

Mantenimiento Preventivo Balanceado: Integración de Estándares y Guía del Fabricante para el Mantenimiento de Instalaciones Navales

Gerardo X. Pratts, PE

Maestría en Ingeniería Gerencial

Universidad Politécnica de Puerto Rico



Héctor J. Cruzado, PhD, PE

Escuela Graduada

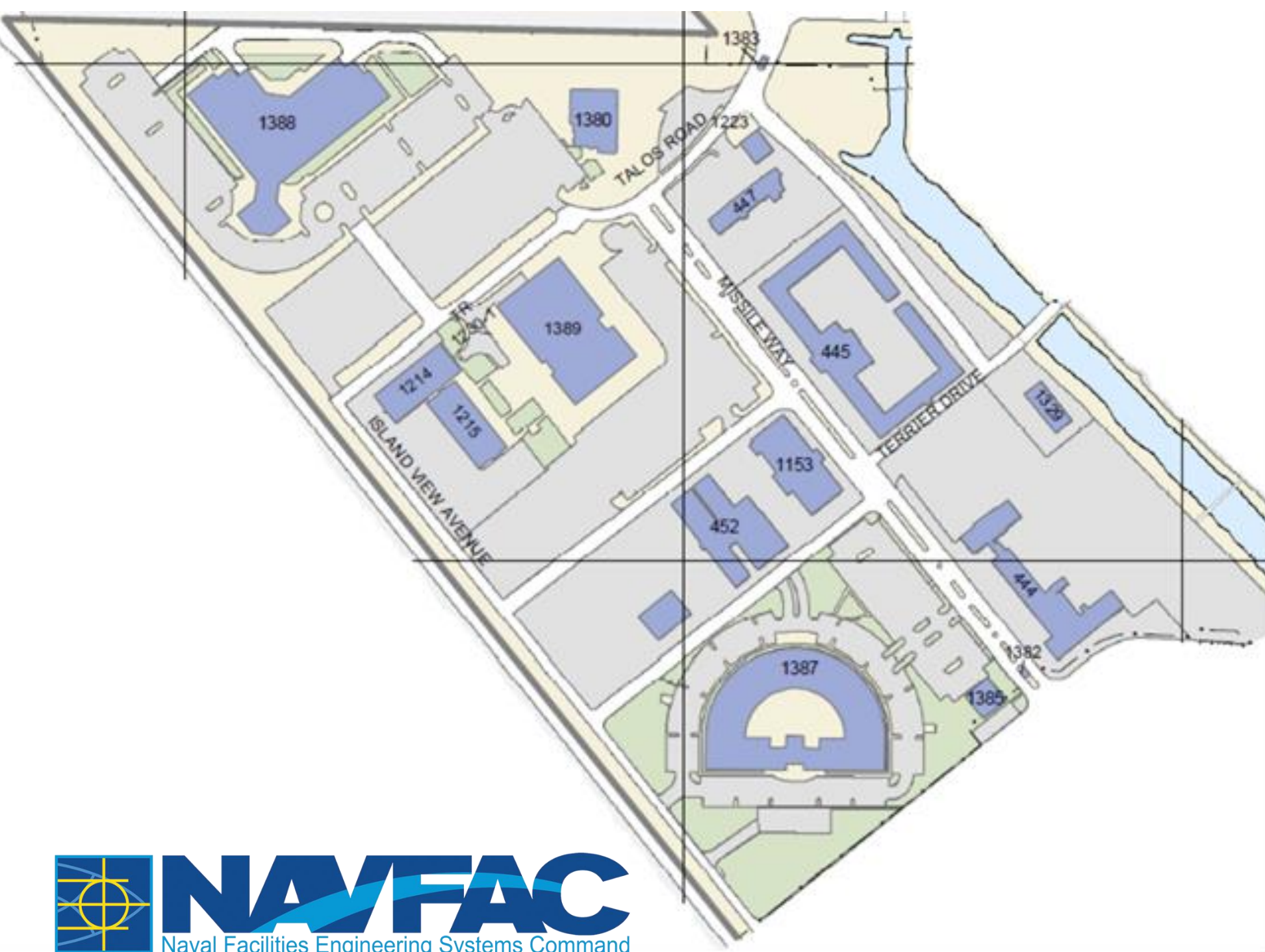
Universidad Politécnica de Puerto Rico

Resumen

La Marina de los Estados Unidos ordenó al Comando de Ingeniería e Instalaciones Navales realizar el 100% de los elementos de mantenimiento preventivo dentro de sus bases. Esta directiva implica un cambio significativo en el programa de mantenimiento, ya que requiere reemplazar el mantenimiento basado en la condición del equipo por uno basado en el tiempo, tal como lo recomiendan los fabricantes de equipos. El estudio analizó el historial de mantenimiento de las unidades dinámicas en los sistemas esenciales para ocho edificios seleccionados dentro de la base Naval del Condado de Ventura. La investigación demostró que un programa de mantenimiento que incorpore elementos prescriptivos y predictivos resulta ser la opción de mayor beneficio en términos de costo y operación.

Introducción

El deterioro de las estructuras en las principales bases de la Marina ha impactado la preparación de la flota de barcos y submarinos. En respuesta, la Marina desarrolló el Plan de Optimización de la Infraestructura y emitió una directiva dirigida al Comando de Ingeniería e Instalaciones Navales (NAVFAC) requiriendo ejecución del 100% de los elementos del mantenimiento preventivo.



La directiva representa un cambio radical al programa de mantenimiento actual el cual está basado en la condición del equipo. El tipo de mantenimiento propuesto por la Marina intenta emular las recomendaciones de los fabricantes y de la industria del mantenimiento. El objetivo de este proyecto es presentar un plan de mantenimiento balanceado para las instalaciones de la Marina contrastado los estándares industriales y la guía NAVFAC P-503. La investigación estableció un índice de costo-beneficio para todos los equipos analizados considerando su impacto operacional.

Revisión de Literatura

Las estrategias de mantenimiento de una organización deben considerar cuan crítico es el activo para la producción, el costo del mantenimiento y el impacto a las operaciones.. El 99% de las fallas en los equipos están precedidas por ciertos signos, condiciones o indicadores de que dicha falla iba a ocurrir. El objetivo del mantenimiento predictivo es el de predecir primero cuando podrían ocurrir fallas y luego prevenirlas mediante un mantenimiento correctivo programado.

Los datos disponibles en la literatura facilitan la realización de estimaciones del costo de mantenimiento; sin embargo, las estimaciones de los beneficios de las técnicas avanzadas de mantenimiento requieren suposiciones solidas que resultarían en un alto nivel de error incalculable. Un análisis de costo con recopilación de datos específicos provee un alto grado de confiabilidad en diferencia a una recomendación general para el mantenimiento preventivo.

Metodología

Recopilación de Información

El costo promedio de mantenimiento para cada equipo se obtuvo mediante la generalización de la capacidad del equipo analizado. Se tomó en consideración capacidades medianas y altas de los equipos para obtener un valor promedio de cuanto sería el valor del mantenimiento. La Tabla 1 contiene los requerimientos de tiempo y los costos promedios para el mantenimiento prescriptivo de los equipos considerados en el estudio.

Tabla 1: Mantenimiento Preventivo (Prescriptivo)

DESCRIPCION - EQUIPO	Requerimiento (Meses)	Costo (Promedio)
ELECTRICO - Motor Control Center	24	\$970
ELECTRICO - Low Voltage Breakers	36	\$455
ELECTRICO – Transformers	24	\$1,180
ELECTRICO – Generators	12	\$1,725
ELECTRICO - Grounding System	24	\$900
ELECTRICO - Uninterruptible Power Supply	12	\$2,475
FUEGO - Fire Pump	12	\$440
FUEGO - Foam Extinguishing System	6	\$2,050
FUEGO - Air Compressor	3-6	\$640
FUEGO – Fire Alarm System	12	\$1,250
HVAC - Boiler	6	\$1,975
HVAC – Chiller	6-12	\$1,945
HVAC - Cooling Tower	6-12	\$1,275
HVAC - Split System	6-12	\$600
HVAC - Air Handling Units	6-12	\$650
HVAC - Condensing Unit	6-12	\$425
HVAC - Roof Top Unit	6-12	\$850
PLOMERIA – Water Pump	12-24	\$385
PLOMERIA - Water Heater	12-24	\$650
PUERTAS – Roll-up	6	\$250
TRANSPORTE – Elevator	6-12	\$2,625
TRANSPORTE – Crane / Lift	12	\$1,035

Criterios de Evaluación

- Frecuencia del mantenimiento.**
Cantidad de mantenimiento realizado en cada equipo considerando su tiempo en servicio.
- Nivel de mantenimiento.**
Procedimientos de mantenimiento realizados en las unidades seleccionadas. La inspección visual, lubricación y protocolo de pruebas se identificaron como el mantenimiento mínimo requerido.
- Costos adicionales.**
Los gastos de mantenimiento durante un periodo de diez años tomando en consideración los costó adicionales en caso de llegar a la reparación del equipo.

Selección de Equipos

El estudio se realizó en ocho edificios de la Base Naval del Condado de Ventura, California. Se consideraron equipos dinámicos, o que reciben mantenimiento una vez cada cinco años o más, solamente. Todos los equipos dinámicos se dividieron en seis grupos de sistema de soporte.

- Sistema eléctrico
- Sistema de protección contra incendios,
- Sistema de aire acondicionado,
- Plomería,
- Puertas
- Sistema de transporte

Evaluación de Parámetros

La base de datos MAXIMO ayudó a analizar cada equipo según los criterios de evaluación. La Figura 1 presenta una gráfica de costos en la cual se utilizó la información de MAXIMO para comparar el mantenimiento prescriptivo con el mantenimiento predictivo durante un periodo de diez años.

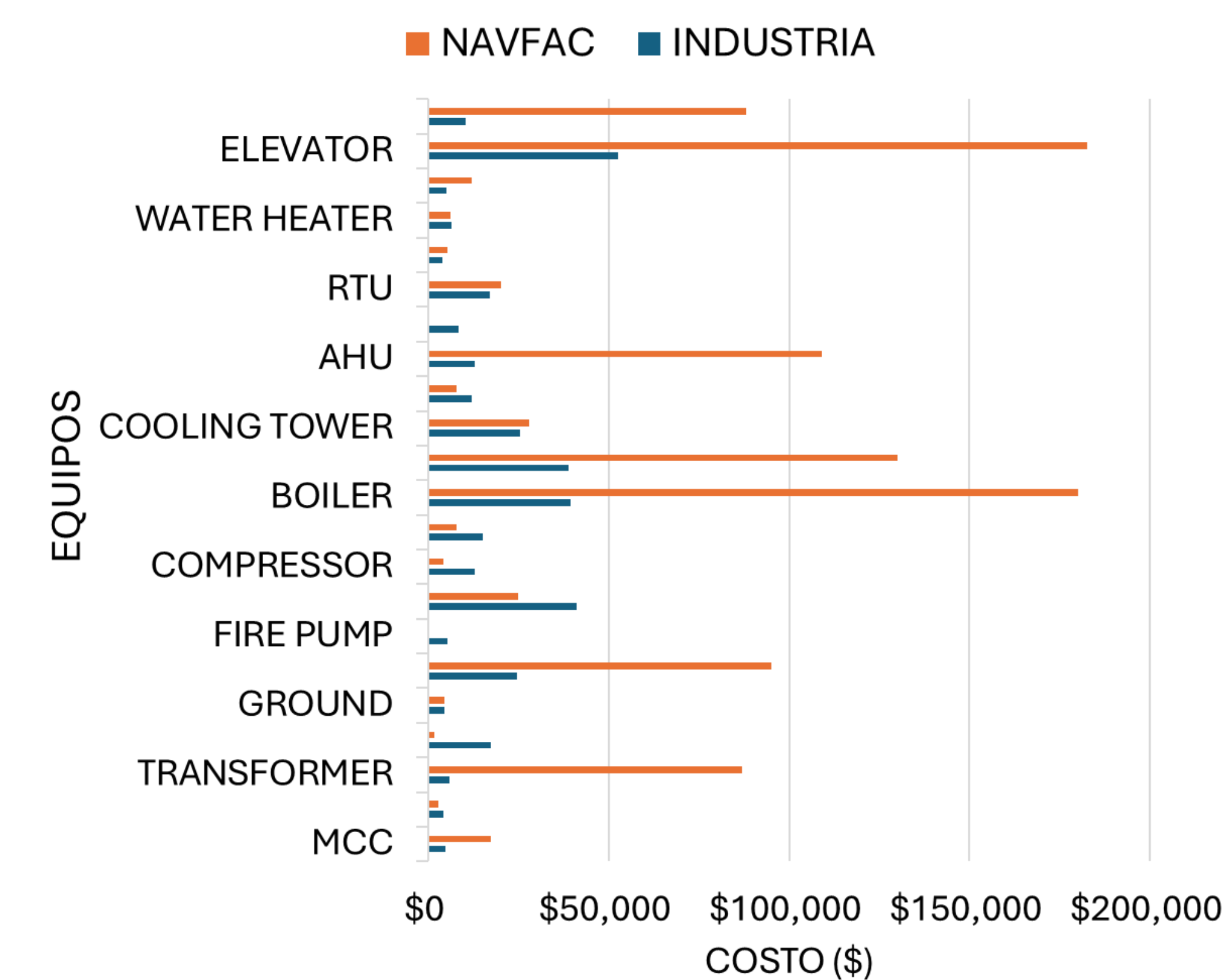


Figura 1: Costo del Mantenimiento Preventivo (10 años)

Resultados

La Tabla 2 presenta el plan de mantenimiento preventivo balanceado el cual incluye el nivel de intervención mínimo para el mantenimiento y los intervalos de tiempos entra cada intervención.

Tabla 2: Mantenimiento Preventivo Balanceado (NBVC)

EQUIPO	MANTENIMIENTO	TIEMPO
MCC	INSPECCION VISUAL, PRUEBAS ELECTRICAS Y LIMPIEZA	24 M
BREAKER	INSPECCION VISUAL, PRUEBAS ELECTRICAS Y LIMPIEZA	36 M
TRANSFORMER	INSPECCION VISUAL Y PRUEBAS ELECTRICAS	24 M
GENERATOR	INSPECCION VISUAL/MECANICA Y PRUEBA OPERACIONAL	24 M
GROUND	INSPECCION VISUAL Y PRUEBAS ELECTRICAS	36 M
UPS	INSPECCION VISUAL Y PRUEBAS ELECTRICAS	12 M
FIRE PUMP	INSPECCION VISUAL/MECANICA	12 M
EXTINGUISHING SYSTEM	INSPECCION VISUAL/MECANICA	12 M
COMPRESSOR	INSPECCION VISUAL/MECANICA	24 M
F/A SYSTEM	INSPECCION VISUAL Y PRUEBA OPERACIONAL	12 M
BOILER	INSPECCION VISUAL/MECANICA Y PRUEBA OPERACIONAL	6 M
CHILLER	INSPECCION VISUAL/MECANICA Y PRUEBA OPERACIONAL	6-12 M
COOLING TOWER	INSPECCION VISUAL/MECANICA	6-12 M
SPLIT SYSTEM	INSPECCION VISUAL/MECANICA Y LIMPIEZA	24 M
AHU	INSPECCION VISUAL/MECANICA Y PRUEBA OPERACIONAL	6-12 M
CONDENSING	INSPECCION VISUAL/MECANICA	24 M
RTU	INSPECCION VISUAL/MECANICA Y LIMPIEZA	6-12 M
WATER PUMP	INSPECCION VISUAL/MECANICA Y PRUEBA OPERACIONAL	12-24 M
HEATER	INSPECCION VISUAL/MECANICA	24 M
ROLL-UP DOOR	INSPECCION VISUAL/MECANICA Y PRUEBA OPERACIONAL	6 M
ELEVATOR	INSPECCION VISUAL/MECANICA Y PRUEBA OPERACIONAL	6-12 M
CRANE	INSPECCION VISUAL/MECANICA Y PRUEBA OPERACIONAL	12 M

Conclusión

Comprender las implicaciones económicas y operacionales de los resultados de la investigación ayuda a planificar el mantenimiento de las facilidades a largo plazo. El impacto económico se identificó utilizando (1) y (2) para formular la Relación Costo-Beneficio, en donde el costo del mantenimiento basado en la condición del equipo (CbM) se compara con el costo del mantenimiento basado en el tiempo (TbM) y se obtiene una razón del costo del mantenimiento total (TCM) para el equipo en específico.

$$\text{Beneficio Total (TB)} = \text{CbM} - \text{TbM} \quad (1)$$

$$\text{Relación Costo - Beneficio} = \frac{\text{TB}}{\text{TCM}} \quad (2)$$

El impacto operacional se obtuvo utilizando la Matriz de Riesgos para cada equipo. La Matriz de Riesgos mide la probabilidad y la severidad de cada componente de la operación para evaluar los riesgos relacionados con las operaciones navales. La Tabla 3 contiene los resultados del análisis de impacto económico y operacional aplicando el programa de mantenimiento preventivo balanceado en los edificios de la Marina que fueron seleccionados.

Tabla 3: Mantenimiento Preventivo Balanceado (NBVC)

EQUIPO	RELACION Costo-Beneficio	IMPACTO OPERACIONAL
MCC	57% - INDUSTRIA	MEDIO - ALTO
BREAKER	21% - P503	MEDIO
TRANSFORMER	87% - INDUSTRIA	ALTO
GENERATOR	82% - P503	MEDIO
GROUND	0%	BAJO
UPS	59% - INDUSTRIA	MEDIO - ALTO
FIRE PUMP	100% - P503	ALTO
EXTIGUISHING SYSTEM	24% - P503	ALTO
COMPRESSOR	51% - P503	MEDIO
F/A SYSTEM	32% - P503	ALTO
BOILER	64% - INDUSTRIA	ALTO
CHILLER	54% - INDUSTRIA	ALTO
COOLING TOWER	5% - INDUSTRIA	MEDIO - ALTO
SPLIT SYSTEM	21% - P503	MEDIO
AHU	79% - INDUSTRIA	MEDIO
CONDENSING UNIT	100% - P503	MEDIO
RTU	9% - INDUSTRIA	ALTO
WATER PUMP	16% - INDUSTRIA	MEDIO - ALTO
HEATER	2% - P503	MEDIO
ROLL-UP DOOR	42% - INDUSTRIA	MEDIO - ALTO
ELEVATOR	55% - INDUSTRIA	BAJO
CRANE	79% - INDUSTRIA	MEDIO

Recomendación

La investigación llevada a cabo en los ocho edificios de la Base Naval de Ventura respalda la idea de que el mantenimiento preventivo balanceado generará beneficios económicos y operacionales efectivos. Durante el estudio se descubrió que otros factores como el entorno, la accesibilidad al sector industrial y económico, etc., tienen un impacto en los requerimientos de mantenimiento y los costos. La identificación de un patrón de averías en equipos en el exterior de los edificios es un ejemplo de esto. La ubicación de la instalación militar cerca de la playa de Ventura contribuye al deterioro de los equipos debido a su exposición al salitre. Aunque el hallazgo de dichos factores representa un obstáculo al desarrollo de una solución de practica global, nuestro estudio permite que otras organizaciones realicen investigaciones similares y evalúen sus beneficios y desventajas.