está protegida
- **Embarcaciones y muelles: sin impacto,** estelas de menos de 1 pie
- **Estructuras de protección de la costa: sin impacto**, las estelas son más pequeñas que las olas de viento de 100 años
- **Navegación pasiva: sin impacto** cuando las estelas son menores que la altura libre de la embarcación de remo, impacto moderado si el bote de remo no se dirige hacia las estelas
- **Bentos: sin impacto**, la tensión cortante del fondo inducida por la estela no erosiona el fondo
- **Turbidez del agua: sin impacto**, niveles naturalmente altos de sedimentos suspendidos

Maximum wake height measurement of outbound and inbound ferry vessels

Medición de la altura máxima de la estela de los ferrys que llegan y salen

LEGEND / LEYENDA:

- **No Impact** / Sin impacto
- **Moderate Impact** / Impacto moderado
- **High Impact** / Alto impacto
- **Not Applicable** / No aplica

BE: bottom erosion / erosión del fondo

SE: shoreline erosion / erosión de la costa

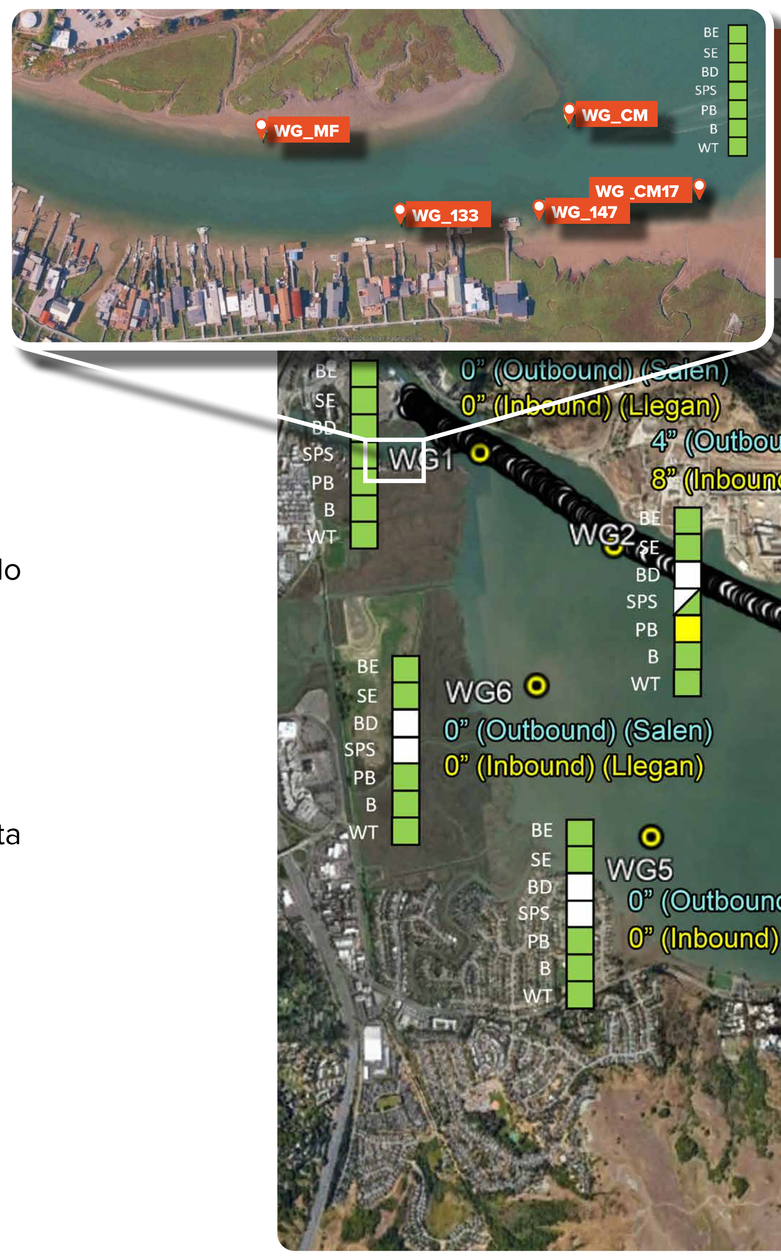
BD: boats and docks / embarcaciones y muelles

SPS: shoreline protection structures / estructuras de protección de la costa

PB: passive boating / navegación pasiva

B: benthos / bentos

WT: water turbidity / turbidez del agua



WAKE GAUGES IN CORTE MADERA CREEK
Indicador de estela en Corte Madera Creek

WAKE GAUGES IN CORTE MADERA BAY
Indicador de estela en Corte Madera Bay

Corresponding Draft EIR section: Appendix C.D3

FUTURE FERRY FLEET – LIWA CLASS VESSELS

Futura Flota de Ferrys: Embarcaciones Clase Liwa

GOLDEN GATE BRIDGE® HIGHWAY & TRANSPORTATION DISTRICT

WATERSIDE / EN EL AGUA

OCT-2023 BOARD ACTION: Move All Ferrys to Multihull (Catamaran) Vessels

CURRENT FERRY SERVICE: No Wake and Shoreline Erosion Impacts

First Ferry to be delivered in 2028

El primer ferry se entregará en 2028

RESOLUCIÓN DE LA JUNTA EN OCTUBRE 2023: Convertir toda la flota de ferrys a embarcaciones de multicasco (catamaranes)

SERVICIO ACTUAL DE FERRY Sin impacto de la estela o erosión costera

Multihull (Catamaran) Ferry Features

- Surface-piercing hulls, producing less wake
- Wider (beam) and more stable, reducing rolling and pitching (which can contribute to wakes)

Future Ferry Service Under Study

- Return to 42 trips per day in 2035 and up to 76 per day in 2050
- No change in ferry types, routes, speed for the Larkspur route
- Liwa-class vessels begin arriving in 2028

Características de los Ferrys Multicasco (Catamarán)

- Cascos que atraviesan la superficie del agua (surface-piercing hulls), generando menos oleaje.
- Más ancho (mayor manga) y más estable, lo que reduce el balanceo y el cabeceo (factores que pueden contribuir a la formación de estelas).

Servicio Futuro de Ferrys en Estudio

- Regreso a 42 viajes diarios en 2035 y hasta 76 viajes diarios en 2050.
- Sin cambios en los tipos de ferry, rutas ni velocidades para la ruta de Larkspur.
- Las embarcaciones de la clase Liwa comenzarán a incorporarse en 2028.

Liwa Class High-Speed Ferries

Liwa Class High-Speed Ferry Comparison

(NAPA & GOLDEN GATE)

- Reduction **in wake energy in comparison to current fleet** (Napa and Golden Gate)
- Carry 50 additional passengers (500 total) and 45 additional bikes (75 total)
- Reduce NOx emissions and PM emissions
- Consume 36% less fuel

Liwa Class High-Speed Ferry Modeling

- Computational fluid dynamics (CFD) modeling of Liwa fast ferry hull design
- Fully loaded (departure) and lightest (arrival) conditions
- At 10 knots the reduction in wake energy is approximately 18% and at 36 knots the reduction in wake energy is approximately 30%

+50 PASSENGERS **+45** BIKES **↓36%** LESS FUEL ↓ REDUCED NOx & PM EMISSIONS





NAPA wake pattern at 38.7 knots in a water depth of 16.5 feet with two waterjets

Patrón de estela del ferri Napa a 38.7 nudos

Profundidad del agua: 16.5 pies • Dos propulsores de chorro de agua (waterjets)

Ferries de alta velocidad de la clase Liwa

Comparación de los ferries de alta velocidad de la clase Liwa

(NAPA & GOLDEN GATE)

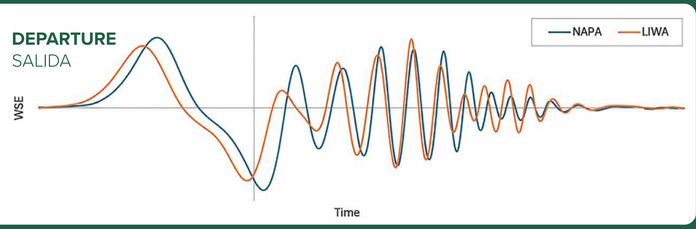
- Reducción de la energía del oleaje en comparación con la flota actual (Napa y Golden Gate)
- Capacidad para 50 pasajeros adicionales (500 en total) y 45 bicicletas adicionales (75 en total).
- Reducción de las emisiones de NOx y de material particulado (PM).
- Consumo de 36 % menos combustible.

Modelado de embarcaciones de alta velocidad de la clase Liwa

- Modelado mediante dinámica de fluidos computacional (CFD) del diseño del casco del ferry rápido Liwa
- Condiciones de carga máxima (salida) y de carga mínima (llegada)
- A 10 nudos, la reducción en la energía de la estela es de aproximadamente el 18%, y a 36 nudos, la reducción en la energía de la estela es de aproximadamente el 30%

NAPA and Liwa WSEs for the departure condition at 10 knots

Comparación de las estelas generadas por los ferris NAPA y Liwa en condición de salida a 10 nudos



Summary of total wake energy (E) relative differences

Resumen de las diferencias relativas en la energía total de la estela (E)

FERRY	CONDITION // CONDICIÓN	VELOCITY (KNOTS) // VELOCIDAD (NUDOS)	ΔE (% DIFFERENCE RELATIVE TO NAPA) // (% DE DIFERENCIA CON RESPECTO AL NAPA)
NAPA LIWA	Departure // Salida	10	-17
NAPA LIWA	Arrival // Llegada	10	-18
NAPA LIWA	Departure // Salida	36	-29
NAPA LIWA	Arrival // Llegada	36	-30

LARKSPUR FERRY SERVICE EXPANSION AND PARKING PROJECT
AND FUTURE PROJECT UPON INITIATION OF THE ENVIRONMENTAL PROCESS

PROYECTO DE LA EXPANSIÓN DEL SERVICIO Y DEL ESTACIONAMIENTO DE LA TERMINAL DE FERRY DE LARKSPUR
Y FUTURO PROYECTO UNA VEZ INICIADO EL PROCESO AMBIENTAL

TIMELINE / CRONOGRAMAS

LARKSPUR FERRY SERVICE EXPANSION–SCOPING MEETING

Reunión sobre el alcance de la expansión del servicio de Ferry de Larkspur

GOLDEN GATE BRIDGE® HIGHWAY & TRANSPORTATION DISTRICT

WATERSIDE / EN EL AGUA

LARKSPUR FERRY SERVICE AND VESSEL HISTORY AND PLANS

Servicio de Ferry de Larkspur e historia y planes del barco

2028

The first vessel, "Liwa", will be delivered in mid-2028, and the second vessel "DEL NORTE II", will be delivered in 2029

La primera embarcación, "Liwa", se entregará a mediados de 2028 y la segunda, "DEL NORTE II", en 2029

2025

District awards contract to purchase two (2) new ferry vessels with options for up to 6 additional vessels

El Distrito adjudica un contrato para la compra de dos (2) nuevas embarcaciones de ferry, con opciones para adquirir hasta 6 embarcaciones adicionales

2023

Board authorizes contract to replace entire ferry vessel fleet (seven vessels) with new high-speed catamarans

La junta autoriza el contrato para reemplazar toda la flota de ferrys (siete buques) con nuevos catamaranes de alta velocidad

SUMMER 2023

All Larkspur service provided by high-speed catamaran

Todos los servicios de Larkspur proporcionados por catamarán de alta velocidad

2004

Larkspur service reconfigured: All trips except one served by high-speed catamaran

Reconfiguración del servicio Larkspur: todos los viajes excepto uno atendido por catamarán de alta velocidad

1998

First catamaran in service for Larkspur: M.V. Del Norte

Primer catamarán en servicio para Larkspur: M.V. Del Norte

1985

- **Spaulding engine conversion: Gas turbine to diesel**
- **Service frequency increase: Three Spaulding class vessels in use**

- Conversión de motor Spaulding: turbina de gas a diésel
- Aumento de la frecuencia de servicio: tres buques de la clase Spaulding en uso

1980s

Wake-reducing operating restrictions put in effect along the Corte Madera Creek channel to Point San Quentin

Se implementan restricciones operativas que reducen la estela a lo largo del canal del arroyo Corte Madera hasta Point San Quentin

1977

Two vessels used for service (third as backup)

Dos buques utilizados para el servicio (el tercero como respaldo)

1976

Commute service commenced: Spaulding class vessel

Se inició el servicio de traslado: Buque de la clase Spaulding

1974

Larkspur ferry terminal construction contract awarded

Adjudicación del contrato de construcción de la Terminal de Ferry de Larkspur

1972

Property acquired for the Larkspur Ferry Terminal; contract awarded for construction of three Spaulding class vessels

Propiedad adquirida para la Terminal de Ferry de Larkspur; se adjudica contrato para la construcción de tres buques clase Spaulding