

**EVALUACIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE DE LAS VERTIENTES
LÍQUIDAS DE LA EMPRESA DE HERRAJES FANTAXIAS LTDA.**

ANDRÉS JAVIER GUERRERO GÓMEZ
LUDWINK MANUEL ROMERO CABEZAS.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA.
BUCARAMANGA.

2006

**EVALUACIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE DE LAS VERTIENTES
LIQUIDAS DE LA EMPRESA DE HERRAJES FANTAXIAS LTDA.**

ANDRÉS JAVIER GUERRERO GÓMEZ
LUDWINK MANUEL ROMERO CABEZAS.

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar el título de:
Ingeniero Químico.

Director:
HUMBERTO ESCALANTE HERNÁNDEZ.
Ph. D. Ingeniero Químico.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUÍMICA.
BUCARAMANGA.

2006

AGRADECIMIENTOS.

A la Empresa FANTAXIAS LTDA., por permitirnos desarrollar este proyecto brindándonos todo su apoyo técnico y económico.

AL Grupo de Investigación en Minerales, Biohidrometalurgia y Ambiente. GIMBA, por entregarnos a través de sus docentes todo el conocimiento necesario para desarrollarnos como profesionales íntegros y responsables dentro de la sociedad.

Al Doctor HUMBERTO ESCALANTE HERNÁNDEZ, Director de este proyecto por su apoyo incondicional.

A todos nuestros seres queridos, quienes nos brindan día a día la esperanza necesaria para seguir adelante.

CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCIÓN.	1
1. FUNDAMENTO TEÓRICO	3
1.1 Recepción de la Pieza.	6
1.2 Preparación Mecánica – Pulimento.	6
1.3 Desengrase – Enjuague.	6
1.4 Neutralizado (Activado).	6
1.5 Recubrimiento Metálico.	7
1.5.1Cobrizado.	7
1.5.2Niquelado.	7
1.5.3Latonado.	7
1.5.4Dorado.	7
1.6 Recuperador / Enjuague.	8
1.7 Pasivado / Enjuague.	8

1.8 Secado.	8
2. METODOLOGÍA	13
2.1 Visita e Inspección de la Empresa FANTAXIAS Ltda.	14
2.2 Estudio de los Procesos de Galvanización que Desarrolla la Empresa.	15
2.3 Caracterización Fisicoquímica de los Efluentes.	15
3. MUESTREO	17
3.1 Puntos de Muestreo.	17
4. DISEÑO DEL MODELO DEL ÍNDICE DE CARGA CONTAMINANTE DE LA EMPRESA FANTAXIAS LTDA.	18
5. DESARROLLO EXPERIMENTAL.	23
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	29
7. CONCLUSIONES.	35
8. RECOMENDACIONES.	37
BIBLIOGRAFÍA.	38
ANEXOS	40

LISTA DE TABLAS

	Pag.
Tabla No.1 Concentración máxima permisible para verter a un cuerpo de agua y/o red de alcantarillado público.	11
Tabla No.2 Residuos de Recubrimientos.	12
Tabla No.3 Efectos de los contaminantes sobre la salud.	20
Tabla No.4 Ecuaciones para los rangos de calificación estándar de cada variable.	22
Tabla No.5 Descriptores de calidad para los I.C.C utilizados en la escala estándar.	23
Tabla No.6 Parámetros de Evaluación para la Caracterización Físicoquímica de los efluentes de la empresa FANTAXIAS LTDA.	24
Tabla No.7 Especificaciones para la determinación de las variables en las características físicoquímicas de los efluentes de la empresa FANTAXIAS LTDA.	25
Tabla No.8 Ubicación de Muestreo y Tipo de Análisis Realizado.	26
Tabla No.9 Carga vs Concentración para diferentes días de muestreo En el punto 7.	27

Tabla No.10 Grupos de Importancia y sus Respectivos Pesos de Incidencia Ambiental.	28
Tabla No.11 Resultados de la Medición de las Variables Físicas con su Respectivo Punto de Vertimiento.	29
Tabla No.12 Resultados de la Medición de las Variables Químicas con su Respectivo Punto de Vertimiento.	30
Tabla No.13 Resultados de los porcentajes de Remoción para Los Parámetros de Interés.	31
Tabla No.14 Índice de carga Contaminante para los efluentes líquidos muestreados en la empresa FANTAXIAS Ltda.	32

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura No.1 Principio de deposición electrolítica.	4
Figura No.2 Plano General y Puntos de Muestreo Seleccionados.	16

LISTA DE DIAGRAMAS

	Pag.
Diagrama No.1 Esquema Generalizado de los procesos de la empresa FANTAXIAS LTDA.	9
Diagrama No.2 Proceso de Caracterización de los efluentes	14

LISTA DE GRAFICAS

	Pag.
Grafica No.1 Carga vs Concentración para el punto de Muestreo No.7.	27
Grafica No.2 Índice de Carga de cada uno de los puntos estudiados.	33

LISTA DE ANEXOS

- Anexo No.1** Datos de los valores obtenidos para las diferentes Variables medidas.
- Anexo No.2** Concentración de cobre para los diferentes enjuagues.
- Anexo No.3** Concentración de Níquel para los diferentes enjuagues.
- Anexo No.4** Concentración de Zinc para los diferentes enjuagues.
- Anexo No.5** pH para los diferentes enjuagues.
- Anexo No.6** Conductividad para los diferentes enjuagues.
- Anexo No.7** Turbidez para los diferentes enjuagues.
- Anexo No.8** Concentración de Cianuros para los diferentes enjuagues donde fue detectado.
- Anexo No.9** Caudales y masas de los diferentes puntos de vertimientos para los diferentes días de muestreo.
- Anexo No.10** Concentración de Cobre vs Masa para los diferentes enjuagues.
- Anexo No.11** Concentración de Níquel vs Masa para los diferentes enjuagues.

Anexo No.12 Concentración de Zinc vs Masa para los diferentes enjuagues.

Anexo No.13 Valoración porcentual de la calidad calculada para los diferentes Parámetros medidos.

Anexo no.14 Operación llevada a cabo en cada tanque del proceso de galvanostegia: segundo piso.

Anexo No.15 Diagrama Operación sección de Galvánica de la empresa FANTAXIAS LTDA general y para cada proceso en especifico (Realizado en Flash Macromedia).

Anexo No.16 Nomenclatura.

Anexo No.17 Software elaborado para el cálculo del Índice de Carga Contaminante.

Anexo No. 18 Fotos Empresa.

Anexo No. 19 Escala estándar para calificación del nivel de la carga Contaminante en los efluentes del proceso.

TITULO *

EVALUACION DE LA CARGA CONTAMINANTE DE LOS VERTIMIENTOS LIQUIDOS DE LA EMPRESA DE HERRAJES FANTAXIAS LTDA.

ANDRES JAVIER GUERRERO G.
e-mail: ajgg1680@yahoo.es

Y

LUDWINK MANUEL ROMERO C.**
e-mail: lumaroca@acuario.com

Palabras Claves: *Recubrimiento Metálico, Aguas Residuales, Índice de Carga Contaminante, Legislación Ambiental.*

RESUMEN:

Las aguas residuales vertidas en los procesos de recubrimiento metálico de la empresa de herrajes FANTAXIAS Ltda, fueron objeto de evaluación de su carga contaminante mediante el empleo de la legislación Colombiana en base a el Decreto 1594 de 1984, la Directiva 76/464 de la Unión Europea (CEE, 1976) y la Norma EPA para los EE.UU de 1982; a fin de conocer el impacto que las mismas potencialmente conllevan a la generación de residuos líquidos, que sin un adecuado manejo, deterioran la calidad de vida de la población. Los muestreos se realizaron durante el periodo que cubrió desde Junio a Agosto del 2005. Durante este periodo se colectaron muestras de los vertimientos líquidos generados por los procesos de recubrimiento, a las que se les determinaron algunos parámetros físicos y parámetros químicos relevantes para este tipo de procesos. La evaluación de la carga contaminante de dichas aguas, reportó que las concentraciones máximas durante el periodo de evaluación están fuera de los límites según las normas empleadas en su caracterización. Así mismo, la implementación de alternativas de producción más limpia, permitirán optimizar los procesos desde la óptica ambiental, al tiempo que contribuye con el mejoramiento de la productividad y la competitividad de la empresa.

*Trabajo de Grado

** *Director PhD. Humberto Escalante Hernandez, Universidad Industrial de Santander, Facultad de Fisicoquímicas, Escuela de Ingeniería Química, Bucaramanga Colombia.*

TITLE*

EVALUATION OF THE POLLUTING LOAD OF THE SLOPES LIQUIDATES OF THE COMPANY OF IRONWORKS FANTAXIAS LTDA.

ANDRÉS JAVIER GUERRERO G.
e-mail: ajgg1680@yahoo.es

AND

LUDWINK MANUEL ROMERO C.**
e-mail: lumaroca@acuario.com

Key words: *Metallic Recubriment, you Dilute Residual, Index of Load Pollutant, Environmental Legislation*

SUMMARY:

The residual waters poured in the processes of metallic recubriment of the company of ironworks FANTAXIAS Ltda, were object of evaluation of their polluting load by means of the employment of the Colombian legislation based on the Ordinance 1594 of 1984, the Directive one 76/464 of the European Union (EEC, 1976) and the Norma EPA for the U.S 1982; in order to know the impact that the same ones potentially bear to the generation of liquid residuals that without an appropriate handling, they deteriorate the quality of the population's life. The samplings were carried out during the period that covered from June to August of the 2005. During this period samples of the liquid Slopes Liquidates were collected generated by the recubriment processes, to those that were determined some physical parameters and outstanding chemical parameters for this type of processes. The evaluation of the polluting load of this waters, reported that the maximum concentrations during the period of evaluation are outside of the limits according to the norms used in its characterization. Likewise, the implementation of alternative of cleaner production, they will allow to optimize the processes from the environmental optics, at the time that contributes with the improvement of the productivity and the competitiveness of the company.

**Grade work*

*** Managing PhD. HUMBERTO ESCALANTE HERNANDEZ, Universidad Industrial de Santander, Ability of Physiochemical, School of Chemical Engineering, Bucaramanga Colombia.*

INTRODUCCION.

Las empresas que desarrollan procesos de recubrimiento electroquímico generan en sus procesos efluentes que poseen contaminantes metálicos y algunos cianurados, sulfatados, etc. los cuales por causa de desconocimiento de tecnologías de tratamiento o de disposición de residuos, deben disponerse como vertimientos líquidos al sistema de alcantarillado.

En el sector productivo de la galvanización en Santander se cuenta con aproximadamente 10 microempresas que tienen esta serie de problemas y necesitan soluciones puntuales a sus procesos internos de manufactura en donde se selecciona, desengrasa, neutraliza, electro deposita y realiza el secado de las piezas para su comercialización; en miras de buscar una solución al vertimiento constante de estos elementos tóxicos se requiere conocer exactamente que componentes hacen parte de estos vertidos y en que cantidad se están generando.

En el actual trabajo el caso específico de estudio corresponde a la empresa de Herrajes FANTAXIAS Ltda., en donde se llevan a cabo algunos de los procesos del sector industrial ya mencionado, necesitando un diagnóstico general de sus residuos líquidos para así estudiar que correctivos son los más viables y de esta forma estar más acordes a los actuales enfoques ambientales.

Dentro de este marco legal a la empresa FANTAXIAS Ltda., se le han realizado estudios pormenorizados por parte del Nodo de Producción más Limpia con sede en Bucaramanga por lo cual este proyecto se centró en desarrollar un diagnóstico de mayor confiabilidad y especificidad con el objeto de alcanzar los estándares de calidad ambiental requeridos¹².

La empresa FANTAXIAS Ltda., comienza su proceso productivo desde la realización de los diseños y moldes para la elaboración de piezas en Zamac (Aleación de cobre, magnesio, aluminio y zinc), pasando por la sección de recubrimiento metálico en donde se les provee el acabado deseado para terminar con la comercialización de la pieza. El trabajo se centró en la sección de galvanizado sitio en el cual se generan los vertimientos líquidos de la empresa¹².

Mediante visitas preliminares realizadas a la empresa, se establecieron los sitios de contaminación específicos, llevados a cabo por cada uno de los procesos de recubrimiento electroquímico realizados por la empresa estableciendo los sitios de recolección de muestra y se definió que parámetros eran susceptibles de análisis en este tipo de procesos, estableciendo la realización de muestras instantáneas las cuales son las más acordes a procesos discontinuos como los realizados en la empresa FANTAXIAS Ltda. Analizando las muestras preliminares en los Laboratorio del Grupo de Biohidrometalurgia (GIMBA) con sede en Guatiguara se discriminó que parámetros realmente son representativos en la contaminación de dichos efluentes obteniendo así un estudio más específico de estos vertimientos. Con esta nueva selección de parámetros se procedió a realizar los ensayos generales para concluir con un conglomerado global de resultados que serán objeto de análisis.

Se diseñó una herramienta de valoración de los datos recopilados para dar así una calificación ambiental tanto cualitativa como cuantitativa a la cual se le llamó Índice de Carga Contaminante (I.C.C.). Para estos datos se encontró que los valores correspondientes al punto de muestreo M0, M9 y M10

obtuvieron un valor del I.C.C. con una calificación sobre 100 de 23, 16 y 19 respectivamente¹¹.

En conclusión, se pudo afirmar que se debe prestar mayor atención al tratamiento para la minimización de parámetros altamente tóxicos, presentes en estos vertimientos como lo son el cobre, el níquel y los complejos cianurados.

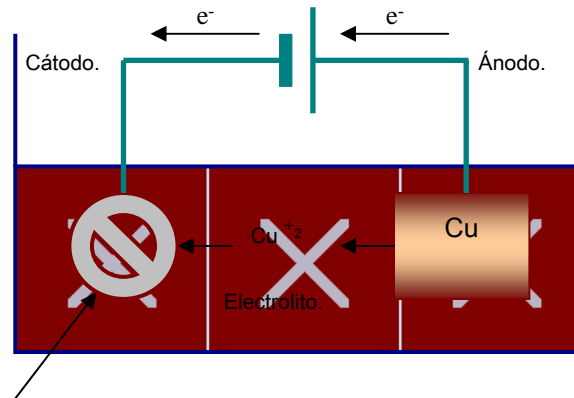
1. FUNDAMENTO TEORICO.

La galvanotecnia es un proceso electroquímico por el cual se deposita una capa fina de metal sobre una base generalmente metálica. Los objetos se galvanizan para evitar la corrosión, para obtener una superficie dura o un acabado atractivo, para purificar metales, para separar metales, para el análisis cuantitativo. Los metales que se utilizan normalmente en galvanotécnia son: cobre, oro, níquel, latón, etc.

En este proceso, el objeto que va a ser recubierto se coloca en una disolución (baño) de una sal del metal recubridor, y se conecta a una terminal negativa de una fuente de electricidad externa. Otro conductor, compuesto a menudo por el metal recubridor, se conecta al terminal positivo de la fuente de electricidad. Para el proceso es necesaria una corriente continua de bajo voltaje normalmente de 1 a 6 V. Cuando se pasa la corriente a través de la disolución, los átomos del metal recubridor se depositan en el cátodo o electrodo negativo. Esos átomos son sustituidos en el baño por los del ánodo (electrodo positivo), si está compuesto por el mismo metal.

El proceso de recubrimiento metálico, en general, es poco efectivo ya que sólo una pequeña cantidad de las sustancias utilizadas en éste se deposita en la pieza.

Figura 1. Principio de deposición electrolítica.



Recubrimiento de Cu

Como ejemplo se presenta el caso del cobre, que se disuelve del ánodo y se deposita sobre la pieza con ayuda de corriente eléctrica.

Las operaciones de galvanotecnia requieren grandes cantidades de agua de lavado para la eliminación de la película química que se deposita sobre la superficie del material entre cada proceso. En vista del gran volumen de agua que las operaciones de lavado precisan, se comprende fácilmente que el principal problema de contaminación sea atribuible a este gran volumen de efluentes líquidos con contaminantes muy diluidos.

El espesor de la capa del recubrimiento depende del tiempo de permanencia en el baño electrolítico, siendo más frecuentes las capas más delgadas, aunque puede variar según el proceso desde $1 \mu m$ hasta 2 mm. Para eliminar irregularidades en las depresiones de la placa y asegurar que la textura de su superficie sea de buena calidad y propicia para el refinado, hay que controlar cuidadosamente la densidad de la intensidad de corriente (amperios por metro

cuadrado de superficie de cátodo) y la temperatura. Con frecuencia se añaden al baño ciertos coloides o compuestos especiales para mejorar la uniformidad de la superficie de la placa.⁷

Como los iones de los metales pesados son de efecto tóxico para la vida acuática, a los sistemas municipales de alcantarillado se le han fijado límites máximos de descarga. Los metales tóxicos son el arsénico, cinc, cobre, cromo, selenio, bario, cadmio, mercurio, níquel y plata. La concentración máxima de cada uno internacionalmente permitida es de 1 mg/l aunque la total de los metales tóxicos no debe exceder nunca de los 5 mg/l.

Los anteriores procesos no involucran el uso de una tecnología sofisticada; aunque los tanques o cubas utilizadas no han cambiado sustancialmente en su diseño, si lo han hecho en los tipos de los materiales utilizados en su construcción tales como resinas y plásticos de alta resistencia química que recubren las cubas de hierro cuyo volumen depende del tipo de piezas a recubrir. Así mismo algunas empresas cuentan con equipos generadores de corriente tales como rectificadores, de mayor eficiencia energética y seguros de operar.

El Sector de la Galvanotecnia en la ciudad de Bucaramanga esta constituido en su gran mayoría por micro y medianas empresas que basan su producción en la realización de recubrimientos metálicos de oro, plata, cromo, zinc, latón, y cobre, entre otros. La mayoría de las empresas se encuentra ubicadas en barrios pertenecientes a los estratos uno y dos de la ciudad y están dedicados a prestar el servicio de recubrimientos metálicos, con excepción de unos pocos talleres integrados que manufacturan totalmente las piezas.

En la medida que han pasado los años, en su afán de permanecer competentes en el mercado, han ido creciendo sin cambiar su lugar de trabajo inicial,

acomodándose en espacios muy reducidos. Sin embargo, FANTAXIAS es una industria líder en la producción de artículos recubiertos que utilizan esquemas de funcionamiento más ordenados y eficientes.

Teniendo en cuenta los aspectos anteriormente mencionados sobre la electro deposición los pasos que se siguen en la empresa FANTAXIAS Ltda. Son los siguientes:

1.1 Recepción de la Pieza: La pieza es recibida y son detalladas las especificaciones del cliente. Con la opción de elaboración de la pieza por parte de la misma empresa, si solo el cliente tiene el diseño o idea de la pieza por comercializar.

1.2 Preparación Mecánica – Pulimento: La pieza en esta etapa se somete al proceso de pulido por medio de equipos como vibradoras, sistema de bandas abrasivas etc., para darle aspecto óptimo a la superficie eliminando las aristas, asperezas, rayas y mellas producidas durante la manipulación de las piezas.

1.3 Desengrase/Enjuague: Las piezas son sumergidas en soluciones alcalinas que contienen desengrasantes como el Novaclean, el Ultrafe (nombres Comerciales). Las cuales se usan para eliminar grasas, aceites y otras impurezas superficiales, procedentes de la fabricación y de las etapas anteriores. Después del desengrase las piezas se enjuagan en un tanque con agua para evitar el arrastre de las soluciones de desengrase a la etapa siguiente.

1.4 Neutralizado (activado): En esta etapa se activa la superficie de la pieza con las soluciones ácidas o básicas de acuerdo a la naturaleza del baño de

recubrimiento posterior. Se realiza para neutralizar la película que queda del proceso anterior y eliminar la película de empañamiento que se halla formado sobre la superficie metálica entre la ejecución de las operaciones.

1.5 Recubrimiento Metálico: Una vez activada la pieza se sumerge en una solución de sales de, níquel, zinc, aluminio, latón, oro, plata, o cobre, dependiendo de las características que se quieran imprimir a las mismas, para dar efecto decorativo o cambiar su naturaleza química como brindar protección a la corrosión entre otras. Estas sales se adhieren a las piezas por acción electrolítica.

1.5.1Cobrizado: El cobrizado cianurado es el primer recubrimiento de los sistemas multicapas, de gran protección anticorrosivo, que se realizan habitualmente sobre Zamac, (aleación de Zinc, aluminio, magnesio y cobre) y / o acero como material base. Los electrolitos de cobre más utilizados son los de base cianurada y de base sulfatada.

1.5.2Niquelado: Es uno de los procesos más versátiles, es utilizado para acabados decorativos, protectores y de ingeniería. Los recubrimientos de Níquel proporcionan a la pieza un efecto protector y son una base muy apropiada para los acabados decorativos con cromo, oro, plata, y latón entre otros.

1.5.3Latonado: Este acabado brinda excelente características de brillo, dureza y poder anticorrosivo a las piezas.

1.5.4Dorado: Se usa por lo general para piezas con fines decorativos o en algunos casos para piezas que requieran una gran resistencia a la corrosión y

oxidación, debido a la homogeneidad de la capa protectora, así sea esta de un espesor muy fino.

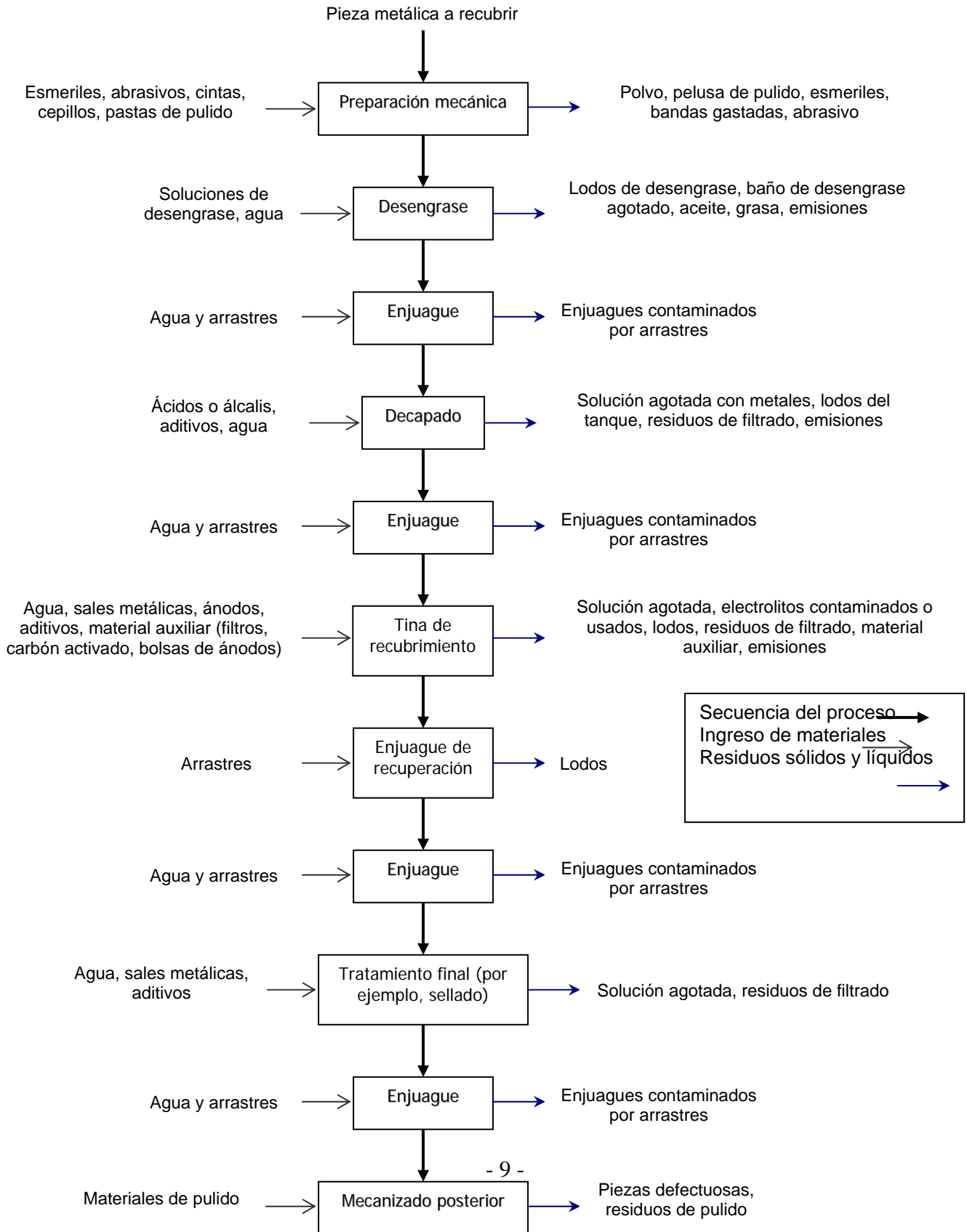
1.6 Recuperador / Enjuague: Después del tratamiento con las sales en el electrolito de recubrimiento, se recomienda sumergir las piezas en un tanque con agua para eliminar los arrastres procedentes del baño anterior y emplear la solución formada para reponer las pérdidas por derrame o evaporación. Estos tanques no tienen flujo de agua para reducir la dilución exagerada. Posteriormente para dejar la pieza libre de residuos de las sales de recubrimientos se enjuagan en tanques con agua por inmersión.

1.7 Pasivado / Enjuague: Una vez enjuagadas las piezas si se ha realizado el proceso de zincado se aplica por inmersión de una solución diluida de Antitarnish-950 (nombre comercial), película altamente protectora a la corrosión. Esta película varía su coloración de acuerdo a la composición del baño y la necesidad de protección.

1.8 Secado: Las piezas terminadas se secan para eliminar el agua residual proveniente de los enjuagues y evitar que el producto salga con manchas para luego lacar si se requiere¹²

Consideraciones Ambientales: Tener un sistema productivo que respete la base ecológica, es una contribución hacia la búsqueda del desarrollo sostenible que tiene como finalidad producir una satisfacción duradera de las necesidades humanas y una mejora en la calidad de vida. Los vertidos de los baños agotados se producen de forma discontinua y comparándolos con la cantidad total de aguas residuales producidas son muy poco significativos; no obstante, al producirse de forma discontinua y debido a la elevada concentración de productos que contienen deben ser tenidos en cuenta.

Diagrama No.1. Esquema Generalizado de los procesos de recubrimiento llevados a cabo en la empresa FANTAXIAS Ltda.



Debido a la variedad de interpretaciones que se pueden presentar al evaluar este tipo de residuos se optó por diseñar una herramienta la cual se le llamó Índice de Carga Contaminante a través de la cual ya sea de forma cualitativa o cuantitativa se le da una calificación a los vertidos de la empresa para de esta forma tener un criterio claro a partir del cual se podrán tomar medidas en el asunto de corregir estas descargas contaminantes que se están presentando.

Horton (1965) y Liebman (1969) son los pioneros en el intento de generar una metodología unificada para el cálculo del I.C.A. Pratti (1971), presenta un trabajo con trece parámetros y Dinius (1972), realiza otro similar con once parámetros. Landwehr (1974) realizó una recopilación de los sistemas trabajados por los autores arriba mencionados. Ott (1978) indica que el asignar pesos específicos a los parámetros tiene el riesgo de introducir cierto grado de subjetividad en la evaluación. El intento más reciente para el diseño del ICA es el de Dinius (1987), quien propuso un I.C.A., de tipo multiplicativo y con asignación de pesos específicos por parámetros. Este último fue del que se partió como referencia para elaborar nuestro Índice de Carga Contaminante (I.C.C.), asignando los pesos de cada variable de acuerdo a los contaminantes presentes en la empresa y teniendo en cuenta su efecto tóxico sobre la salud⁶

El tema ambiental entra en las gestiones de la industria nacional con las políticas de producción limpia, desarrollo de los instrumentos de política y consolidación institucional para su ejecución, con los primeros planteamientos y acciones públicas desde 1984 con el decreto 1594, (Ver Tabla No 1).

Los metales pesados en forma iónica o compleja, como electrolitos en los baños son de vital trascendencia debido a la alta toxicidad de metales no férricos como Ni, Cr, Cu, Ag y Zn. Incluyen los baños agotados de metalizado,

que tienen una baja frecuencia de cambio y los lodos del tratamiento de las aguas residuales, que contienen cromo III junto con níquel, cobre, zinc o estaño.

Tabla No.1. Concentraciones máximas permisibles para verter a un cuerpo de agua y/o red de alcantarillado público⁴

Parámetro	Expresada como	Norma
Cianuro	CN (mg/L)	1
Cinc	Zn (mg/L)	10
Cobre	Cu (mg/L)	3
Grasas y aceites	G.A.(mg/L)	20
Níquel	Ni (mg/L)	2
pH	pH (Unidades de pH)	6 – 9
Sólidos Totales	ST (mg/L)	1000
Temperatura	T (°C)	< 30
Turbidez	TB (NTU)	5
Conductividad	CD (mS/cm)	12
Plata	Ag (mg/l)	0.5
Magnesio	Mg (mg/l)	15
Aluminio	Al (mg/l)	5
Hierro	Fe (mg/l)	25
Oro	Au (mg/l)	-
Estaño	Sn (mg/l)	20

Varios aditivos, entre los cuales destacan los noniletóxifenolados de los desengrases y los inhibidores del Neutralizado, los boratos de los metalizados (Ni, Zn, entre otros), los nitritos de los baños de fosfatados y diversos acelerantes como sulfitos y nitrofenoles. En los baños electrolíticos se pueden encontrar abrillantadores, sustancias tampón, estabilizadores, humectantes, complejantes y purificadores, como los fosfatos, nitratos, diversos ácidos

orgánicos y otras sustancias orgánicas que también pueden causar efectos nocivos en el medio ambiente, (ver Tabla No.2).⁹

Tabla No. 2. Residuos de recubrimientos.

Residuo	Riesgo *	Corriente	Proceso
Álcali (Hidróxido)	Corrosividad	Residuo Líquido	Limpieza y electrodepósito
Ácidos (nitrógeno, sulfúrico, clorhídrico, fluorhídrico)	Corrosividad	Residuo Líquido	Limpieza, acondicionamiento, electrodepósito, baño de brillo
Detergentes	Toxicidad	Residuo Líquido	Limpieza
Aceites y Grasas	Toxicidad	Residuo Líquido, solvente agotado	Limpieza
Metales Pesados	Toxicidad	Baño de recubrimiento, agua de lavado, filtros agotados, lodos, nieblas	Electrodepósito
Cianuro	Toxicidad	Baño de recubrimiento, agua de lavado, otras aguas, lodos	Electrodepósito, remoción, tratamiento calórico, desmanchado

* Riesgo para el desarrollo de la vida humana, animal y el ambiente en general.

Fuente: *The Metal Finishing Industry. Guides to Pollution Prevention. EPA. 1992*

El número de sustancias químicas empleadas en los procesos de recubrimientos supera, entre sales metálicas, otras sales y diversos aditivos, las 300. Algunas de estas sustancias presentan una alta toxicidad, que puede afectar al medio ambiente por vertido al sistema de alcantarillado (la mayor parte de los residuos generados, provenientes principalmente de aguas de lavado y en menor proporción de cubas concentradas), por emisión atmosférica (vapores de ácidos nítrico y clorhídrico y vapores de disolventes). Los residuos

generados pueden afectar gravemente el medio físico circundante y la salud de las personas, animales y plantas.

El cianuro es un anión altamente tóxico, puesto que al igual que el ácido cianhídrico (HCN), bloquea la respiración celular en los organismos, inhibiendo la actividad de la enzima citocromooxidasa. La dosis letal del HCN para humanos es de 1-2 mg/L, si se administra por vía oral. La toxicidad aguda para peces del ácido cianhídrico se sitúa entre los 0,03 y 3 mg/L, mientras que la dosis letal del cianuro sódico se sitúa en 50 mg/L para las truchas.⁵

El zinc, el cobre y el níquel son metales pesados que se necesitan en pequeñas cantidades en la mayoría de los organismos. Son oligoelementos, estos forman parte del centro activo de enzimas y de procesos oxido - reductivos. En mayores concentraciones bloquean importantes etapas del metabolismo de los organismos.

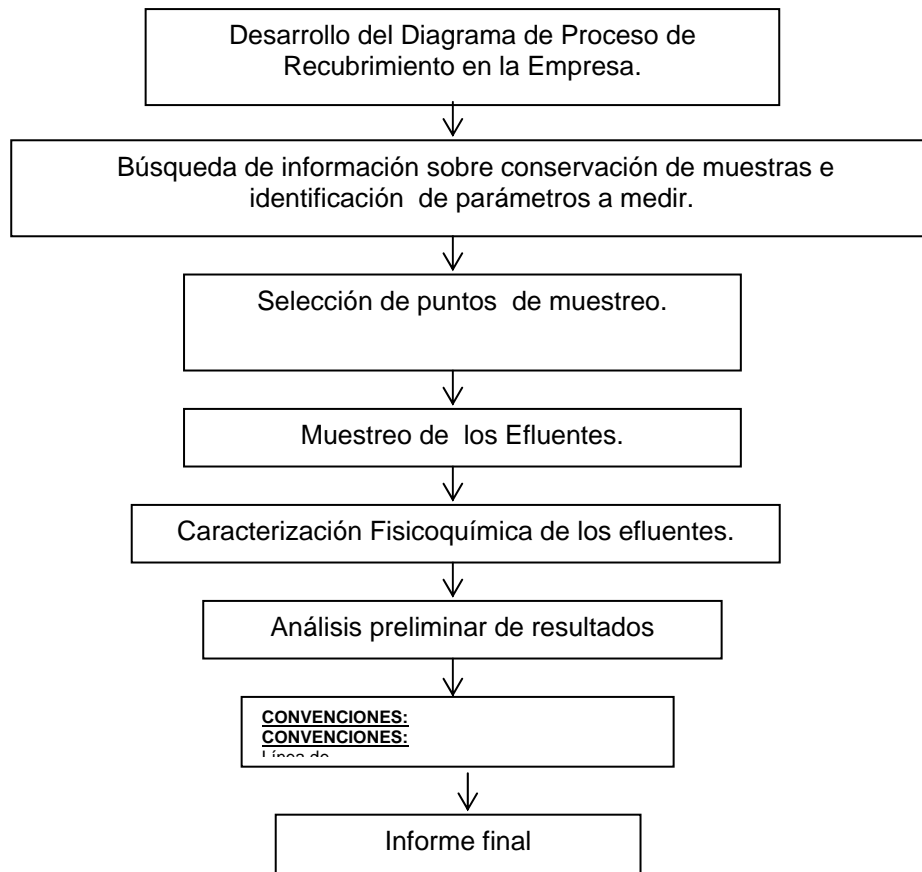
2. METODOLOGIA.

En este capítulo se presenta la metodología utilizada para la caracterización fisicoquímica de los efluentes del proceso de recubrimiento metálico llevado a cabo en la empresa FANTAXIAS Ltda. Con el objeto de obtener información que permita evaluar el grado de contaminación que estos vertidos generan.

Se partió del conocimiento de los procesos de interés por su generación de residuos líquidos dentro de la empresa, en este caso, resultado de los procesos de recubrimiento metálico, los cuales se trabajan niquelados, cobrizado, dorado y latonado. Como característica importante a considerar se encuentra que uno de los problemas particulares para la empresa de recubrimientos estudiada es la presencia simultánea de cianuros, cobre y otros metales en sus vertidos, lo

cual requiere un mayor cuidado a la hora de encontrar la ruta de tratamiento en planta más conveniente para la remoción eficaz de los elementos mencionados hasta los valores estipulados por la normatividad.

Diagrama No 2. Proceso de Caracterización de los Efluentes.



Se estableció una serie de actividades para el desarrollo del trabajo como se describe a continuación:

2.1 Visita e Inspección de la Empresa FANTAXIAS Ltda: Con la visita se buscó establecer e identificar los sitios puntuales en donde se están haciendo

los diferentes baños y conocer la forma como la empresa dispone de estos residuos constantemente.

2.2 Estudio de los Procesos de Galvanización que Desarrolla la Empresa:

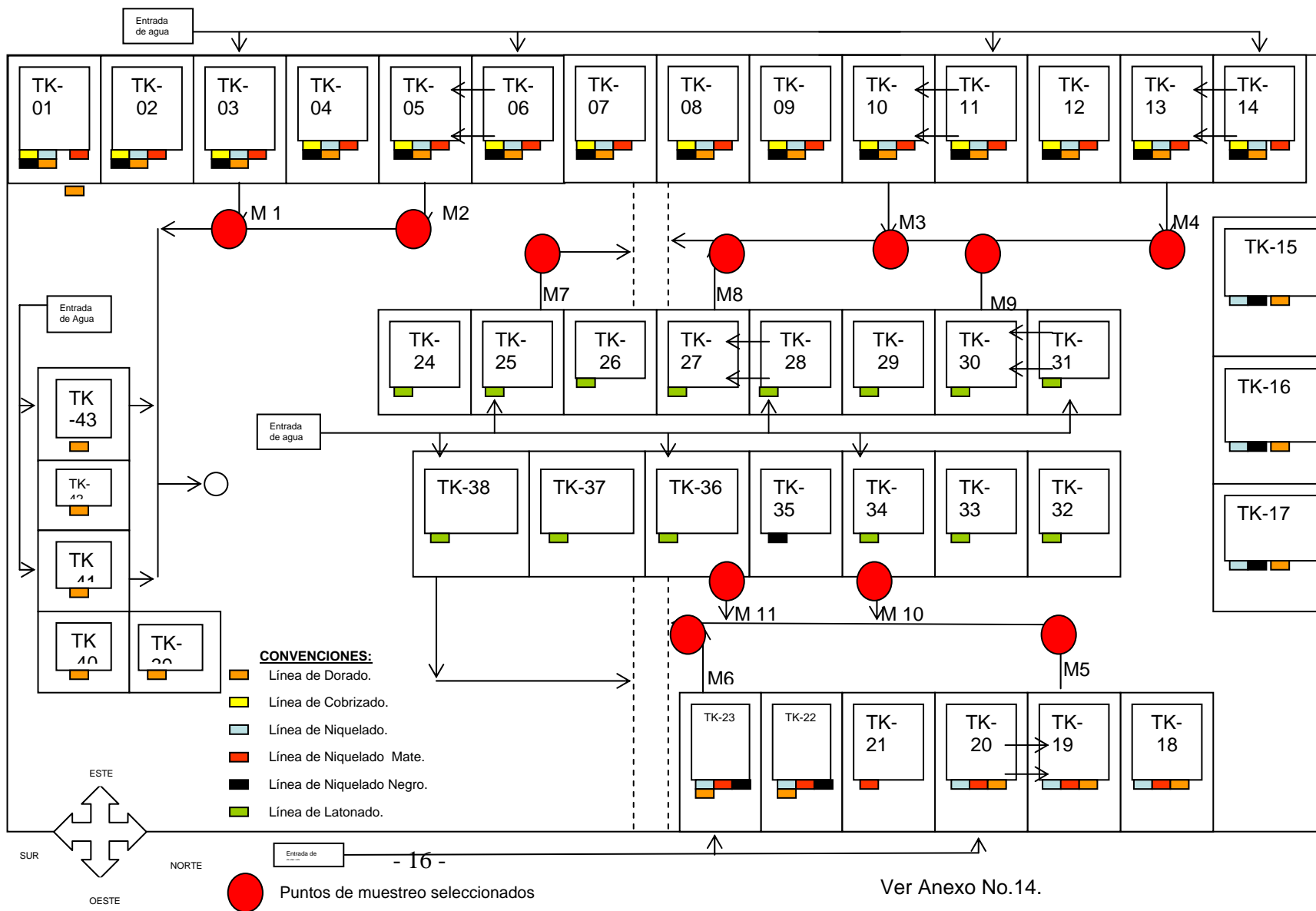
Para esta fase se contó con la revisión bibliográfica con respecto al tema y se hizo un paralelo con los llevados a cabo por la empresa FANTAXIAS Ltda,

2.3 Caracterización Físicoquímica de los Efluentes: Mediante las diferentes técnicas llevadas a cabo en el laboratorio se establecieron los resultados correspondientes a cada uno de los parámetros de importancia y se determinaron cuales puntos representan un mayor problema para la empresa en cuanto a lo ambiental se refiere.

Para esto se dispuso hacer una inspección preliminar de los puntos a estudiar y los posibles reactivos que intervinieran en cada uno de los enjuagues, se caracterizó y se analizó que porcentaje de reactivos se utilizan en la preparación de los baños y cual es su incidencia en los enjuagues de donde se desprenden los vertimientos contaminantes.

Se procedió a estandarizar el funcionamiento de los equipos que ayudaron para este trabajo y de los cuales se pudo establecer un alto grado de confiabilidad y de reproducibilidad de los resultados que garantizaron la buena operatividad de los instrumentos.

FIGURA No.2. Plano General y puntos de Muestreo Seleccionados.



3. MUESTREO

Los aspectos básicos que se deben cumplir dentro de un programa de muestreo son:

- a) Asegurar que la muestra que se tome sea representativa del agua residual o corriente muestreada.
- b) Utilizar técnicas de muestreo apropiadas.
- c) Preservar las muestras adecuadamente antes de ser analizadas.
- d) Analizar correctamente los resultados obtenidos.

3.1 Tipos de Muestras

Los tipos más comunes de muestras son las instantáneas y las compuestas pudiendo ser obtenidas ambas de una manera manual o automática.

Muestras Instantáneas: Una muestra instantánea representan las condiciones de una corriente o agua residual en el momento de ser tomada. Este tipo de muestra se aconseja cuando:

- a) Las descargas de agua residuales son intermitentes.
- b) Las características de los desechos son constantes. En ciertos casos las descargas de aguas residuales son muy constantes con el tiempo.
- c) Cuando un agua residual presenta variaciones extremas en su composición una muestra instantánea es necesaria.

Muestra Compuesta: Cuando la composición de un desecho presenta cierta variabilidad, el uso de muestras compuestas es aconsejado. Una muestra compuesta consta de muestras pequeñas individuales que se toman ya sea proporcional al tiempo o al flujo y son mezcladas para formar una muestra total que es la que se somete a un análisis posterior.

Las razones expuestas anteriormente nos guiaron a escoger la realización de un muestreo puntual que es el que más se acomoda al tipo de vertimiento presente en la empresa. A la par se seleccionó un tiempo de muestreo de aproximadamente dos meses debido a que en la empresa un ciclo completo de operación consta de cerca un mes realizándose en el todos los tipos de recubrimiento llevados a cabo en la empresa así como del desagüe que se realiza cuando se hace el cambio de los baños electrolíticos, desengrase, neutralizadores, etc. Se decidió dividir este tiempo en 8 tomas de muestras instantáneas las cuales son suficientes para la representatividad del muestreo.¹³

- 1) Plan de muestreo: Doce puntos de muestreo se escogieron en los sitios más representativos de los enjuagues según su nivel de contaminación local y global, para el intervalo de tiempo entre la toma de muestra se escogieron semanas de máxima operatividad y a la vez cantidad de efluentes.
- 2) Clase de tamaño de muestra: Se tomaron volúmenes de 300 ml de muestra instantánea en frascos de vidrio color ambar.
- 3) Rotulado y cuidado de la muestra: Identificación de cada muestra con rótulos, sellamiento, registro en el libro de campo. Almacenamiento y preservación de la muestra: Clase de recipiente, método de preservación, tiempo máximos permitido para almacenamiento.¹⁻²
- 4) Constituyentes de la muestra: Lista de parámetros a ser medidos.

4. Diseño del modelo del índice de carga contaminante de la empresa FANTAXIAS Ltda.

Los indicadores ambientales son medidas de factores fisicoquímicos y biológicos, que mediante una escala cualitativa representan el nivel de la

calidad de determinado efluente, respecto a la normatividad, toxicidad, y la amenaza ambiental que este implique.

La evaluación es un proceso de enfoque múltiple que evalúa las características de los componentes del recurso en relación a su calidad natural, efectos humanos y usos previstos.

Es de anotar que cada una de las variables involucradas en estudio tiene una incidencia diferente dentro de la carga contaminante del efluente. Por consiguiente para el diseño del índice de carga este efecto debe tenerse en cuenta por lo tanto se opta por:

-Definir grupos de variables de acuerdo a sus interacciones fisicoquímicas, en el caso de las variables medidas de acuerdo con su nivel de toxicidad, estos se denominan parámetros de importancia (PDI).

-Dar un peso de incidencia W_i , para cada parámetro de tal forma que la sumatoria de todos los pesos sea igual a 1 teniendo en cuenta las características de toxicidad y el comportamiento de los parámetros dentro de los procesos de la empresa.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Sabiendo que:

W_i : Pesos de importancia para cada grupo.

n : Número de Parámetros de importancia.

Para el presente trabajo se definen diez parámetros de importancia, el valor asignado W_i , se estimó dependiendo de la incidencia de las variables en el

poder contaminante de los vertimientos del proceso de recubrimiento metálico en la empresa FANTAXIAS Ltda.

Tabla No. 3. Efectos de los contaminantes sobre la salud

Parámetro	Tolerancia de los vertidos	Toxicidad	Efecto por respiración	Efecto por ingesta
Cobre	Ausencia Total	Dosis relativamente importantes son tóxicas	Perturbación aguda y crónica en el sistema respiratorio	Hipertensión Arteriosclerosis Inhibición en el crecimiento
Níquel	Ausencia	Dosis relativamente importantes son tóxicas	Cáncer pulmonar Cáncer gastro-intestinal. Enfermedades de la piel	Cáncer pulmonar Perforaciones de tabique nasal Complicaciones respiratorias
Zinc	Ausencia	Tóxicas en dosis relativamente altas	Enfermedad respiratoria Cáncer pulmonar	
Cianuro	Ausencia Total	Muy Tóxico	Daños en sistema respiratorio	Daños en sistema respiratorio
Grasas y Aceites	Ausencia	Poco tóxicos	Posibles trastornos digestivos	
Sólidos Totales	Ausencia	Variables		Intoxicación por acumulación

Fuente: Seminario Legislación y Fiscalización, Proyecto FDI-CORFO "Generación de capacidades nacionales en tecnologías aplicables a residuos industriales líquidos". INTEC-CHILE. 1995-2000

La ecuación que define el modelo matemático del Índice de Carga Contaminante (ICC.) es la siguiente:

$$I.C.C. = \sum_{i=1}^n w_i * Q_{ij}$$

Donde:

Q_{ij} = Calidad promedio del parámetro (0-100).

w_i = peso asignado a cada grupo.

n = número total de grupos.

j = Grupo de importancia.

Para cada una de las variables de estudio se elaboró una escala de calificación que se denominó estándar, a partir de esta se genera una tabla de calificación con las diferentes variables de estudio, dando un rango de calificación de 0 a 100, y partiendo de tres puntos que son, el valor de emisión ideal que sería el 100% de calidad, el valor normal tomado del máximo permisible que sería el 50%, y el valor de la variable cuando excede 50 veces el máximo permisible que daría un porcentaje de calidad del 0%.¹¹

- Impropio: 2 veces por encima de la norma.
- Desagradable: 5 veces por encima de la norma.
- Malo: 10 veces por encima de la norma.
- Muy Malo: 20 veces por encima de la norma.
- Pésimo: 50 veces por encima de la norma.

Tomando como base los tres puntos que están predeterminados, el siguiente paso es buscar una correlación adecuada que arroje una ecuación, mediante el ajuste de datos a diferentes modelos matemáticos de curvas. Se encontraron dos comportamientos diferentes entre el rango inferior y el rango superior. El primero sigue un modelo lineal y el segundo tiene el comportamiento de una curva (Tabla No.4.); esto se debe, en el primer caso a que la diferencia entre el valor ideal y el máximo valor permisible están muy cercanas y la escala se puede ajustar a una línea recta, mientras que en la segunda situación entre el

valor máximo permisible y el valor ideal la diferencia es muy grande para los mismos rangos de calificación de porcentaje de contaminación.

Tabla No. 4. Ecuaciones para los rangos de calificación estándar de cada variable.

VARIABLE	ECUACION RANGO SUPERIOR (Concentración).	ECUACIÓN RANGO INFERIOR (Concentración).
.p H (p H).	$Q=0,19*X^3-4,9*X^2+22,2*X-122,7$	$Q= -10.685(p H) +148.77$
Cianuro (CN)	$Q= -12.861 *Ln(CN)+49.677$	$Q=-47.505(CN)+97.96$
Temperatura (T)	$Q=85.336*Ln(T)-263.72$	$Q=3.333*T-83.333$
Conductividad (CT)	$Q=-12.861*Ln(CT)+85.335$	$Q=-3.4861(CT)+104.34$
Turbidez (TB)	$Q=-12.861Ln (TB)+70.376$	$Q=-10(TB)+100$
Sólidos Totales (ST)	$Q=-104.63*Ln(ST)+770.77$	$Q= - 0.05(ST) +100$
Cobre (Cu)	$Q= -12.861*Ln(Cu)+63.806$	$Q= -16.04*(Cu)+97.99$
Zinc (Zn)	$Q=-12.861*Ln (Zn)+79.29$	$Q= -5*(Zn)+100$
Níquel (Ni)	$Q= -12.861Ln (Ni)+58.592$	$Q=-25*(Ni)+100$

Partiendo de la definición de asignarle un valor del 100% a la emisión 0, 50% a una emisión igual al máximo permitido por la norma y de 0% a una emisión mayor o igual a 50 veces por encima de la norma se asignó una escala de valores cualitativos para calificar los parámetros estudiados. En la tabla No.5, se especifican dichas asignaciones, (Ver Anexos No.13 y 19).

Tabla No.5. Descriptores de calidad para los ICC utilizados en la escala estándar.

VALORACION	CALIDAD
0	Pésimo
10	Muy Malo
20	Malo
30	Desagradable
40	Impropio
50	Normal
60	Aceptable
70	Agradable
80	Bueno
90	Muy Bueno
100	Excelente

5. DESARROLLO EXPERIMENTAL.

Se realizó una visita a las instalaciones de la Empresa ubicada en la Calle 28 # 6 – 56 del Barrio Girardot Bucaramanga, en la cual se diseñó y estableció un plano de la sección de Galvanización ubicada en el segundo piso del edificio, además se complementó este estudio con el desarrollo de una presentación en el programa Flash Macromedia, (Ver Anexo No.15.), para la cual se representó el recorrido que debe cumplir una pieza en los diferentes baños de recubrimiento para su acabado final y los enjuagues que se emplean para su completa disposición y vertimiento de estos residuos.

Seguidamente se tomó la determinación de hacer cortes y acoplar secciones para facilitar la toma de las muestras en las tuberías de evacuación de estos vertimientos, no alterando el libre funcionamiento y operatividad de la empresa permitiendo así tomar muestras de los respectivos enjuagues y además se

estableció un tanque principal en el primer piso en donde se canalizaron y recogieron todos los residuos líquidos y en donde se analizó globalmente el comportamiento de la carga contaminante generada y de la cual se analizaron los parámetros que se encuentran en la Tabla No. 6.

Tabla No. 6. Parámetros de Evaluación para la caracterización fisicoquímica de los efluentes de la Empresa FANTAXIAS Ltda.

CODIGO	PARAMETRO Y/O VARIABLE	TIPO DE PARAMETRO	
		FISICO	QUIMICO
T	Temperatura (°C)	X	
CT	Conductividad (.m S/cm)	X	
TB	Turbidez (NTU)	X	
ST	Sólidos Totales (ppm)	X	
. p H	. p H.		X
CN	Cianuro (ppm)		X
Cu	Cobre (ppm)		X
Ni	Níquel (ppm)		X
Zn	Zinc (ppm)		X
GA	Grasa y Aceites (ppm)		X

En un primer monitoreo se buscó realizar ensayos preliminares de la toma de muestras que cubrió el mes de Junio del 2005, se comparó la importancia de utilizar frascos de material de vidrio o de plástico y la necesidad de preservar las muestras con ácido Nítrico concentrado, buscando conservar la muestra y manteniendo refrigerada la cual se transportó al sitio de análisis. Para que el muestreo fuera representativo se decidió captar las muestras en los momentos de mayor operabilidad en la empresa que por lo general se presentaron en el intervalo de las 10:00 a las 14:00 horas. Posteriormente las muestras se envasaron en recipientes de 300 ml con su respectiva identificación y luego se

almacenaron en frío por debajo de 4°C con el objeto de mantener su estabilidad hasta el momento de la realización de los análisis.

Por la incidencia e importancia del aporte de contaminante realizado por cada uno de los procesos de recubrimiento metálico llevados a cabo en la empresa a las vertientes líquidas de desperdicio, y para lo que comprende todo el macroproyecto que se está llevando a cabo con la empresa se decidió tomar muestras de los 11 enjuagues en estudio y el que recolecta las vertientes de estos 11 enjuagues.

Tabla No.7. Especificaciones para la determinación de las Variables seleccionadas en la caracterización fisicoquímica de los efluentes de la Empresa FANTAXIAS Ltda.

VARIABLES	UNIDADES	TECNICA	EQUIPO *
pH	Unidades de pH	ASTM D 1293-01	.p H meter Toledo MP 120 Metter Toledo
Temperatura	°C	ASTM E1-58	Termómetro.
Conductividad	mS/cm	ASTM D 1125-82	Conductometro 712 Metrohm
Turbidez	NTU	ASTM D 1889-00	Turbidimeter DRT-15 CE
Sólidos Totales	ppm	ASTM 2540	Filtro de Membrana de 0.45 um. Balanza Metter Toledo AB204 Y AE240.
Cianuros	.ppm	Destilación	Sistema de Destilación. Titulador Automático Titrino 7516 PA Metrohm
Metales	.ppm	ASTM Standards Vol 11-01.1986	Espectrofotómetro de Absorción Atómica ELMER PERKIN.
Grasas y Aceites	.ppm	Gravimetrico.**	

* Análisis de las muestras se realizaron en los laboratorios del Grupo de Investigación en Minerales Biohidrometalurgia y ambiente (GIMBA) de la Universidad Industrial de Santander.

** Para la determinación de Grasas y Aceites (ppm) se acudió al Centro de Investigaciones ambientales (CEIAM) de la Universidad Industrial de Santander.

Luego se realizaron los ensayos generales de monitoreo que determinaría el conglomerado de resultados y para el cual se tomó el intervalo entre Julio y Agosto del 2005. Con la identificación de los puntos de enjugues se diferenciaron los parámetros más representativos para cada análisis como se muestra en la Tabla No.8.

Tabla No. 8. Ubicación de Muestreo y tipo de análisis realizado.

UBICACIÓN DEL SITIO DE MUESTREO	TIPO DE ANALISIS REALIZADO									
	Parámetro Físico				Parámetro Químico					
	T	CT	TB	S T	pH	CN	C u	Ni	Z n	G. A
M1	X	X	X	X	X		X	X	X	X
M2	X	X	X		X		X	X	X	
M3	X	X	X		X	X	X	X	X	X
M4	X	X	X		X		X	X	X	
M5	X	X	X		X		X	X	X	
M6	X	X	X		X	X	X	X	X	
M7	X	X	X		X		X	X	X	X
M8	X	X	X		X		X	X	X	
M9	X	X	X		X		X	X	X	
M10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
M11	X	X	X	X	X		X	X	X	
M0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Estos análisis se realizaron por duplicados para tener una información más precisa con respecto a los parámetros en estudio todo esto según los protocolos analíticos de las normas del libro Standard Methods Última Edición y se establecieron los parámetros más representativos para nuestro caso según el Decreto 1594 de 1984 (Ver Tabla No.4.).

En los análisis preliminares se analizaron todos los parámetros mencionados en la Tabla No.1. y se encontró que no era necesario analizar los metales plata,

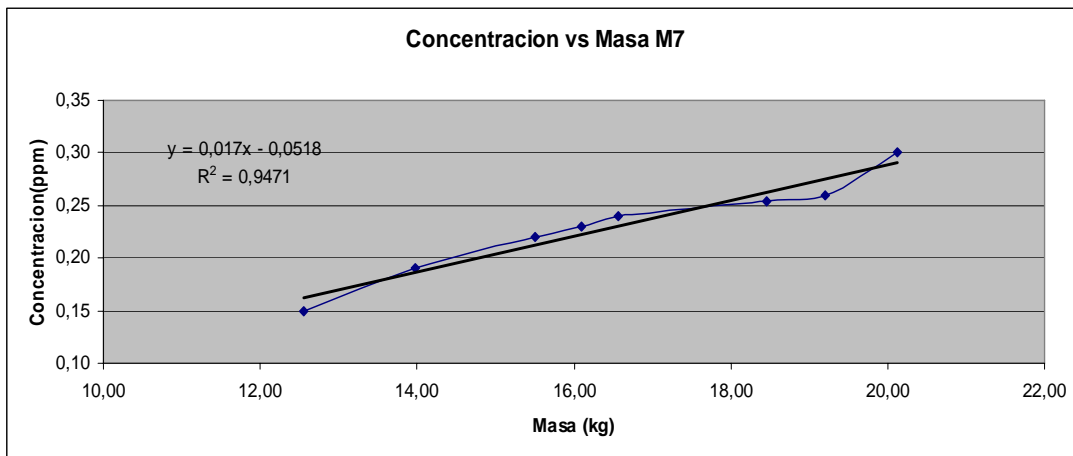
magnesio, aluminio, oro, y estaño por que no se detectó concentración apreciable en el espectrofotómetro de absorción atómica o muy probablemente eran trazas así como también se descartó la medida de parámetros orgánicos debido a que el proceso casi en su totalidad es inorgánico.

Buscando correlacionar estos datos se encontró una tendencia a la linealidad de la concentración de los metales con respecto a la carga de material a recubrir. En la Tabla No.9 y Grafica No.1 se observa la tendencia a la linealidad la cual se cumple para todos los metales en cada uno de los enjuagues en estudio (Ver Anexos Del 9 al 12).

Tabla No.9. Carga vs Concentración para diferentes días de muestreo en el Punto 7.

Día de Muestreo	Masa de Carga (kg)	Concentración (ppm)
3 de Agosto	12,55	0,15
24 de Agosto	13,98	0,19
14 de Julio	15,5	0,22
26 de Julio	16,09	0,23
1 de Agosto	16,56	0,24
22 de Julio	18,46	0,25
22 de Agosto	19,21	0,26
19 de Julio	20,12	0,30

Grafica No.1. Carga vs Concentración Para el Punto de Muestreo 7.



Luego de haber realizado un muestreo detallado primario de los metales existentes en cada cuba y tener determinado los demás parámetros se buscó la información necesaria para establecer un modelo del índice de carga contaminante tanto para cada enjuague como su contribución e incidencia en los demás componentes adicionales. Para esto se tomó los trabajos de Grado realizados por Mindiola Mirley, Guerrero Edilberto y Arcila Diego en donde se estableció un modelo matemático del Índice de Carga Contaminante (ICC) que se modificó para el caso especial de nuestra empresa en el cual se definió mediante ecuaciones, la calidad promedio de cada parámetro.

Los datos publicados en la Tabla No 4 también fueron tenidos en cuenta para la asignación de pesos debido al efecto que provocan sobre la salud. La Tabla No 4 ha sido publicada por la Organización Mundial de la Salud (OMS). En ella se presentan los principales contaminantes de los vertimientos líquidos de la empresa FANTAXIAS Ltda., así como sus efectos sobre la salud. El peso asignado a cada parámetro fisicoquímico se encuentra reportado en la tabla No. 10.

Tabla No. 10. Grupos de importancia y sus respectivos pesos de incidencia ambiental.

GRUPO DE IMPORTANCIA (GDI)	Variable que Influye	Peso de Incidencia Ambiental (w)
I	p H	0.1
II	Conductividad (.m S/cm)	0.05
III	Turbidez (NTU)	0.05
IV	Sólidos Totales (ppm)	0.05
V	Grasas y Aceites (ppm)	0.05
VI	Cianuro (ppm)	0.2
VII	Cobre (ppm)	0.2
VIII	Níquel (ppm)	0.15
IX	Zinc (ppm)	0.1
X	Temperatura (°C)	0.05

6. RESULTADOS Y DISCUSION.

De los ensayos preliminares, se optó por evitar el suministrar ácido nítrico calidad reactivo a las muestras problema debido a la presencia de cianuros en varios de sus enjuagues y a la formación de precipitados desconocidos al agregar dicho compuesto, el cual también podría generar la posible producción de ácido cianhídrico, altamente nocivo para la salud.

Los ensayos generales arrojaron los resultados consignados en las Tablas No. 11 y 12, para la caracterización de variables físicas y químicas respectivamente:

Tabla 11. Resultados de la Medición de variables Físicas con su respectivo punto de vertimiento.

Muestra	Temperatura (C)	Turbidez (NTU)	Conductividad (mS/cm)	Solidos Totales (ppm)
M0	18,00	78,93	3,48	4539,43
M1	17,00	45,19	1,14	621,71
M2	22,00	5,13	0,57	0
M3	21,00	32,49	7,05	0
M4	22,00	1,61	0,99	0
M5	24,00	4,25	1,11	0
M6	23,00	1,76	0,24	0
M7	20,00	15,74	3,90	0
M8	21,00	11,53	0,60	0
M9	19,00	17,98	24,15	0
M10	19,00	7,62	8,82	14207,71
M11	22,00	123,34	3,59	5277,86

Tabla 12. Resultados de la Medición de variables Químicas con su respectivo punto de vertimiento.

Muestra	Cianuros (ppm)	pH (Unidades de pH)	Grasas y Aceites (ppm)	Cobre (ppm)	Níquel (ppm)	Zinc (ppm)
M0	614,47	10,27	17,2	909,72	47,53	14,74
M1	0	11,33	0	1,94	0,45	0,25
M2	0	6,98	0	2,42	2,20	35,48
M3	963,68	10,08	0	742,97	5,76	0,52
M4	0	2,75	0	2,60	1,80	2,36
M5	0	7,28	9,16	1,09	155,44	0,22
M6	132,44	9,39	0	0,26	3,43	0,16
M7	0	11,87	21,62	2,63	1,52	0,23
M8	0	3,10	0	16,75	1,26	2,30
M9	0	10,00	0	7449,57	40,08	60,79
M10	2472,78	10,27	0	2024,07	12,27	711,36
M11	0	6,67	9,69	1,60	1060,52	1309,66

De los resultados reportados en las Tablas No. 11 y 12 se elaboró la Tabla No. 13 en la cual se muestran los porcentajes de remoción necesarios para cumplir con la normatividad ambiental vigente (Ver Anexos del 1 al 8).

Analizando los resultados de los parámetros Físicos medidos se observa el buen comportamiento de estos exceptuando Turbidez (en los puntos: M0, M1, M3, M7, M8, M9, M10 y M11) y sólidos Totales (en los puntos M0, M10 y M11) se encuentran por encima de la norma; esto debido a que la mayoría de estos enjuagues son vitales en la operabilidad de la empresa y llegan a obtener estos altos valores.

Tabla No. 13. Resultados del Porcentaje de Remoción Para los Parámetros de Interés.

Variable	P.M *	Porcentaje de Remoción Necesario.											
	Norma	M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
Turbidez (NTU)	5,0	93,6	88,9	2,4	84,6	0	0	0	68,2	56,6	72,2	34,3	95,9
Cianuros (ppm)	1,0	99,8	0	0	99,9	0	0	99,2	0	0	0	99,9	0
Sólidos Totales (ppm)	1000,0	77,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92,9	81,0
pH (Unidades)	7,0	31,8	38,2	0	30,5	0	3,8	25,4	41,0	0	29,9	31,8	0
Conductividad (mS/cm)	12,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50,3	0	0
Grasas y Aceites (ppm)	20,0	0	0	0	0	0	0	0	7,4	0	0	0	0
Temperatura (C)	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobre (ppm)	3,0	99,6	0	0	99,6	0	0	0	0	82,0	99,9	99,8	0
Níquel (ppm)	2,0	95,7	0	9,0	65,2	0	98,7	41,6	0	0	95,0	83,7	99,8
Zinc (ppm)	10,0	32,1	0	71,8	0	0	0	0	0	0	83,5	98,5	99,2

* P.M: Puntos de Muestreo

En cuanto a la caracterización química, es de resaltar el alto nivel de contaminación presentado por los Cianuros (en los puntos M0, M3, M6 y M10) esto debido que son los recipientes consiguientes a los baños cianurados y al pasivado con cianuro de sodio efectuado después del baño de Níquel brillante, los cuales representan una constante operabilidad de los procesos de recubrimiento de la empresa.

A parte se obtuvo una alta concentración de Cobre (en los puntos M0, M3, M8, M9 y M10), Níquel (en los puntos M0, M5, M6, M9 y M11) y Zinc (en los puntos M0, M2, M9 y M11) los cuales corroboraron la idea que se tenía inicialmente

debido a que estos puntos son los contiguos a los recipientes los cuales se hacen las operaciones correspondientes a cada metal.

Se elaboró un software (Macro, Visual Basic) que calcula el Índice de Carga Contaminante de cada uno de los vertimientos de la empresa así como el conglomerado global teniendo en cuenta la linealidad que presentaron los metales con la concentración. Para el cálculo de los índices es necesario ingresar el valor de la masa de carga Promedio efectuada para un periodo de tiempo. (Ver Anexo No.17.). En la Tabla No.14., se presentan los valores para un promedio de masa de carga de 16 kg la cual fue el promedio de carga en el tiempo en el que fue llevado a cabo el monitoreo.

Tabla No.14 Índice de Carga Contaminante para los efluentes líquidos muestreados en la empresa FANTAXIAS Ltda..

M0	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11
23,36	58,65	39,73	29,67	47,19	52,08	54,89	45,80	38,84	16,20	19,28	35,83
Malo	Normal	Desagradable	Malo	Impropio	Normal	Normal	Impropio	Desagradable	Muy Malo	Muy Malo	Desagradable

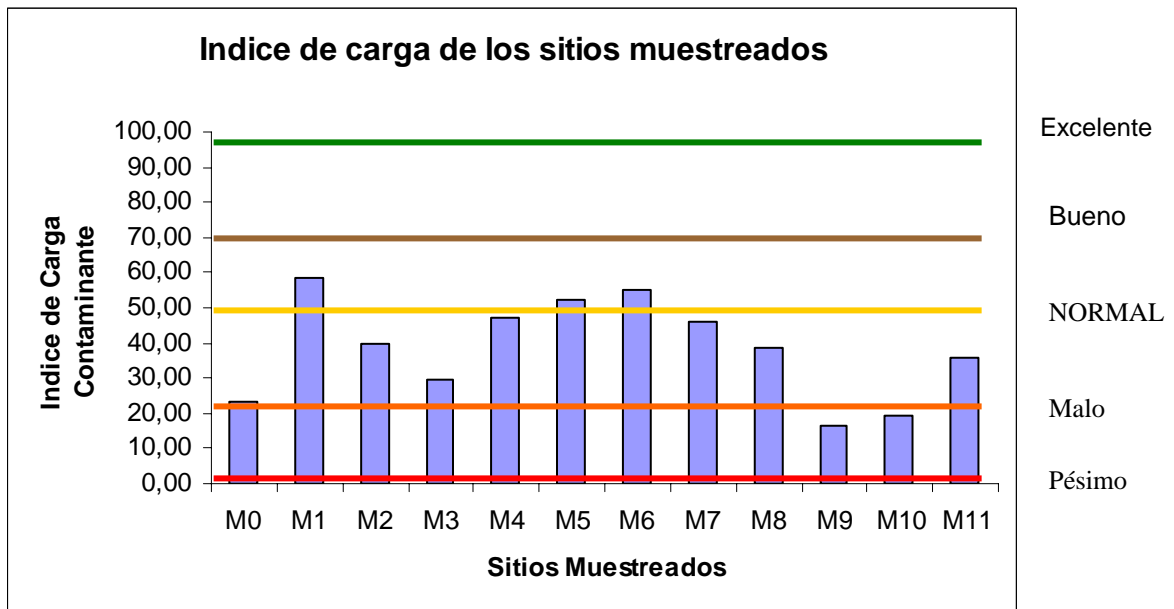
La mayoría de los valores obtenidos se encuentran por debajo de una calificación normal. Esto se evidencia por lo observado en la Tabla No 14 y Grafico No.2.

Los valores que mas inciden en la carga contaminante son las concentraciones de cianuros, las de los metales (Cobre, Níquel y Zinc) y el valor del pH.

El punto M0 es el que recoge todos los vertimientos líquidos del proceso de recubrimiento de la empresa FANTAXIAS Ltda. De allí que el valor del Índice de Carga Contaminante obtenido sea muy bajo ya que en este se conglomeran

todos los residuos metálicos y cianurados que son los de mayor contaminación en la empresa.

Grafico No.2 Índice de Carga de cada uno de los puntos estudiados



Como se observa en la Grafica No 2 vemos que el comportamiento de los puntos 1 y 2 tienden a una calificación normal debido a que en estos enjuagues el parámetro de mayor incidencia son las Grasas y Aceites ya que estos son posteriores al desengrase electroquímico, parámetro de menor repercusión en la valoración del índice, además no hay presencia de metales pesados los cuales llevarían a estos puntos a una calificación deficiente. En el caso del punto 3 era de esperarse el comportamiento mostrado debido a la presencia de cobre y de cianuros en sus aguas ya que este es el enjuague consiguiente al proceso de cobrizado. El circuito de cobrizado termina en el enjuague cuatro el cual corresponde a una dilución del enjuague 3 (estos corresponden a un diseño de dos enjuagues en contracorriente).

Los enjuagues 5 y 6 presentan un comportamiento muy cerca de lo normal debido a que en estos solo se puede encontrar presencia de el metal Níquel en pequeña cantidad y de cianuros en una cantidad mayor y los demás parámetros no presentan mayor incidencia a la hora de evaluar el I.C.C. (Ver Anexo No.17.)

Los procesos que cubren los enjuagues 7, 8 y 9 corresponden a una zona de la empresa que presenta baja operabilidad (si los comparamos con los demás enjuagues) por esto a pesar del comportamiento presentado estos enjuagues no representan mayor importancia en el momento de la evaluación del índice de Carga Contaminante global de la empresa.

Analizando los resultados de los enjuagues 10 y 11 son puntos de importancia debido a su constante uso y a la incidencia que generan los demás parámetros ya que encontramos en su caracterización la presencia de varios de los parámetros analizados.

7. CONCLUSIONES.

Se realizó un diagrama de la sección de recubrimientos metálicos de la empresa FANTAXIAS Ltda. Adicionalmente se hizo una simulación del recorrido que llevan a cabo las piezas, para cada uno de los procesos de recubrimiento metálico, mediante la herramienta Flash Macromedia.

La caracterización fisicoquímica de los efluentes de la sección de recubrimientos metálicos de la empresa FANTAXIAS Ltda., mostró que de las variables medidas aquellas que exceden la normatividad ambiental vigente son:

Variables Medidas	Enjuagues implicados
Turbidez (NTU)	M11,M0
Conductividad (mS/cm)	M9
Solidos Totales (ppm)	M10,M0
Cianuros (ppm)	M3, M6, M10, M0
pH (Unidades de pH)	La Mayoría de los enjuagues.
Grasas y Aceites (ppm)	M7
Cobre (ppm)	M3, M10, M0
Niquel (ppm)	M5, M11, M0
Zinc (ppm)	M10, M11

Se obtuvo una correlación para describir el comportamiento de la concentración de los metales vs la masa de carga de piezas a recubrir, la cual se comporto de acuerdo a un modelo lineal. A partir de este comportamiento se puede predecir la concentración de los metales presente en los enjuagues para la empresa FANTAXIAS Ltda., partiendo del conocimiento de la masa de la carga de las

piezas a recubrir. Este tipo de estudios podría realizarse para otras empresas de este sector esperando un comportamiento similar al obtenido en este trabajo.

Con el fin de englobar e interpretar el grado de contaminación que pueden llegar a ocasionar los efluentes líquidos de la empresa, se diseñó una herramienta denominada Índice de Carga Contaminante la cual mediante una escala de calificación cualitativa ayuda a definir y comprender de una manera clara y sencilla el comportamiento de los vertimientos líquidos que genera la empresa FANTAXIAS Ltda.

Los Índices de Carga Contaminante calculados para los efluentes del proceso de recubrimiento metálico de la empresa FANTAXIAS Ltda., obtuvieron una calificación de Malo-Desagradables llegando en pocos casos a una calificación Normal demostrando de esta manera la alta carga contaminante presente en los vertidos y la necesidad de realizar un tratamiento de remediación.

8. RECOMENDACIONES.

Esta primera evaluación podría proponerse como guía de diagnóstico para este tipo de empresas tanto a escala local como nacional buscando establecer un sello de producción más limpia y que esté acorde a los actuales niveles de desarrollo sostenible en nuestro país.

Se debe buscar la forma de mantener separados los diferentes tipos de vertientes contaminantes y no seguir la tendencia de “dilución” al mezclar todas estas corrientes ya que esto complica un posterior tratamiento (remoción) debido al gran conglomerado de compuestos que se puedan generar al reaccionar dichas mezclas.

Se proponen hacer estudios de los diferentes métodos de tratamiento como lo son la electrodiálisis, precipitación con ayuda de agentes floculantes, intercambio iónico y otros escogiendo uno que cumpla con un equilibrio entre la efectividad de remoción (partiendo de los porcentajes de remoción necesarios obtenidos en este proyecto) y lo más factible económicamente para la empresa.

Es de vital importancia estandarizar un método de evaluación de la carga contaminante; una forma es aplicar el índice de carga contaminante a otras empresas del sector de los recubrimientos, para obtener información de sus niveles de contaminación y así determinar si es factible aplicar correctivos.

BIBLIOGRAFIA.

1. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Annual Book of ASTM Standards. Water and Environmental Technology Vol 11.01.2000.

2. APHA, AWWA, AWOAOC STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER. Washington. 19 Ed 1995.

3. BERNAL BOHÓRQUEZ, Luis Alejandro. Promoción de la pequeña empresa ecoeficiente latinoamericana PROPEL: situación ambiental del sector de recubrimiento de metales -galvanoplastia- en Chile, Colombia y Ecuador. Memorias del seminario "Roundtable on Metal Processing Sector". Santafé de Bogotá, Colombia. 1997.

4. Decreto 1594 del 26 de Junio de 1984. Ministerio de Agricultura .Colombia.

5. Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente DAMA, Servicios Creativos. VALORACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA GRAN INDUSTRIA MANUFACTURERA DEL DISTRITO CAPITAL. Alcaldía Mayor de Santa Fe de Bogotá, D.C., Colombia. 1997. Pp. 172 – 177.

6. DINIUS S.H. Design of a water quality index. Water Resources Bulletin Vol 23 No. 5 Pag 833 - 844. 1987

7. E.J. ORMAZABAL. Libro Blanco para la Minimización de Residuos y Emisiones, Recubrimientos Electrolíticos. España 2002.

8. GLAYMAN J. Galvanotécnica: Técnica y Procedimientos. Editorial Avila Monteso. Barcelona (España). 1980.

9. GRAHAM, Kenneth. Manual de Ingeniería de los Recubrimientos Electrolíticos. Compañía Editorial Continental, S.A. México. 1967. Pp. 85 – 87.

10. MANUAL PARA EL TRATAMIENTO DE VERTIMIENTOS DE EMPRESAS DEL SECTOR DE RECUBRIMIENTOS METÁLICOS. Capítulos 4 y 5. Southwest Pollution Prevention Center. 1998.

11. MIRLEY MINDIOLA, GUERRERO EDILBERTO. Propuesta para disminuir la concentración generada por los efluentes líquidos del proceso actual de refinación Química de oro y plata en los talleres de joyería de Bucaramanga. 2003.

12. NODO DE PRODUCCION MAS LIMPIA. Optimización de de Procesos de Recubrimientos metálicos en pequeñas y medianas empresas dedicadas a esta actividad en el área metropolitana de Bucaramanga.

13. ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y Principios de Diseño. Editorial de la Escuela Colombiana de Ingeniería. Colombia. 1999.

www.kticomm.com/copper.graph.html

www.specialtymetals.com/prices.html

www.pm-connect.com/

www.biopatent.com/jewel.html

Anexos

Anexo No.1 Datos de los valores obtenidos para las diferentes variables Medidas.

Cobre	14 de Julio	19 de Julio	22 de Julio	26 de Julio	1 de Agosto	3 de Agosto	22 de Agosto	24 de Agosto
Muestra	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)
M0	462,85	1384,29	2559,82	476,78	489,21	269,63	812,81	822,36
M1	2,51	1,79	1,97	1,58	1,92	2,29	1,76	1,68
M2	2,84	1,07	2,58	3,01	2,78	2,25	2,86	1,99
M3	760,99	789,50	587,07	699,11	856,92	785,70	779,31	685,13
M4	3,20	1,83	3,14	3,61	2,58	1,67	2,57	2,19
M5	1,18	1,25	0,87	0,92	1,14	1,12	0,91	1,32
M6	0,23	0,30	0,22	0,29	0,31	0,19	0,32	0,26
M7	2,25	3,46	3,02	2,34	2,43	1,93	3,44	2,19
M8	16,23	18,93	19,63	17,25	16,29	13,02	14,88	17,78
M9	8505,34	8127,42	7756,02	6529,64	6226,19	6548,47	8402,01	7501,45
M10	1719,84	2043,17	2537,18	2342,14	1363,10	1670,16	2247,53	2269,46
M11	1,65	1,35	1,50	1,85	1,91	1,04	1,53	1,97

Niquel	14 de Julio	19 de Julio	22 de Julio	26 de Julio	1 de Agosto	3 de Agosto	22 de Agosto	24 de Agosto
Muestra	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)
M0	64,39	156,45	22,63	69,59	23,14	14,61	11,90	17,48
M1	0,55	0,43	0,50	0,33	0,45	0,52	0,40	0,40
M2	2,24	1,73	2,06	2,82	2,13	2,04	2,77	1,82
M3	5,87	6,32	4,32	5,61	6,45	6,15	6,03	5,32
M4	2,16	1,43	2,02	2,17	1,98	1,35	1,75	1,57
M5	156,34	169,35	144,12	145,69	156,21	148,32	145,47	178,03
M6	3,04	3,53	2,87	3,37	3,98	2,70	4,76	3,21
M7	1,41	1,85	1,59	1,50	1,55	1,05	1,76	1,32
M8	1,14	1,54	1,67	1,42	1,35	0,99	1,08	1,46
M9	48,37	43,89	41,55	36,18	35,56	38,61	44,14	40,66
M10	11,72	11,74	13,14	13,09	11,57	11,62	12,36	12,93
M11	1041,65	987,45	1031,96	1053,00	1159,39	976,30	1037,35	1197,07

Zinc	14 de Julio	19 de Julio	22 de Julio	26 de Julio	1 de Agosto	3 de Agosto	22 de Agosto	24 de Agosto
Muestra	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)	Concentración (ppm)
M0	45,32	3,47	2,80	0,88	37,43	11,05	10,01	6,99
M1	0,37	0,22	0,32	0,15	0,23	0,35	0,20	0,19
M2	37,78	27,88	35,21	42,25	37,40	33,76	40,28	29,26
M3	0,53	0,57	0,42	0,44	0,68	0,56	0,54	0,43
M4	3,09	1,84	2,41	3,37	2,36	1,67	2,23	1,89
M5	0,25	0,26	0,16	0,19	0,23	0,21	0,18	0,31
M6	0,15	0,17	0,13	0,16	0,19	0,10	0,20	0,15
M7	0,22	0,30	0,25	0,23	0,24	0,15	0,26	0,19
M8	2,18	2,56	2,69	2,30	2,27	2,03	2,03	2,35
M9	68,31	67,32	64,90	52,21	47,20	54,84	67,90	63,65
M10	698,84	702,05	753,94	736,12	678,34	689,56	707,61	724,44
M11	1332,44	1156,99	1278,34	1345,23	1478,27	1089,35	1284,12	1512,51

Muestra	pH 14 de Julio	pH 19 de Julio	pH 22 de Julio	pH 26 de Julio	pH 1 de Agosto	pH 3 de Agosto	pH 22 de Agosto	pH 24 de Agosto	Promedio
M0	10,34	10,41	10,37	10,43	10,32	10,11	10,12	10,06	10,27
M1	10,71	11,90	11,30	11,01	11,62	11,68	11,28	11,16	11,33
M2	7,17	7,56	7,36	6,56	7,25	6,29	6,80	6,84	6,98
M3	9,64	10,35	9,99	10,11	10,17	10,35	10,03	10,01	10,08
M4	2,94	2,65	3,10	2,21	3,49	2,71	2,60	2,33	2,75
M5	7,71	6,77	7,24	6,79	7,76	7,58	7,22	7,22	7,28
M6	9,96	9,54	9,75	9,04	9,27	9,12	9,30	9,14	9,39
M7	11,86	11,09	11,44	12,44	12,26	11,05	12,55	12,28	11,87
M8	3,23	2,97	3,10	3,07	2,76	3,21	3,57	2,92	3,10
M9	9,91	10,14	9,95	9,97	10,09	10,14	9,91	9,83	10,00
M10	10,32	10,46	10,28	10,22	10,33	10,36	10,09	10,09	10,27
M11	7,33	7,24	6,57	6,26	6,55	6,67	6,34	6,45	6,67

Muestra	Conductividad 14 de Julio	Conductividad 19 de Julio	Conductividad 22 de Julio	Conductividad 26 de Julio	Conductividad 1 de Agosto	Conductividad 3 de Agosto	Conductividad 22 de Agosto	Conductividad 24 de Agosto	Promedio
M0	3,39	3,36	3,20	3,63	3,86	3,12	3,64	3,62	3,48
M0	3,48	3,72	3,56	3,81	4,07	3,84	4,12	3,54	3,77
M1	1,21	1,03	1,26	1,01	1,16	1,22	1,01	1,23	1,14
M2	0,51	0,54	0,58	0,63	0,55	0,61	0,57	0,61	0,57
M3	7,72	7,34	7,92	7,03	6,75	6,23	6,51	6,88	7,05
M4	0,88	0,93	0,90	0,95	0,97	1,13	1,05	1,08	0,99
M5	1,14	1,10	0,98	1,17	1,23	1,14	1,05	1,11	1,11
M6	0,24	0,21	0,27	0,23	0,26	0,25	0,22	0,23	0,24
M7	4,02	3,64	3,51	4,13	3,44	3,68	4,45	4,44	3,90
M8	0,55	0,67	0,65	0,61	0,57	0,63	0,64	0,53	0,60
M9	23,30	23,99	24,37	24,37	25,21	25,25	22,53	23,35	24,15
M10	9,04	8,78	9,11	8,67	8,56	8,75	9,12	8,50	8,82
M11	3,66	3,46	3,31	3,50	3,75	3,87	3,89	3,27	3,59

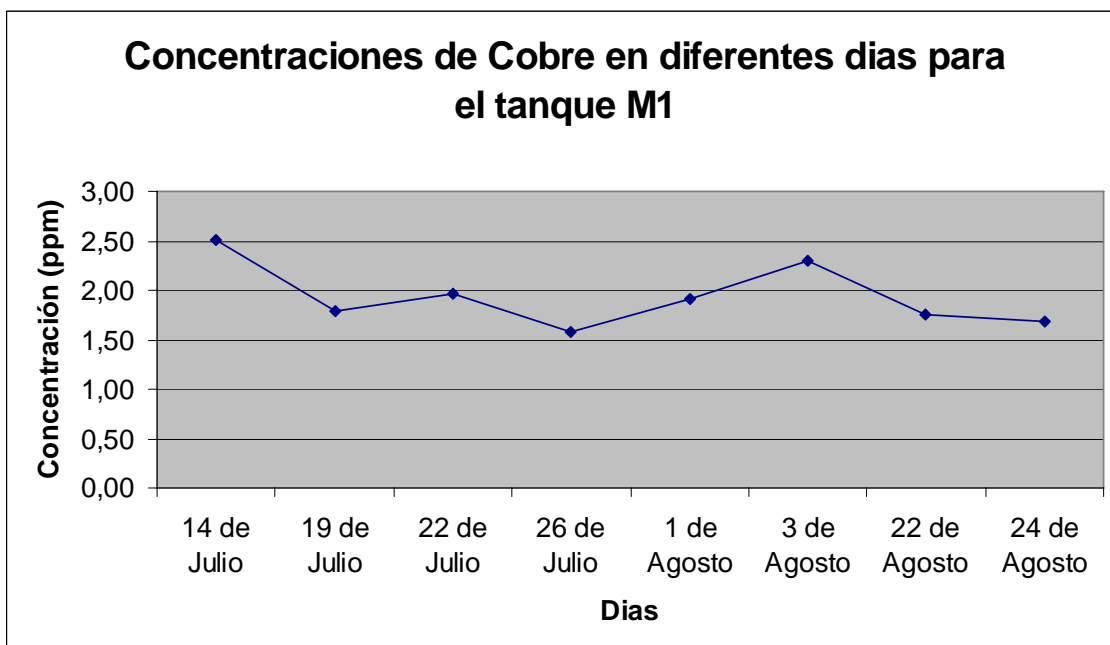
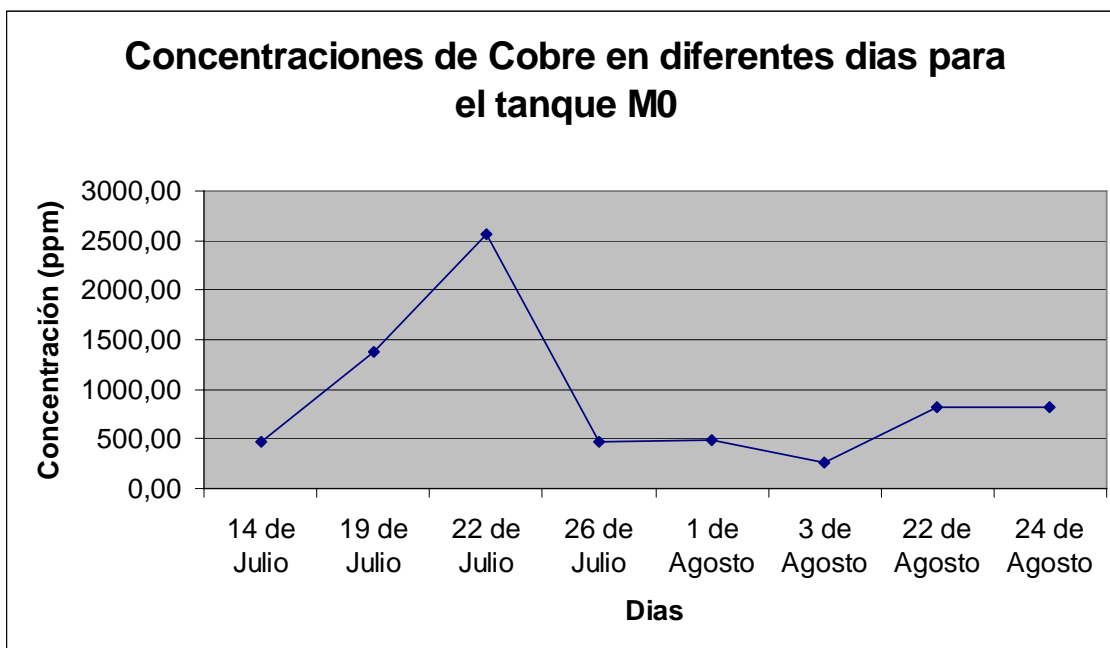
19 de Julio				
Muestra	Sólidos suspendidos (ppm)	Sólidos disueltos (ppm)	Sólidos Totales (ppm)	Sólidos Totales Calculados (ppm)
M0T1	45	4300	4350	4345
M1T1	56	550	580	606
M10T1	52	14030	13986	14082
M11T1	72	5027	5156	5099
22 de Julio				
Muestra	Sólidos suspendidos (ppm)	Sólidos disueltos (ppm)	Sólidos Totales (ppm)	Sólidos Totales Calculados (ppm)
M0T1	40	4600	4625	4640
M1T1	59	535	570	594
M10T1	58	14127	14053	14185
M11T1	85	4867	4817	4952
26 de Julio				
Muestra	Sólidos suspendidos (ppm)	Sólidos disueltos (ppm)	Sólidos Totales (ppm)	Sólidos Totales Calculados (ppm)
M0T1	52	4200	4266	4252
M1T1	51	620	635	671
M10T1	58	14560	14590	14618
M11T1	69	5050	5092	5119
1 de Agosto				
Muestra	Sólidos suspendidos (ppm)	Sólidos disueltos (ppm)	Sólidos Totales (ppm)	Sólidos Totales Calculados (ppm)
M0T1	47	4350	4391	4397
M1T1	48	560	630	608
M10T1	46	14135	14270	14181
M11T1	72	5912	5870	5984
3 de Agosto				
Muestra	Sólidos suspendidos (ppm)	Sólidos disueltos (ppm)	Sólidos Totales (ppm)	Sólidos Totales Calculados (ppm)
M0T1	49	4670	4711	4719
M1T1	52	610	675	662
M10T1	50	13900	13690	13950
M11T1	81	5500	5594	5581
22 de Agosto				
Muestra	Sólidos suspendidos (ppm)	Sólidos disueltos (ppm)	Sólidos Totales (ppm)	Sólidos Totales Calculados (ppm)
M0T1	53	4725	5940	4778
M1T1	50	598	525	648
M10T1	48	14500	14281	14548
M11T1	79	5224	5253	5303
24 de Agosto				
Muestra	Sólidos suspendidos (ppm)	Sólidos disueltos (ppm)	Sólidos Totales (ppm)	Sólidos Totales Calculados (ppm)
M0T1	45	4600	4623	4645
M1T1	53	510	580	563
M10T1	40	13850	13911	13890
M11T1	83	4824	4960	4907

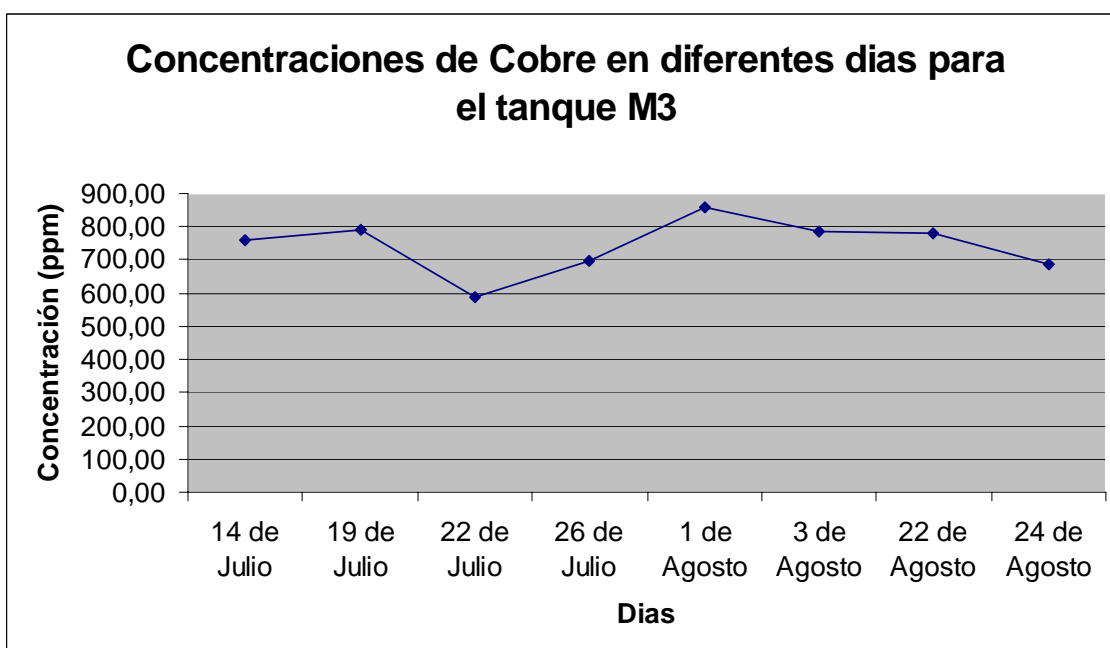
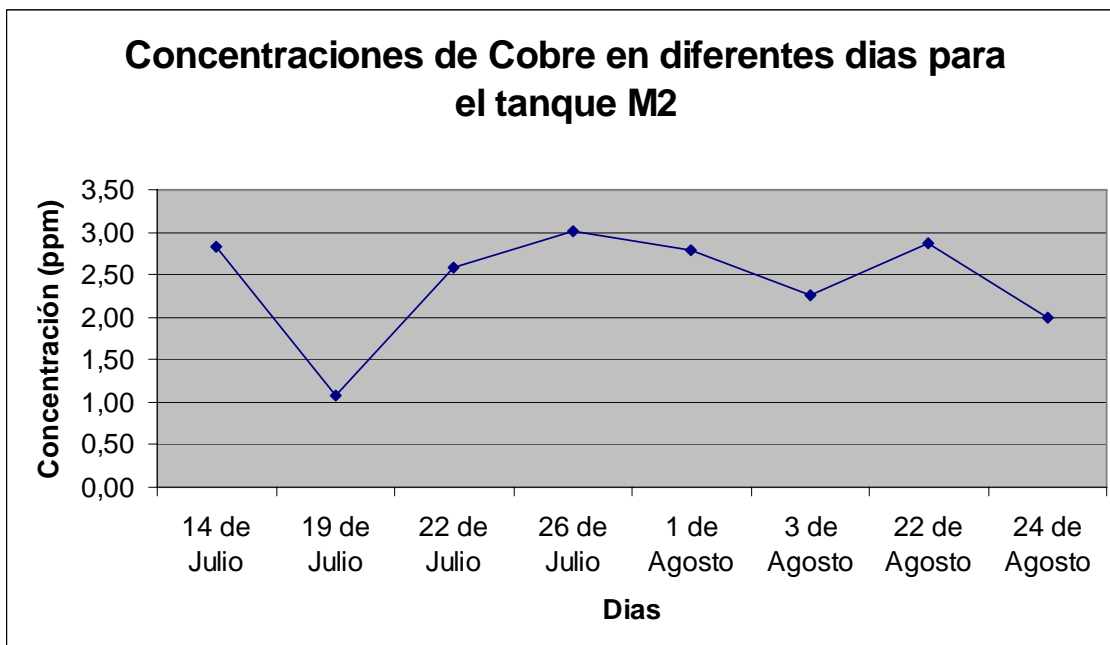
Promedio				
Muestra	Solidos suspendidos (ppm)	Solidos disueltos (ppm)	Solidos Totales (ppm)	Solidos Totales Calculados (ppm)
M0T1	47,29	4492,14	4700,86	4539,43
M1T1	52,71	569,00	599,29	621,71
M10T1	50,29	14157,43	14111,57	14207,71
M11T1	77,29	5200,57	5248,86	5277,86

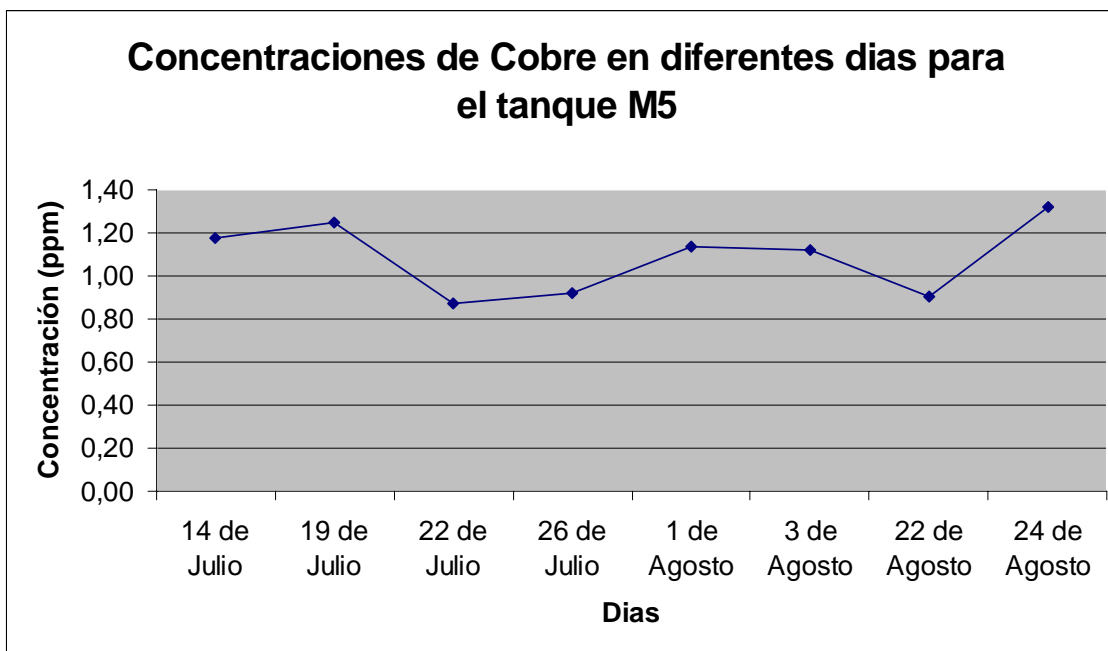
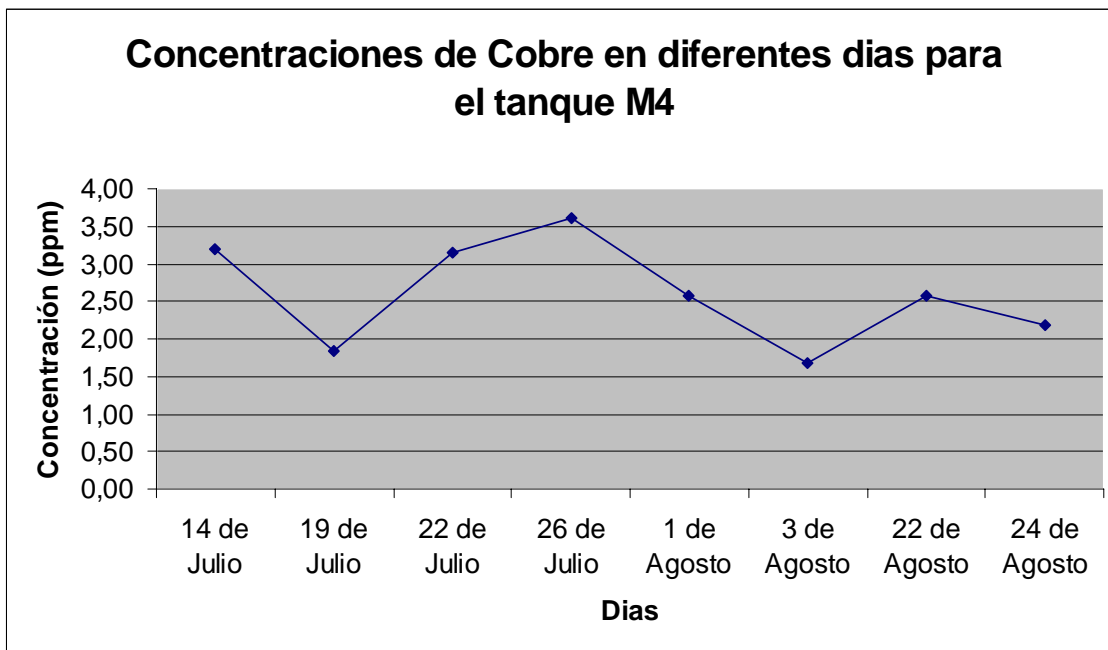
Turbidez (NTU)					
Muestras	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Promedio
M0	83,10	75,28	80,23	77,12	78,93
M1	45,32	40,43	48,47	46,54	45,19
M2	4,50	4,74	6,04	5,23	5,13
M3	31,37	31,43	34,45	32,69	32,49
M4	1,64	1,60	1,58	1,61	1,61
M5	4,03	4,33	4,47	4,17	4,25
M6	1,88	1,87	1,77	1,52	1,76
M7	16,31	14,37	14,85	17,45	15,74
M8	10,57	13,16	10,11	12,28	11,53
M9	17,93	18,01	18,83	17,17	17,98
M10	7,57	7,80	7,78	7,33	7,62
M11	109,10	110,54	134,07	139,63	123,34

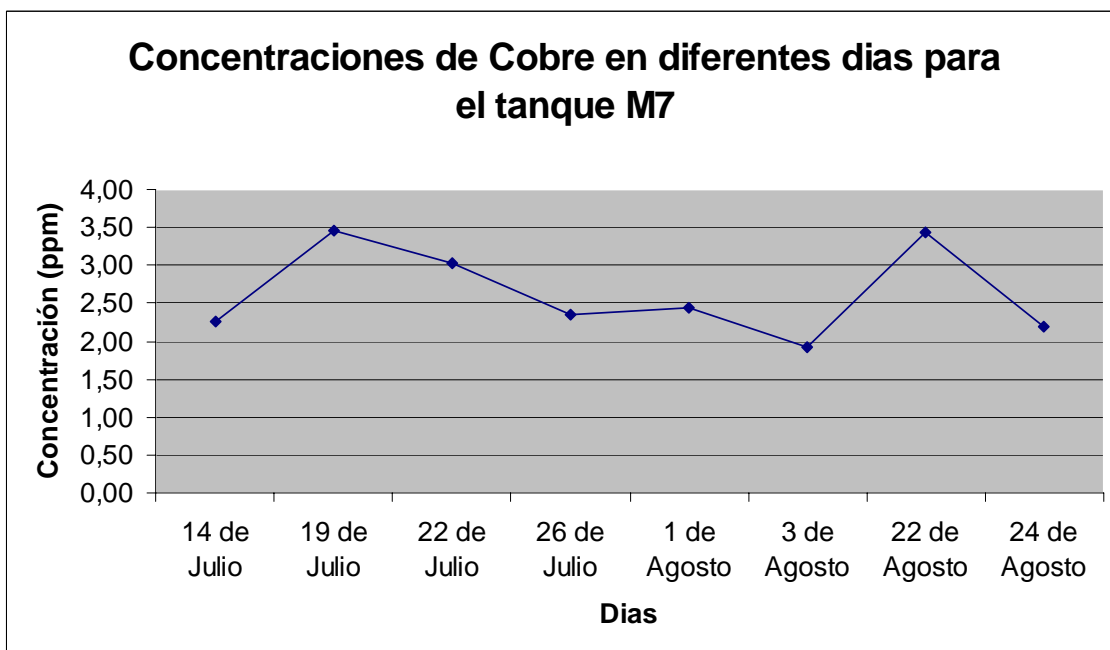
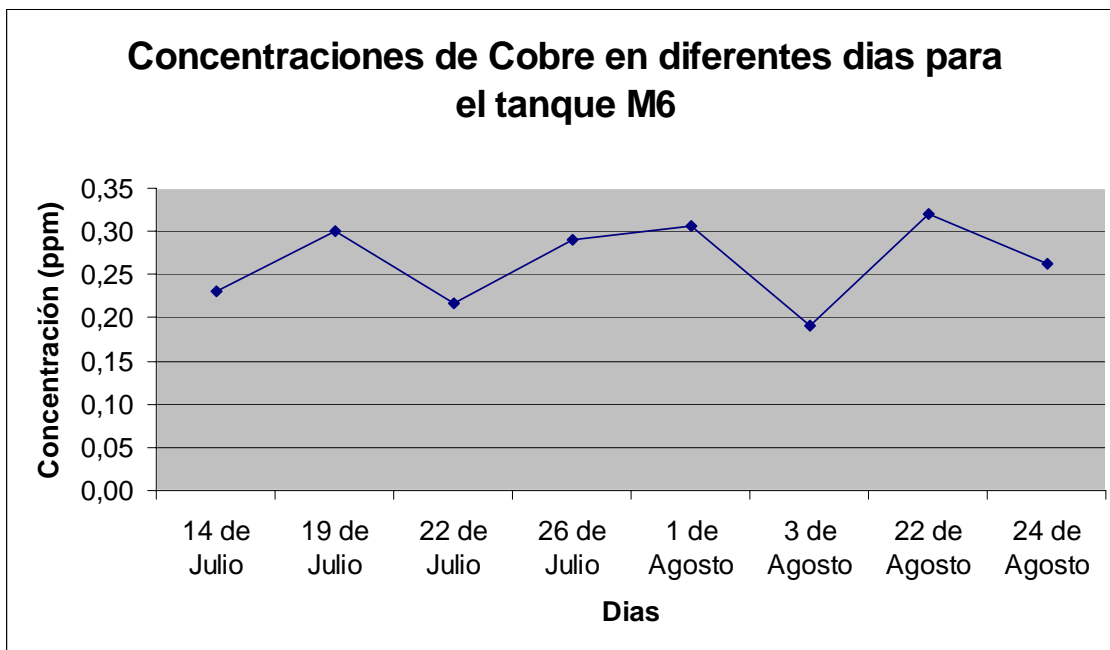
Cianuros (ppm)				
Muestra	Día 1	Día 2	Día 3	Promedio
M0	632,25	600,89	610,28	614,47
M3	955,37	950,45	985,22	963,68
M6	142,64	139,35	115,34	132,44
M10	2497,34	2329,86	2591,14	2472,78

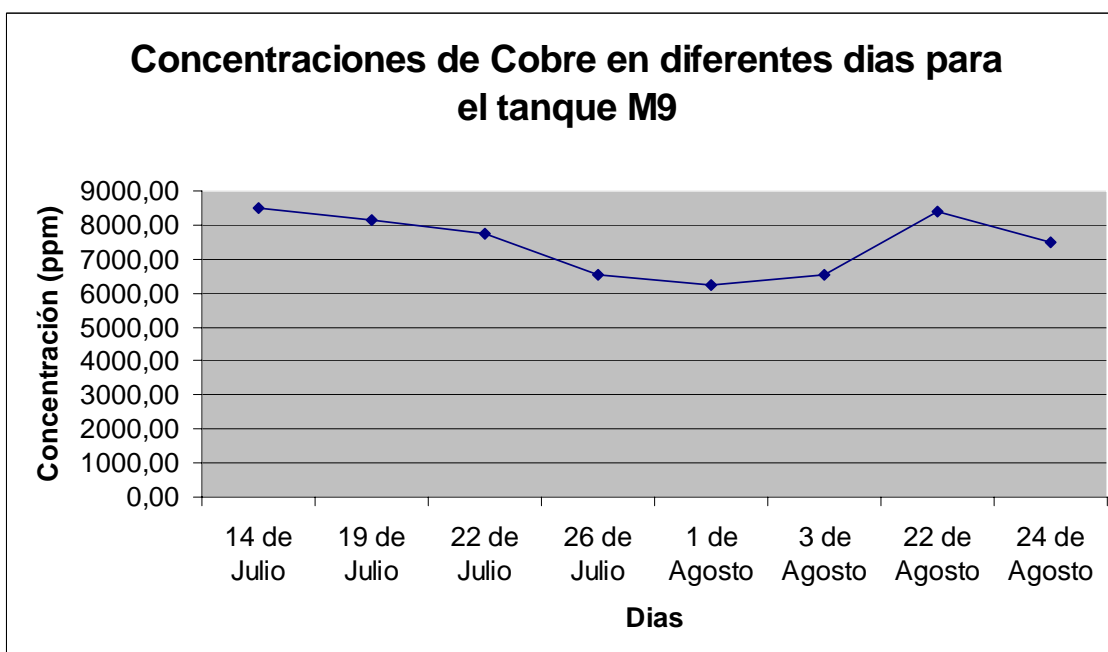
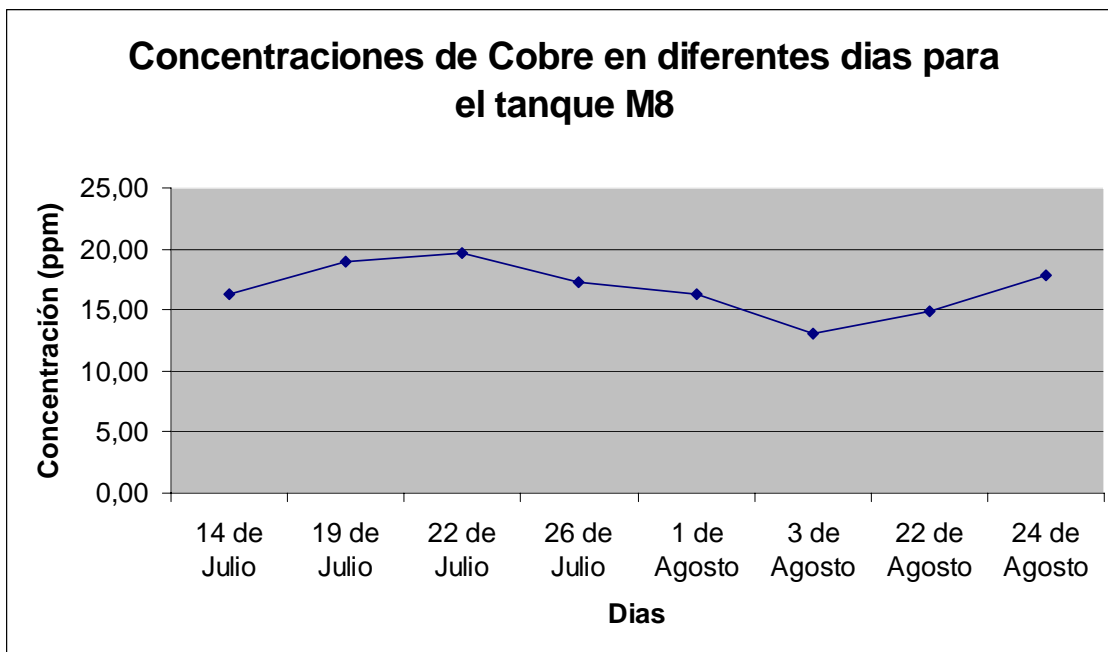
Anexo No.2 Concentración de cobre para los diferentes enjuagues.

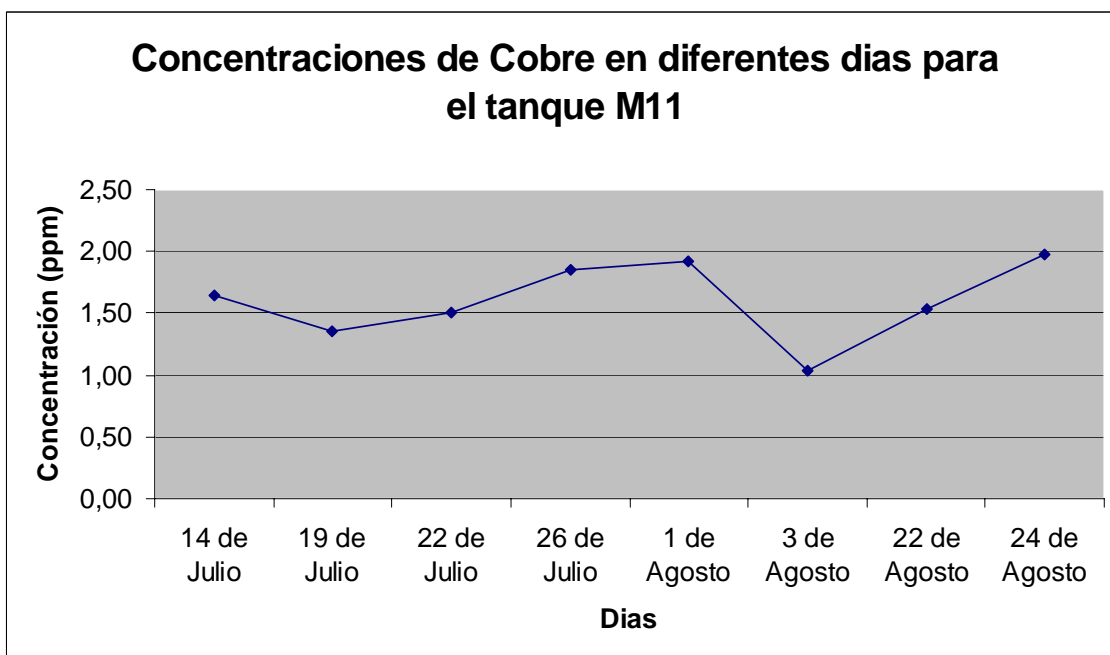
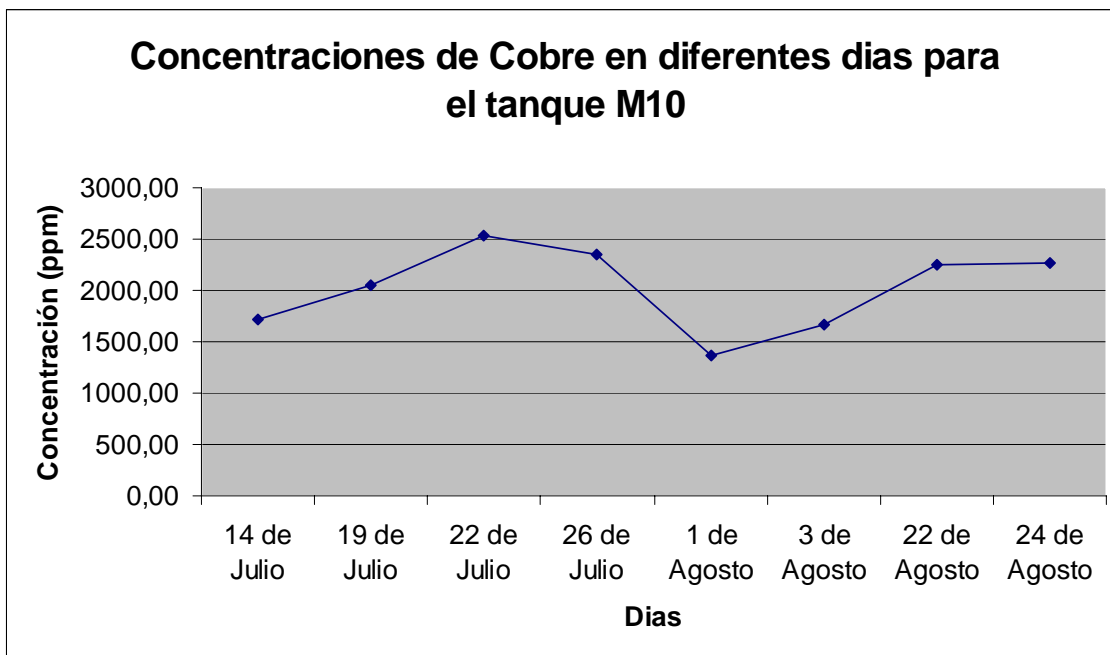




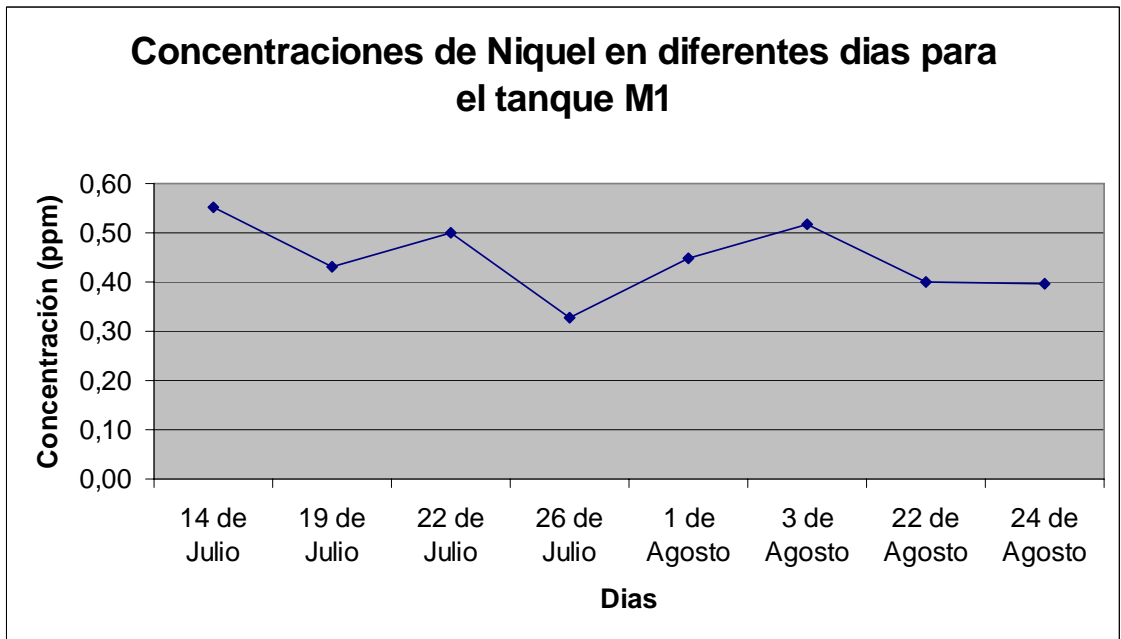
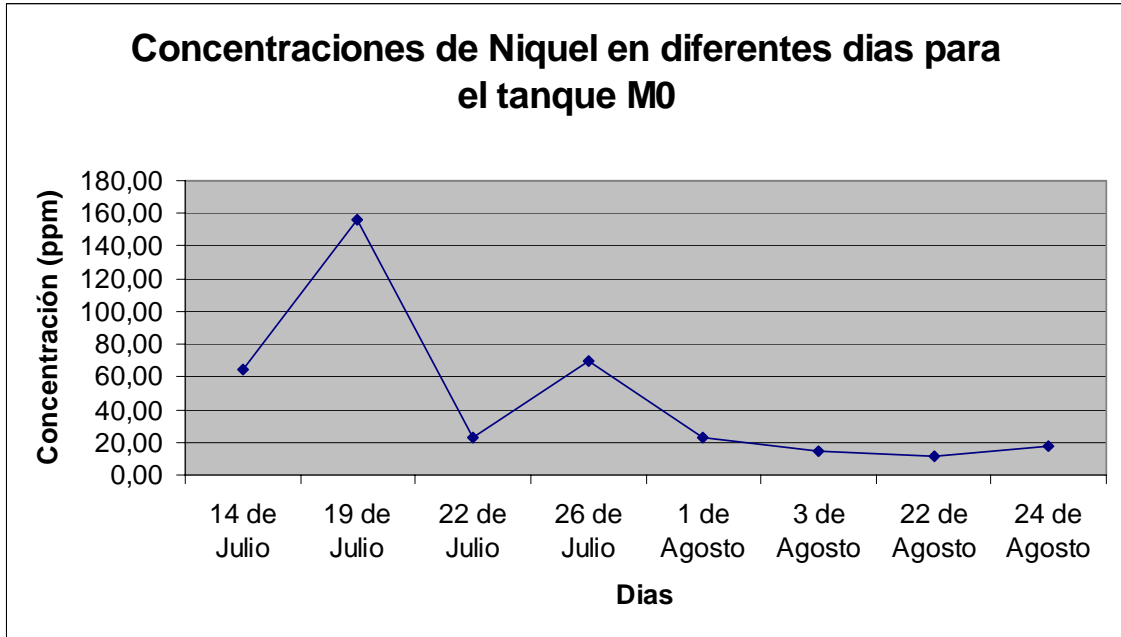


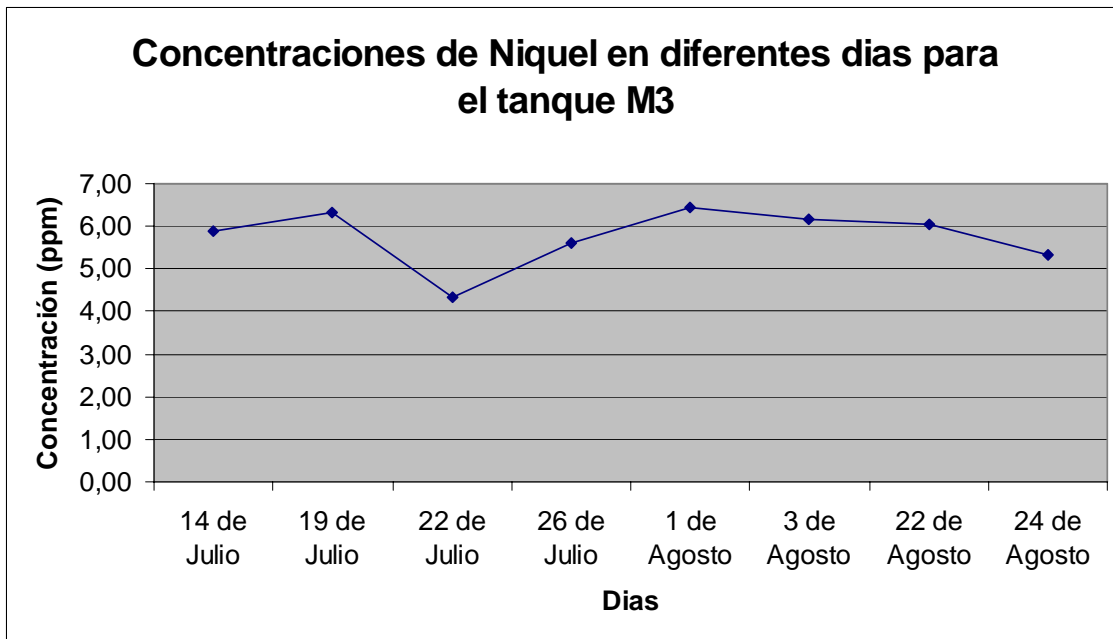
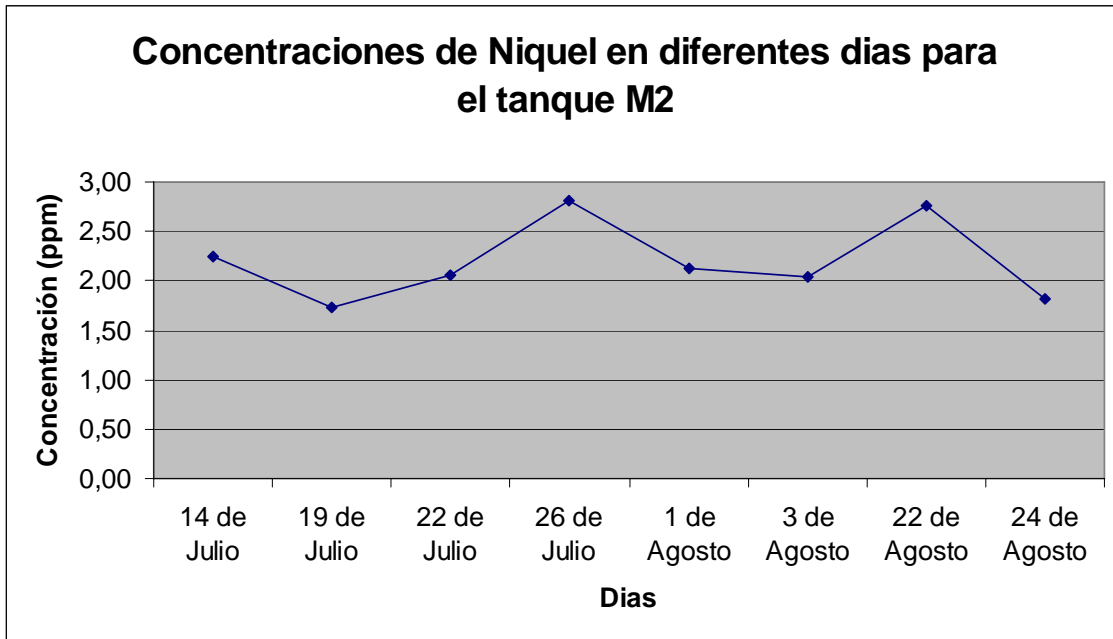


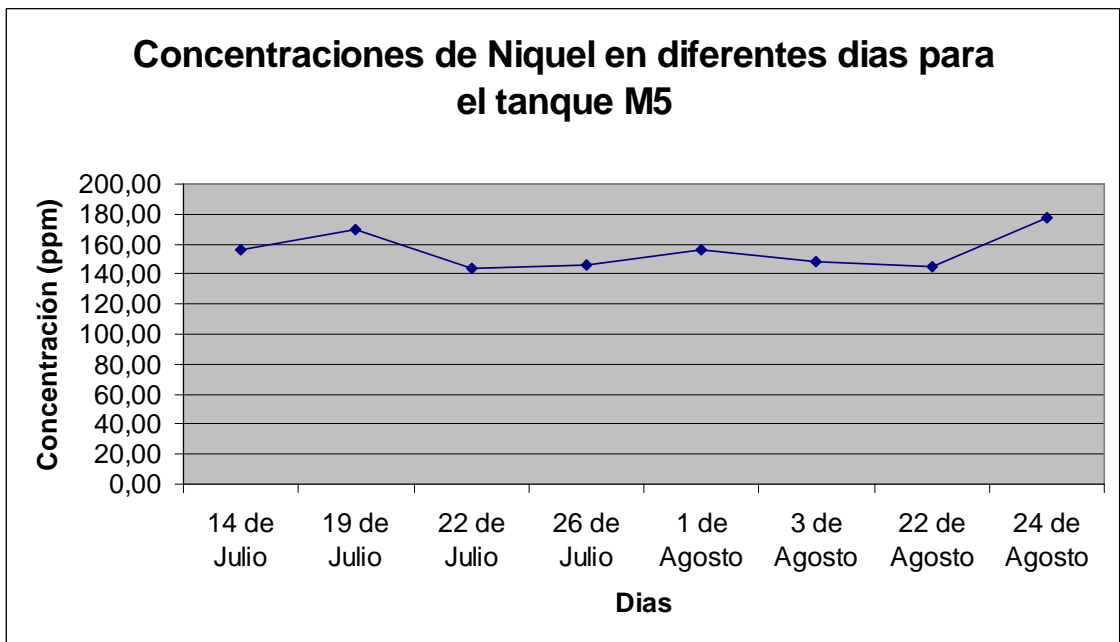
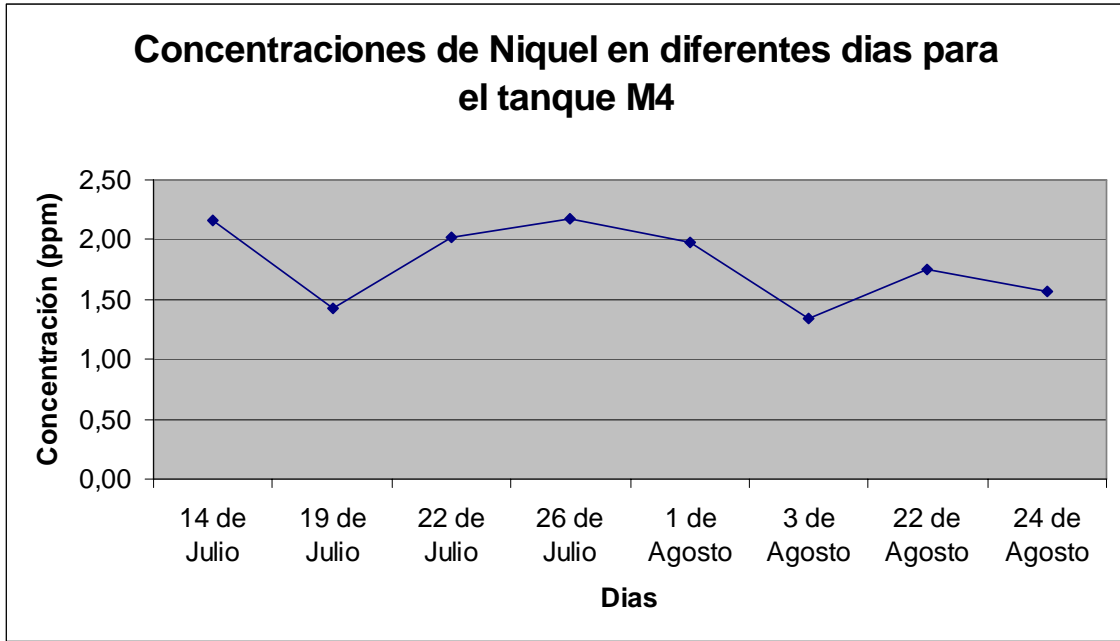


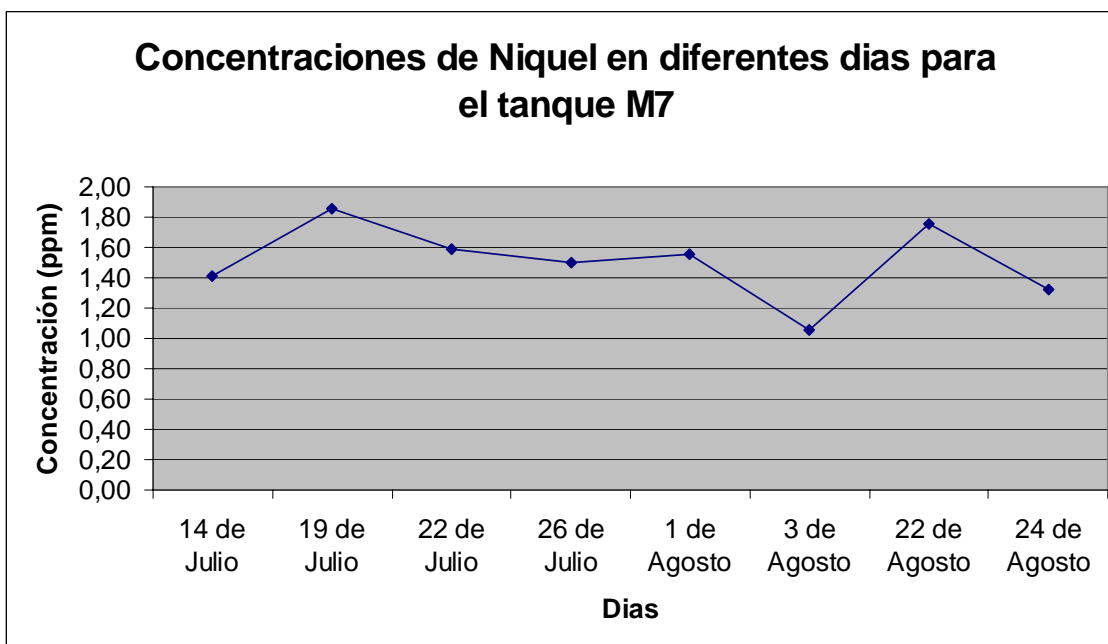
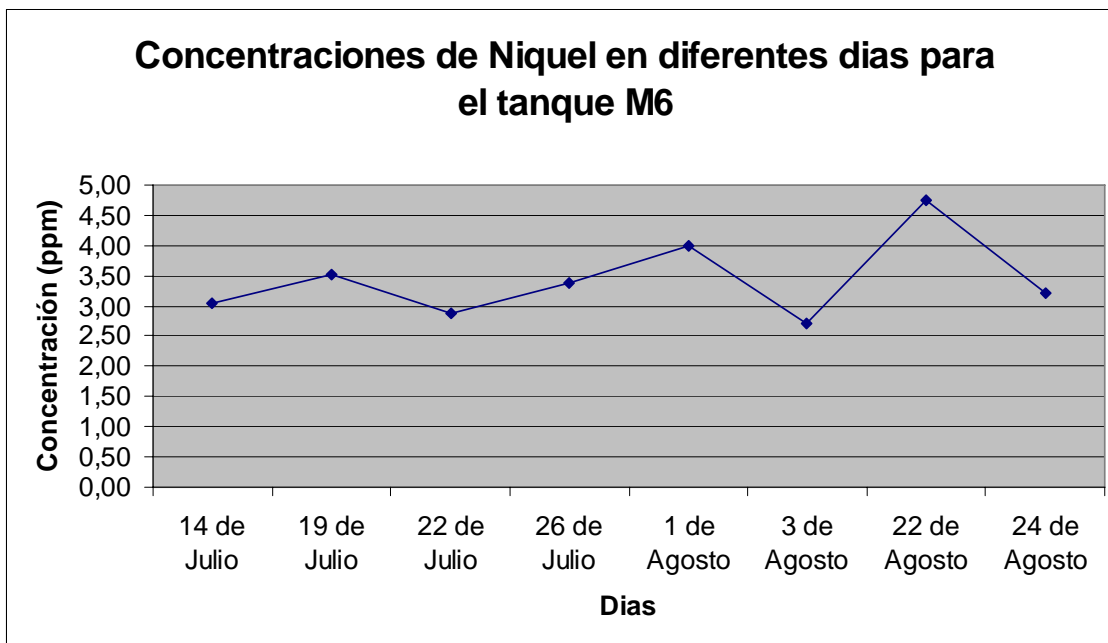


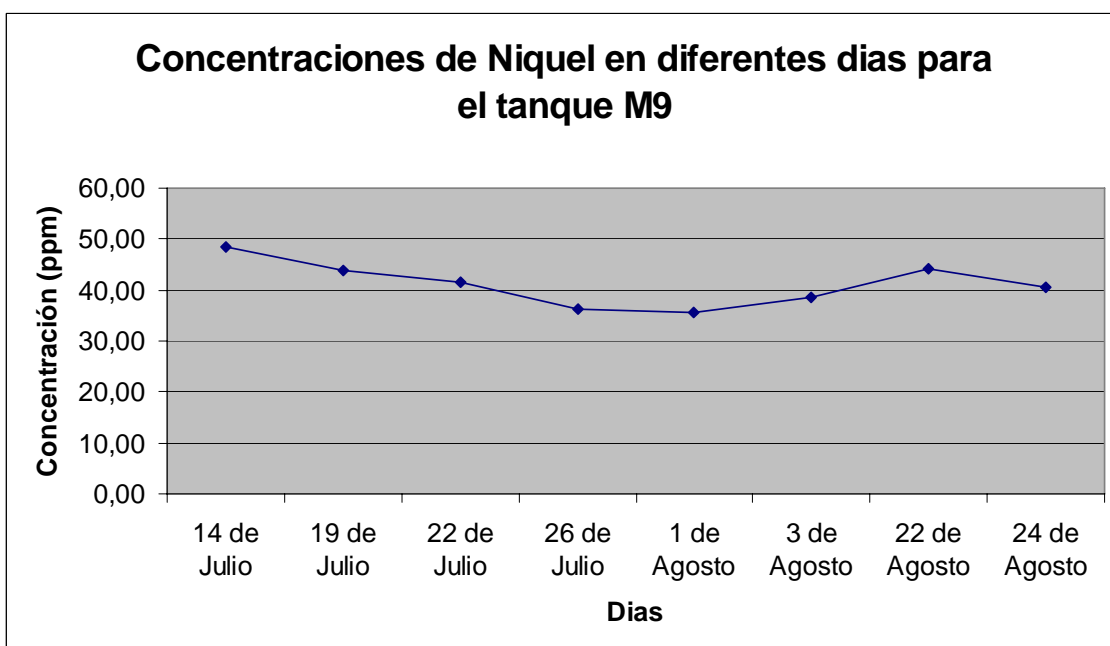
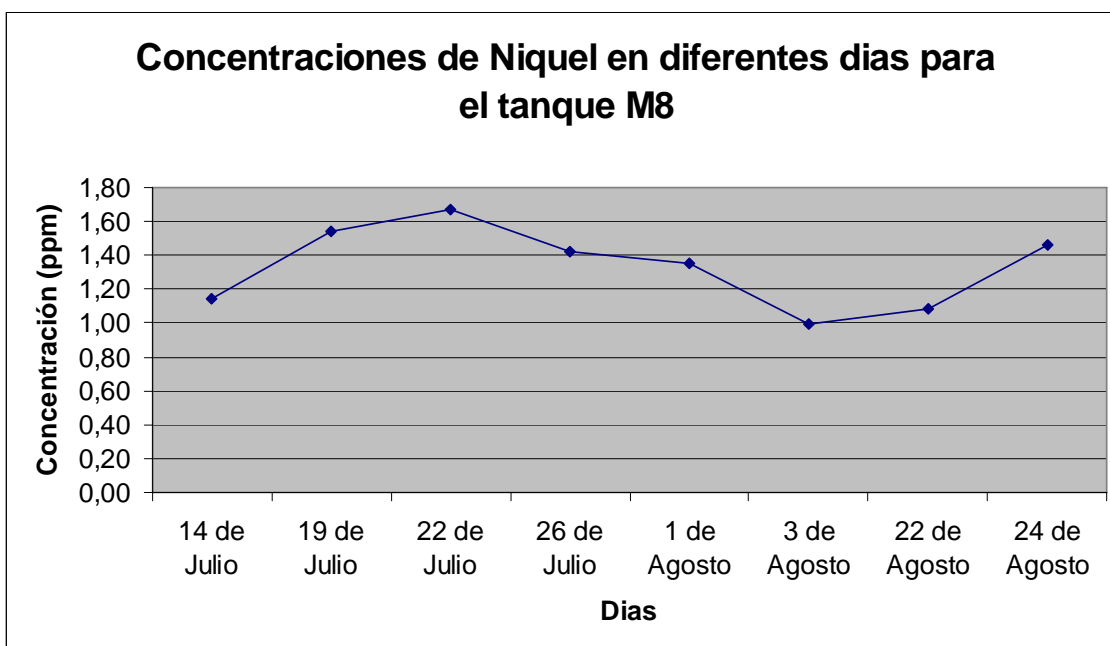
Anexo No.3 Concentración de Níquel para los diferentes enjuagues.

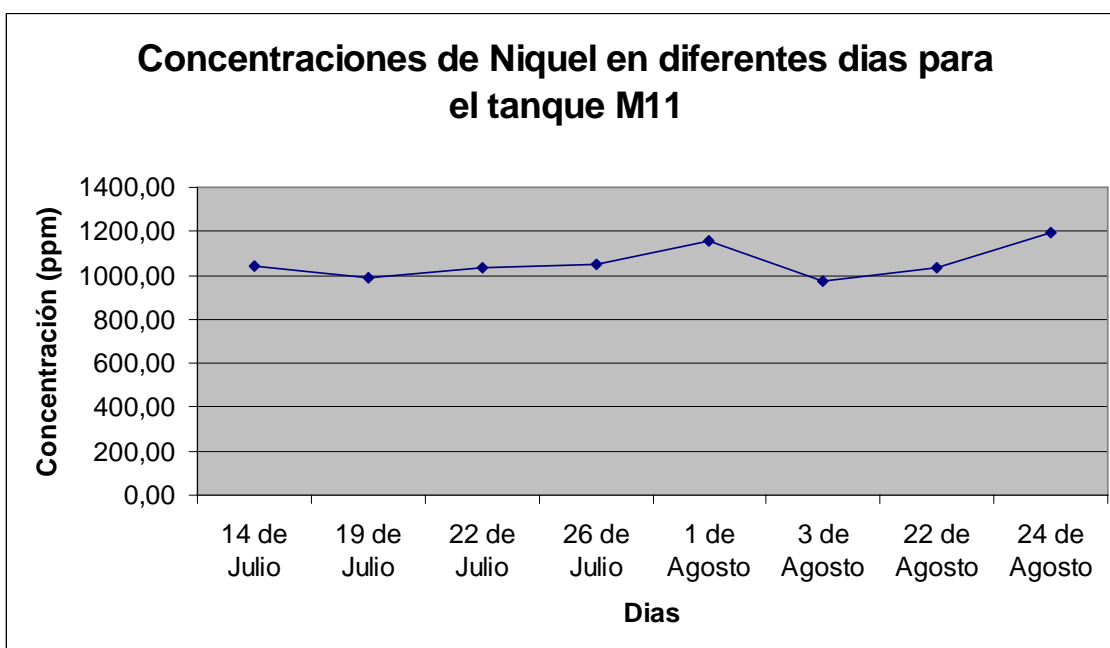
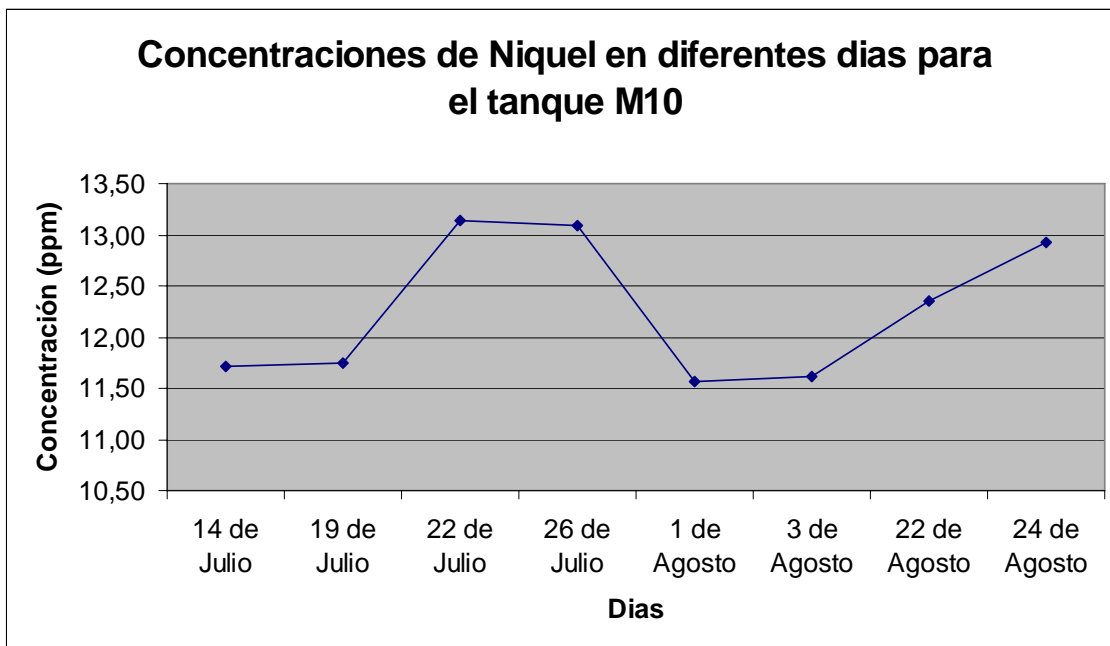




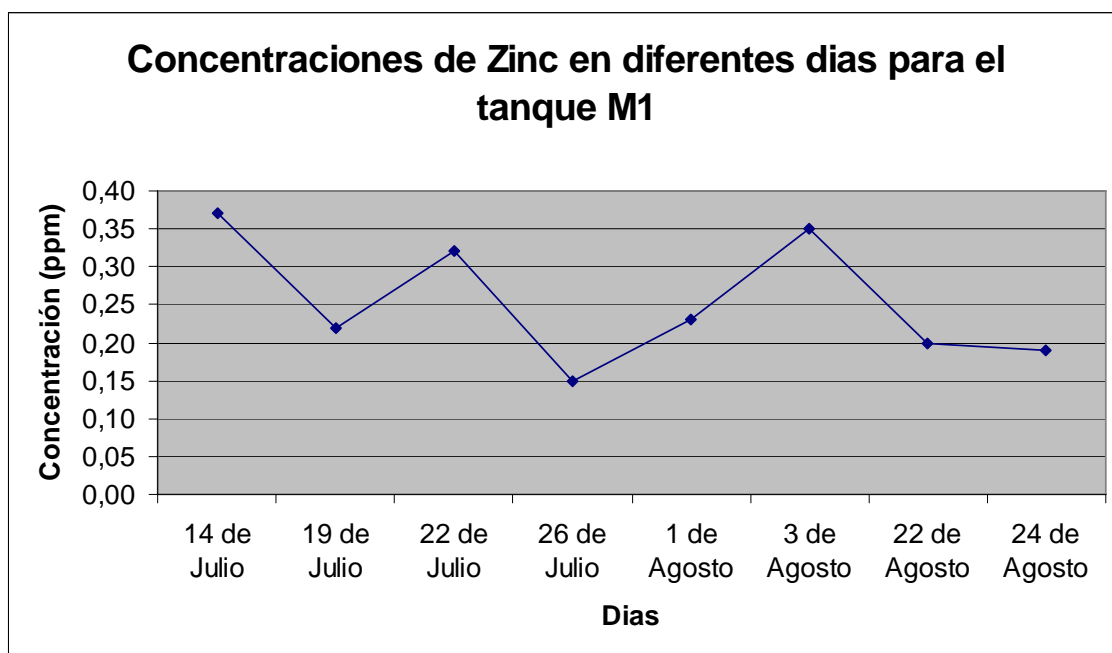
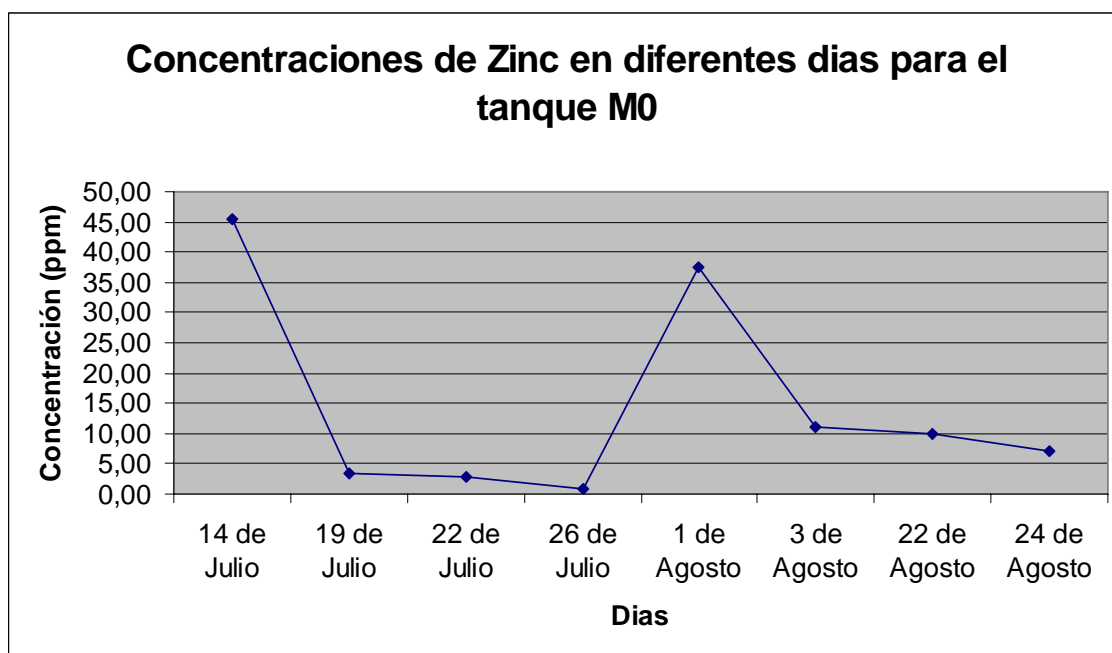


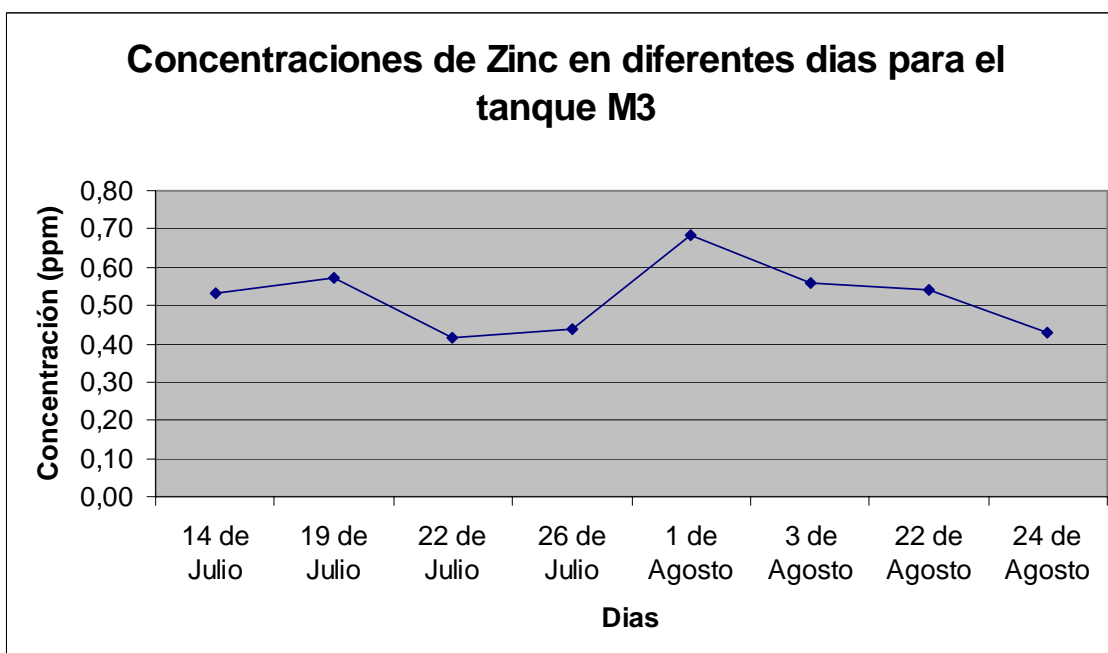
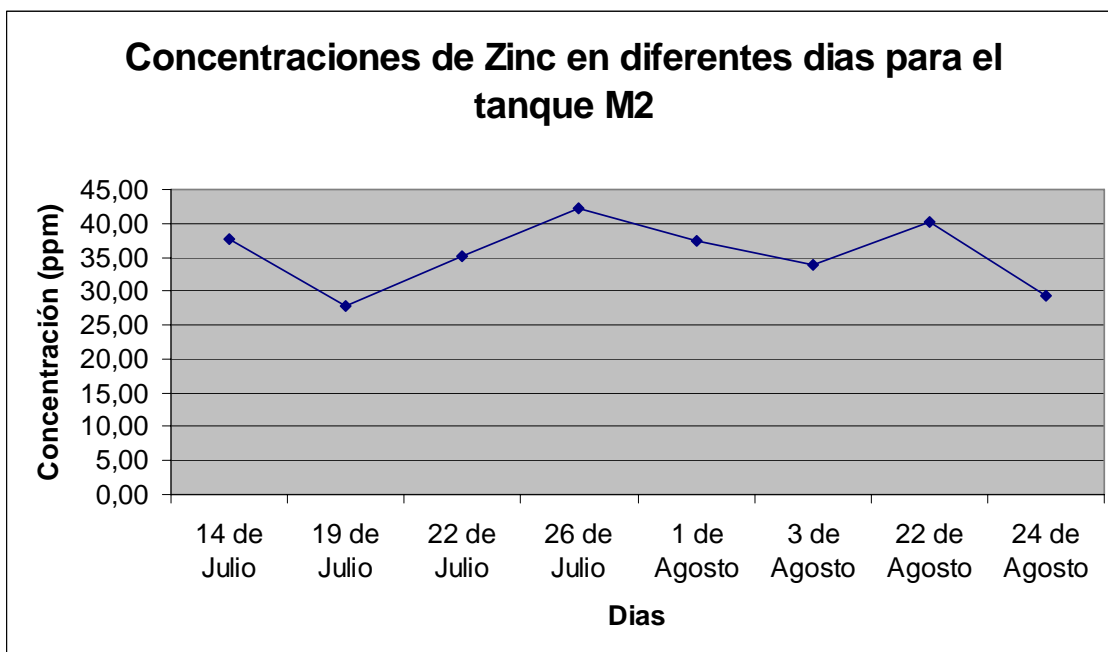


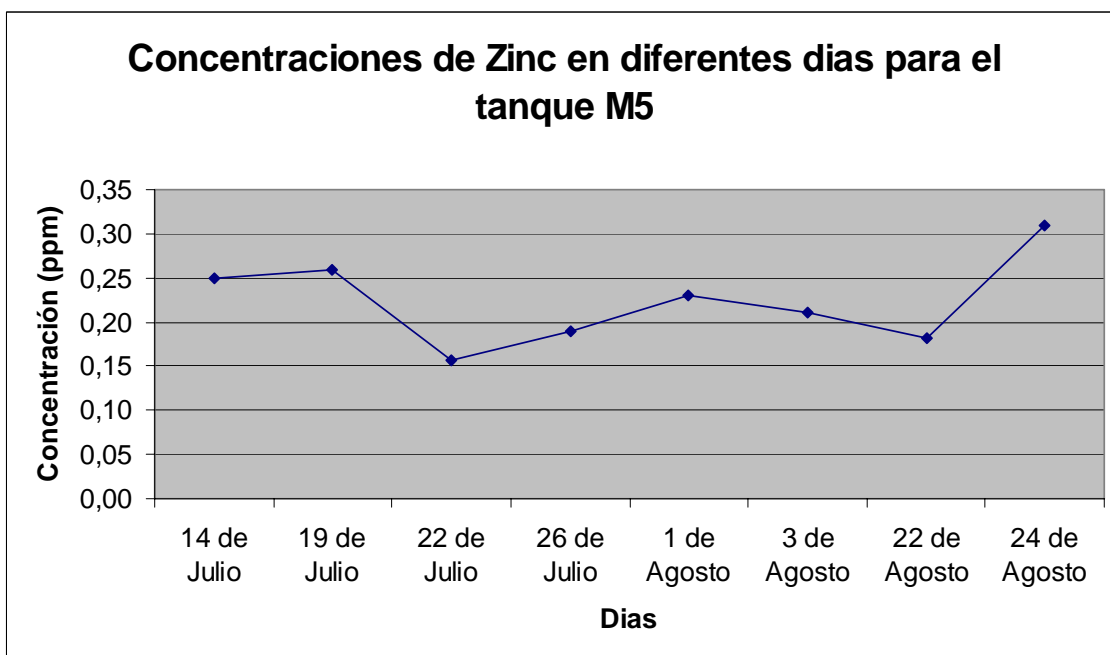
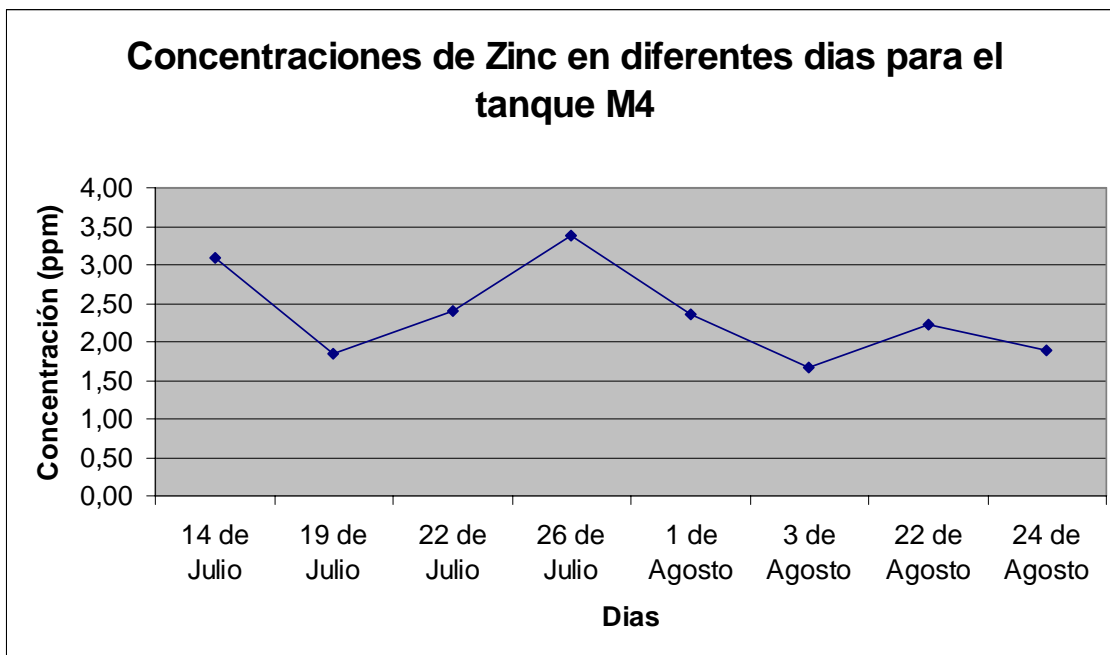


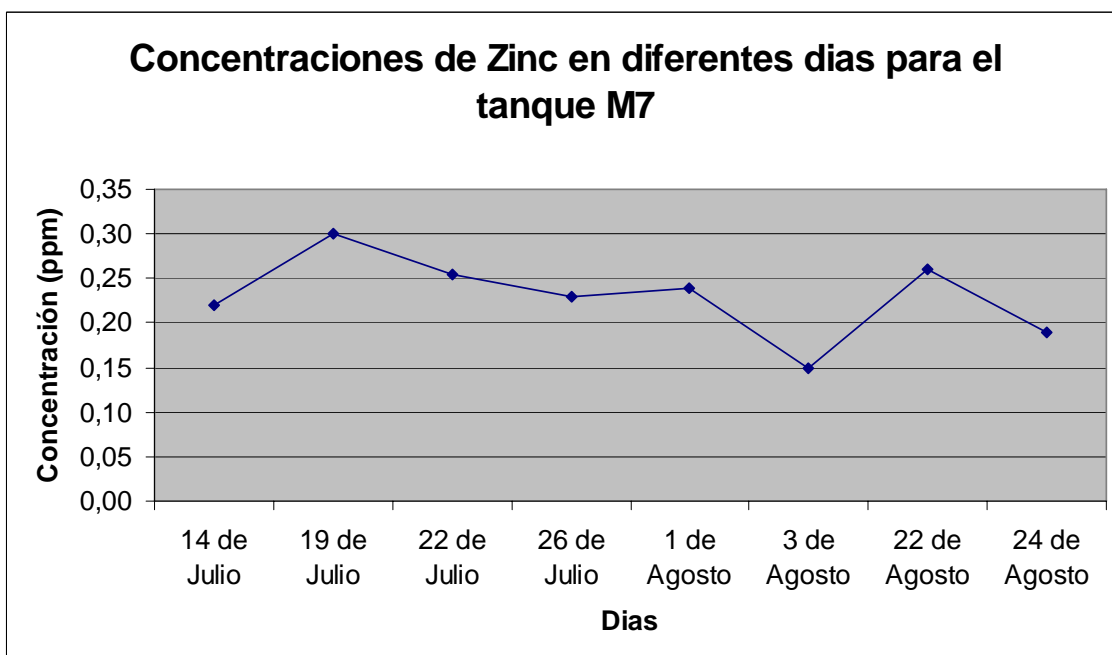
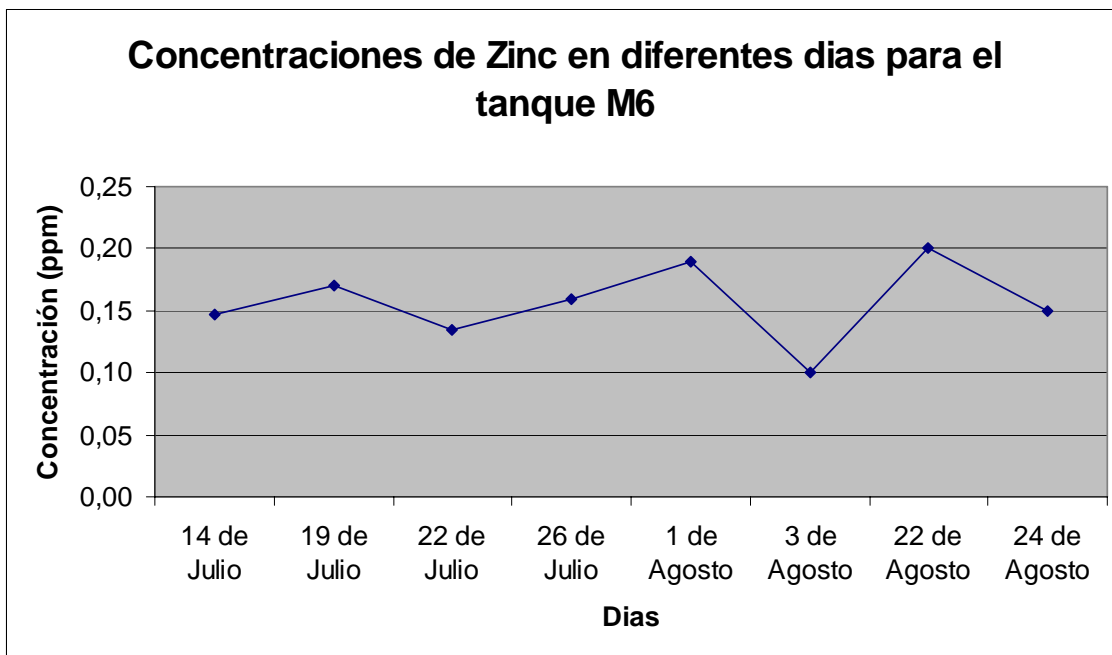


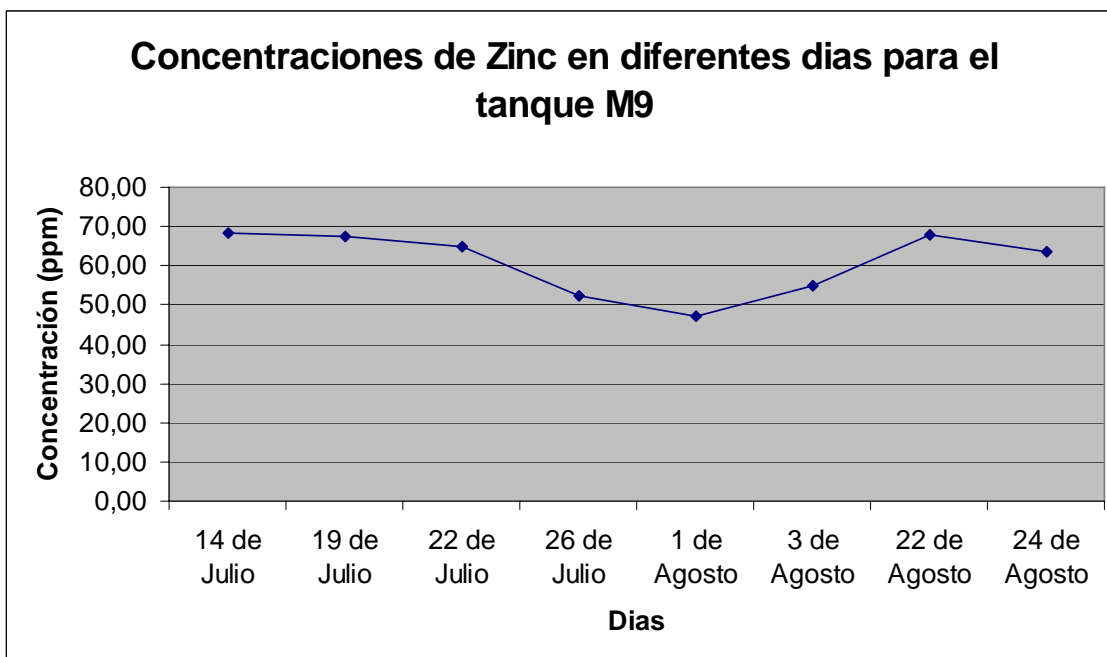
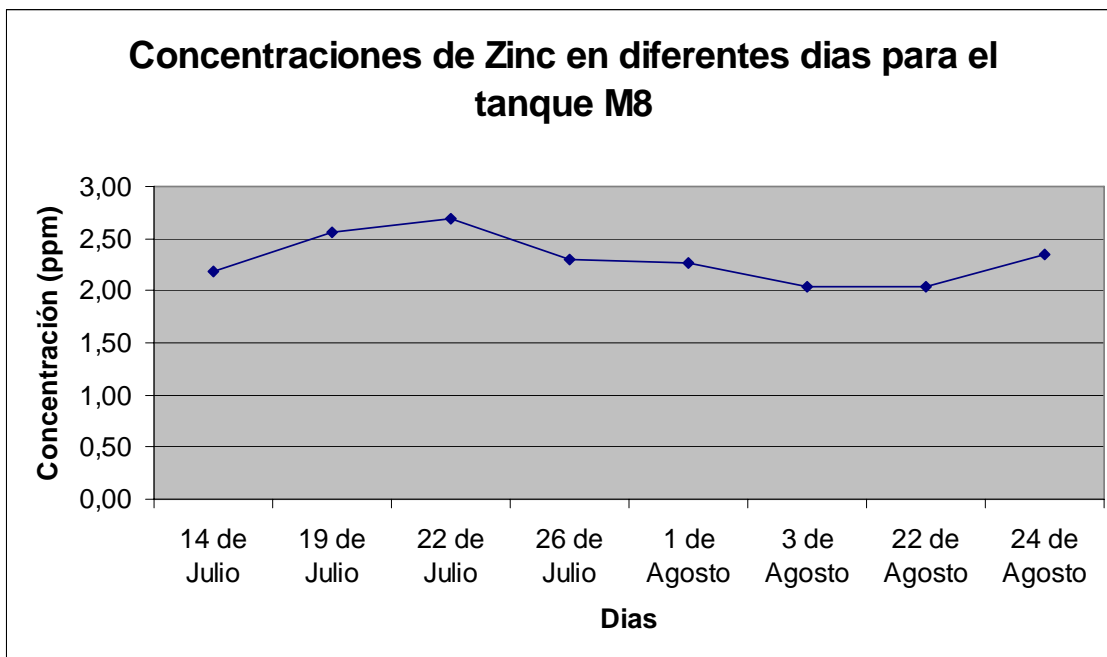
Anexo No.4 Concentración de Zinc para los diferentes enjuagues.

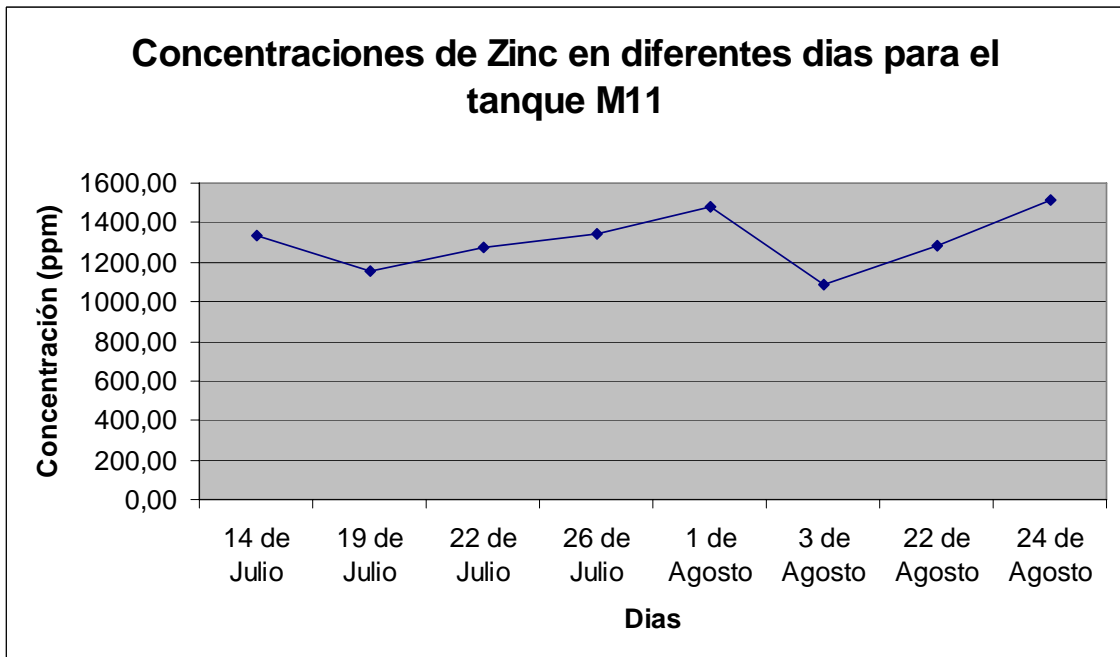
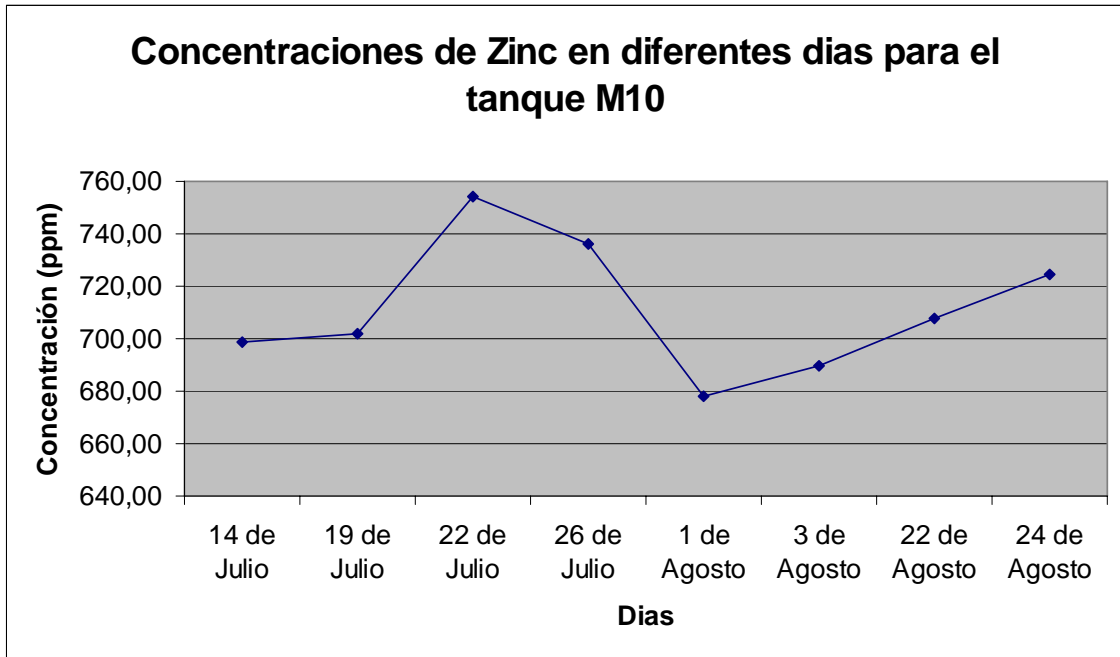




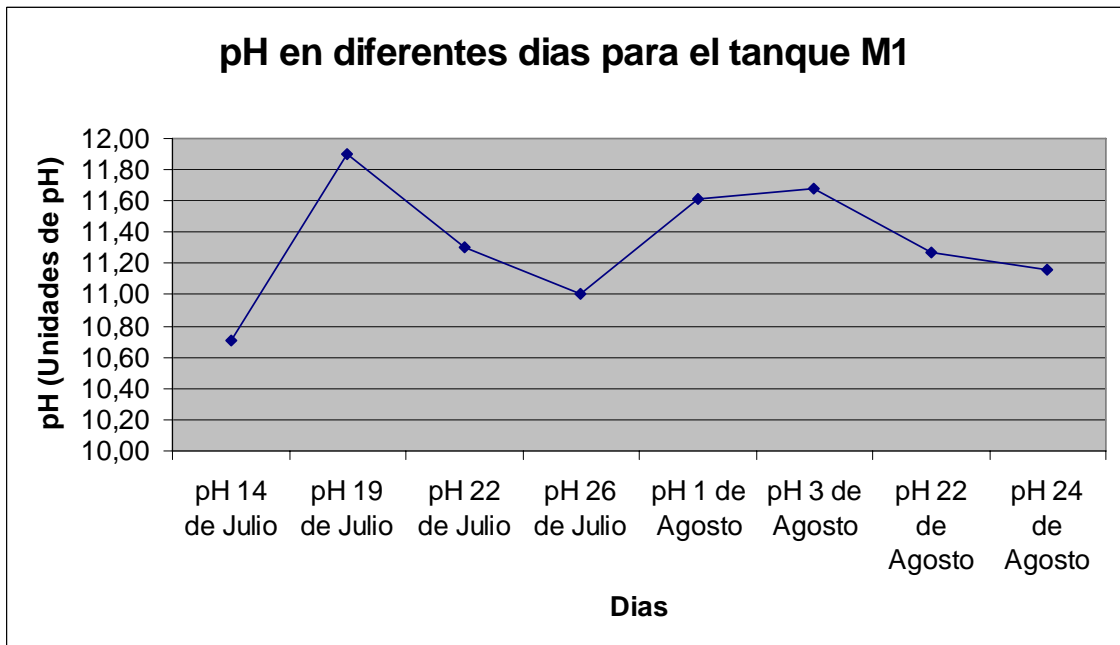
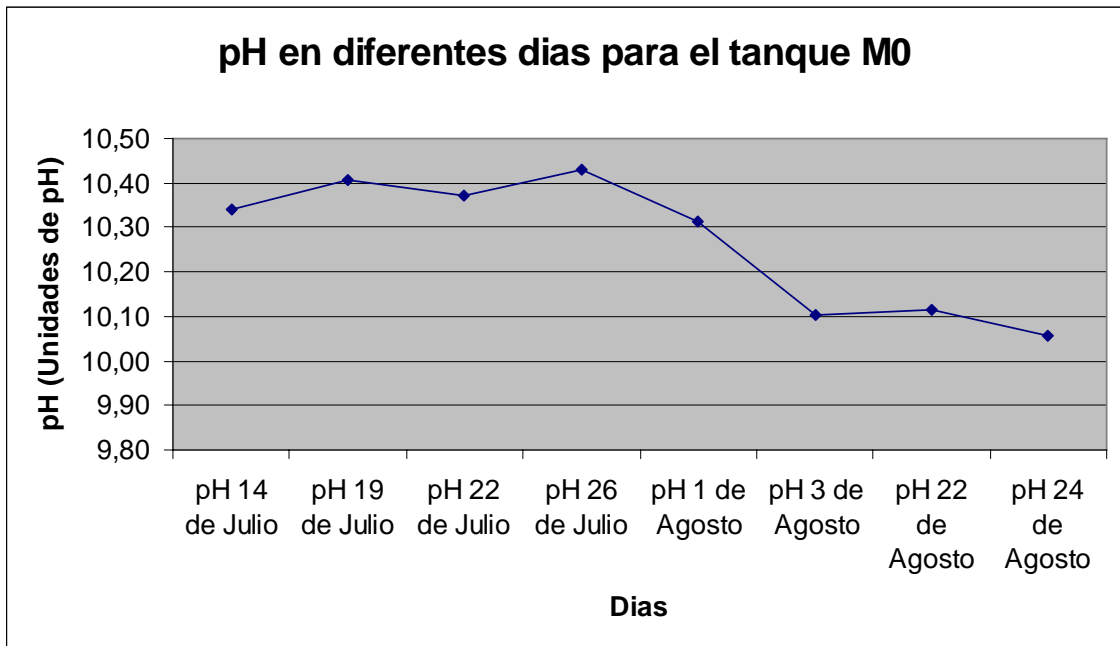


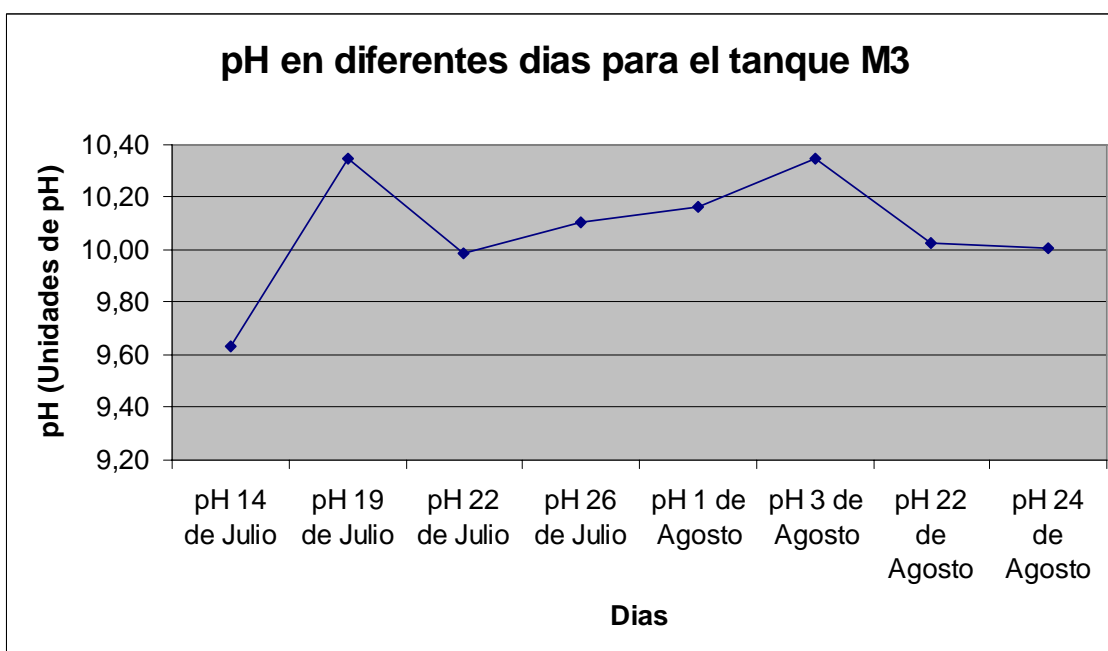
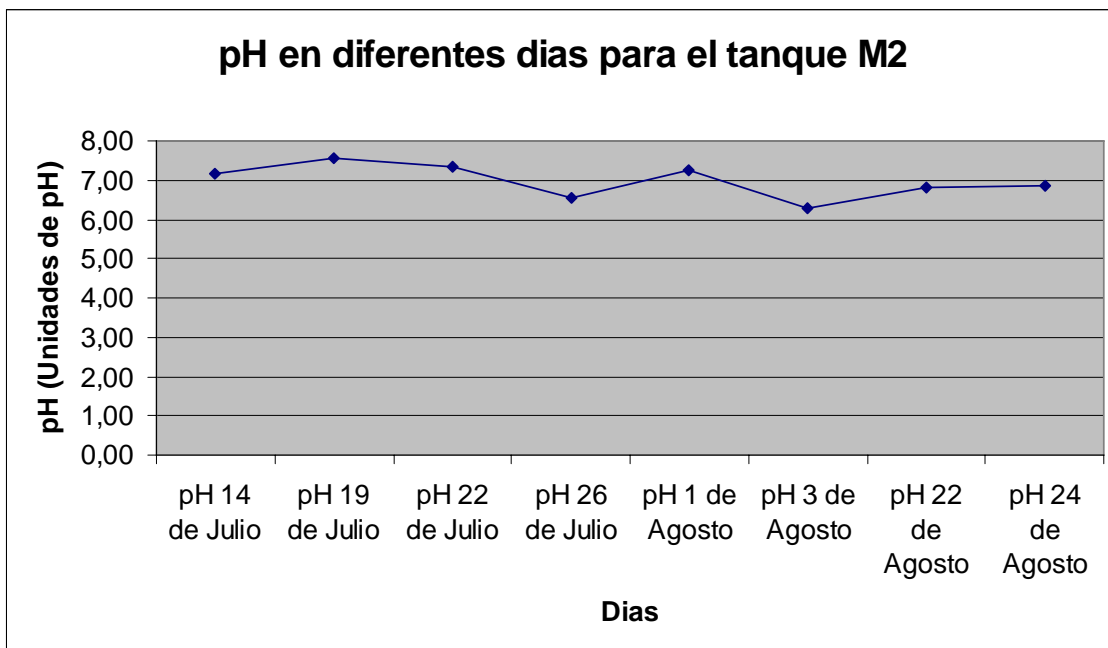


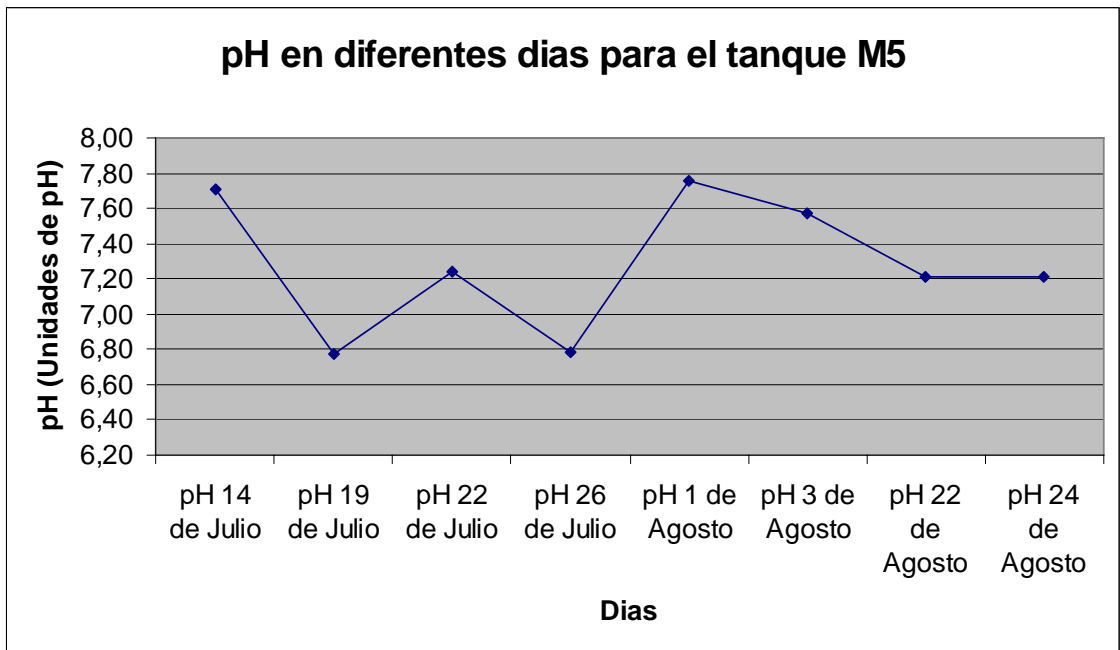
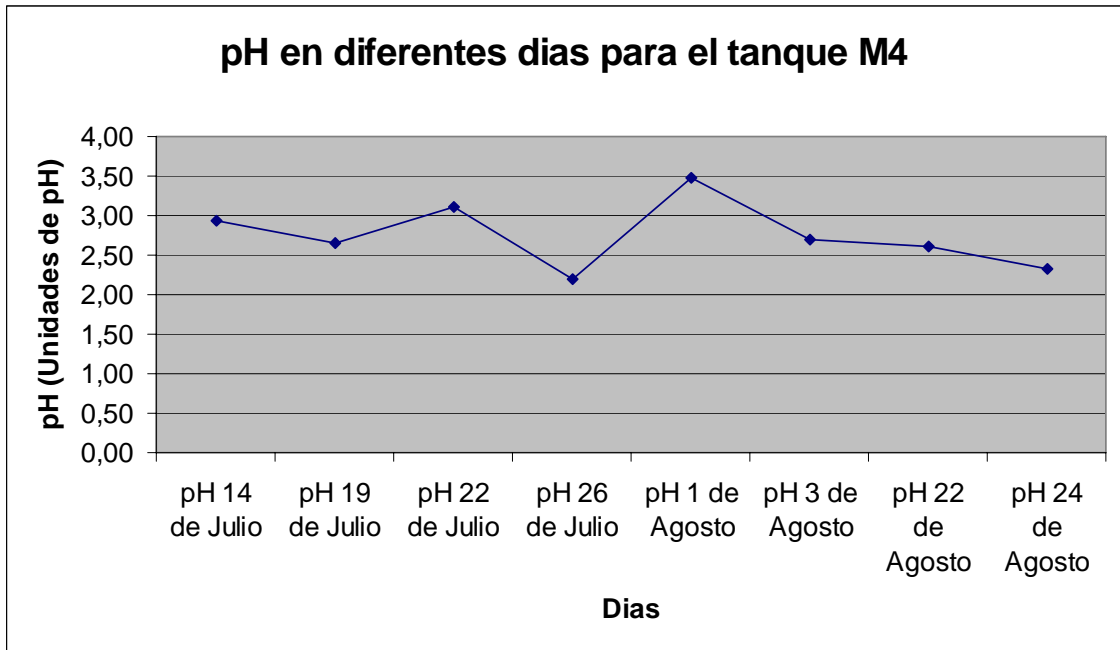


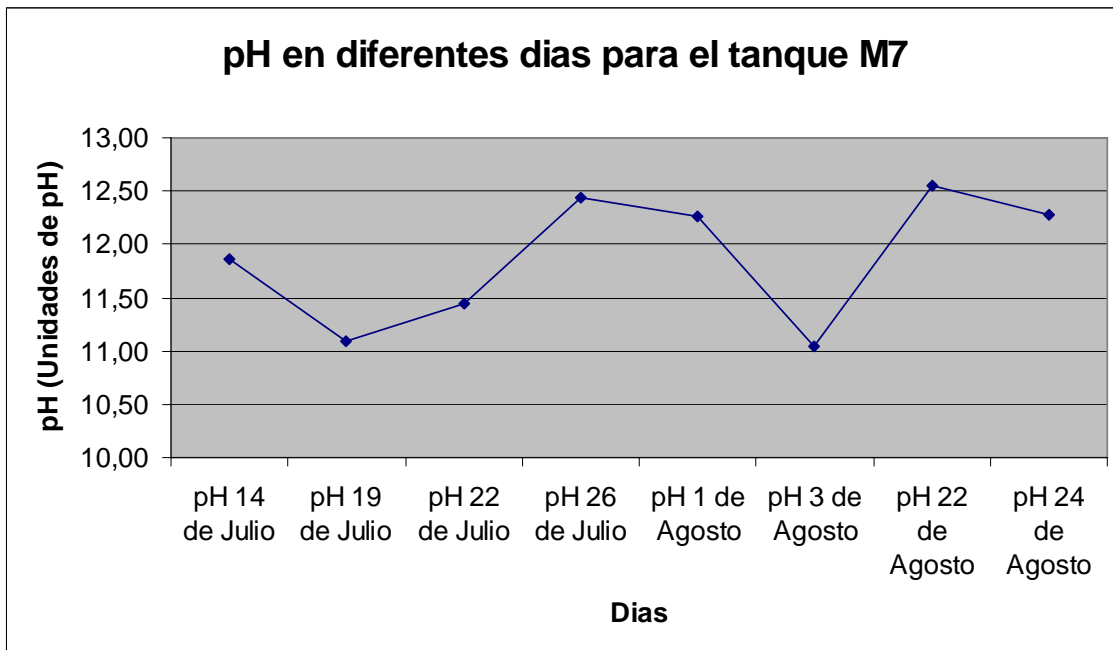
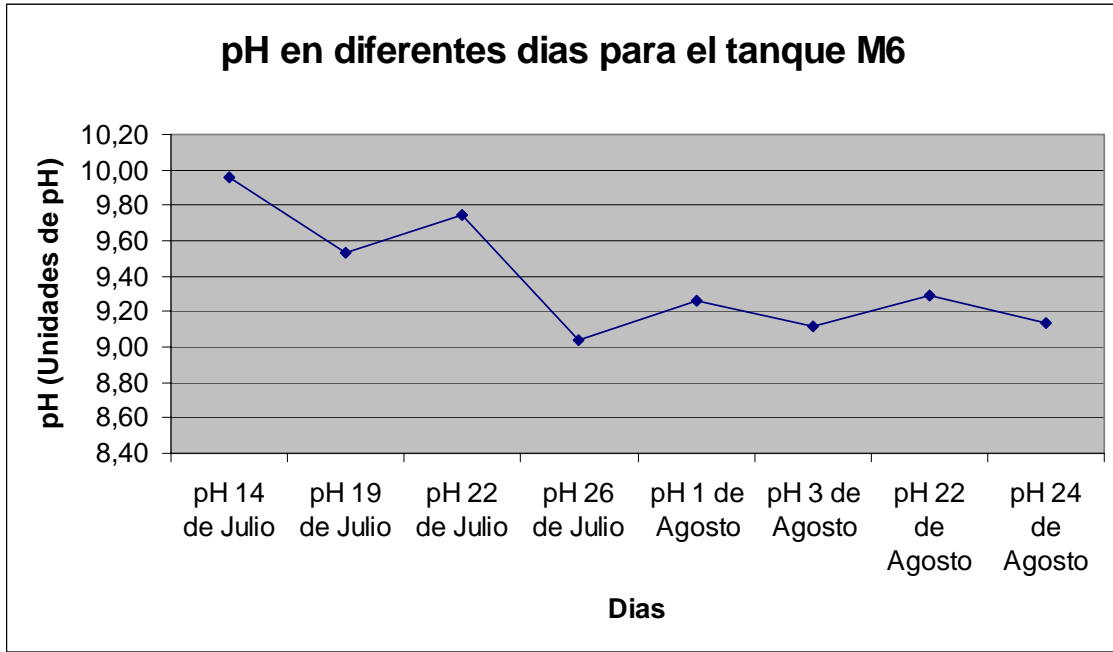


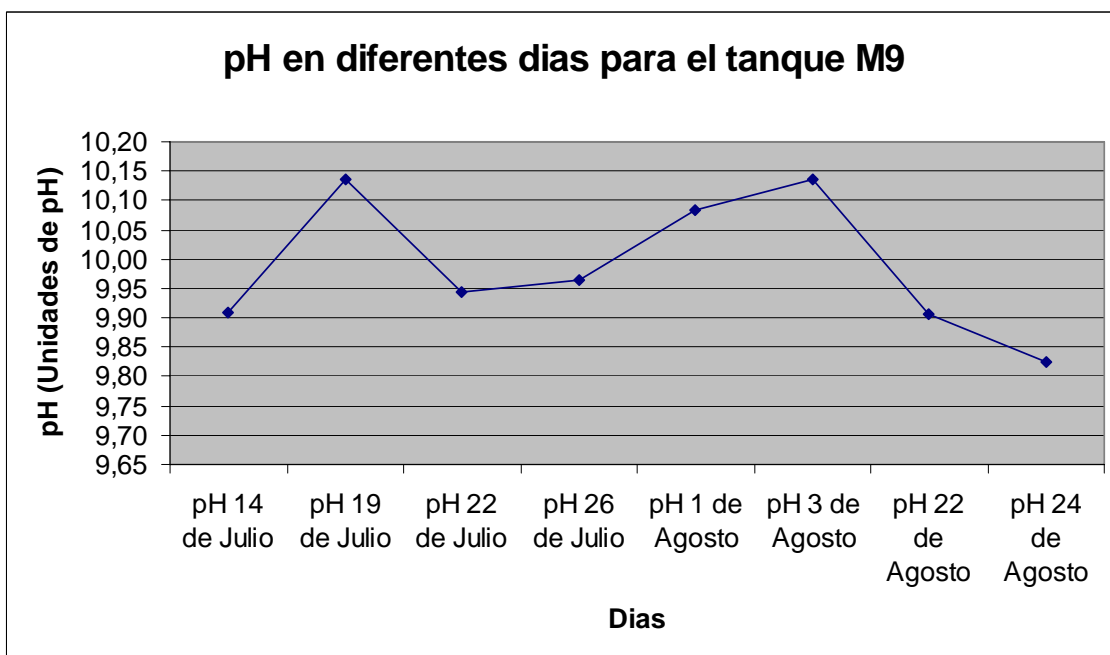
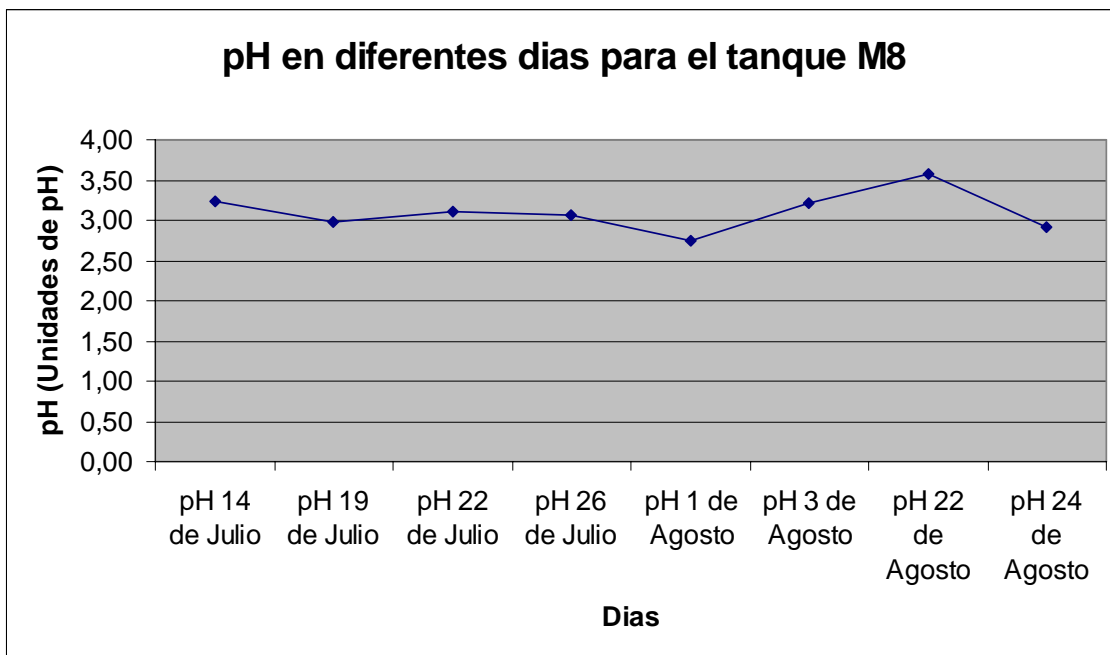
Anexo No.5 pH para los diferentes enjuagues.

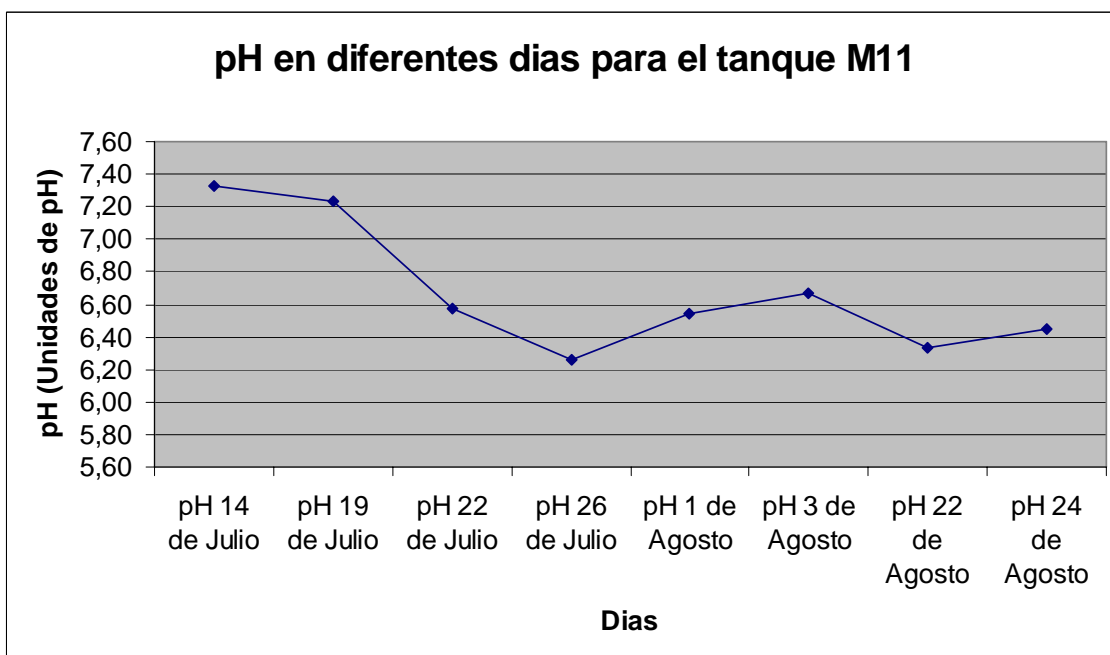
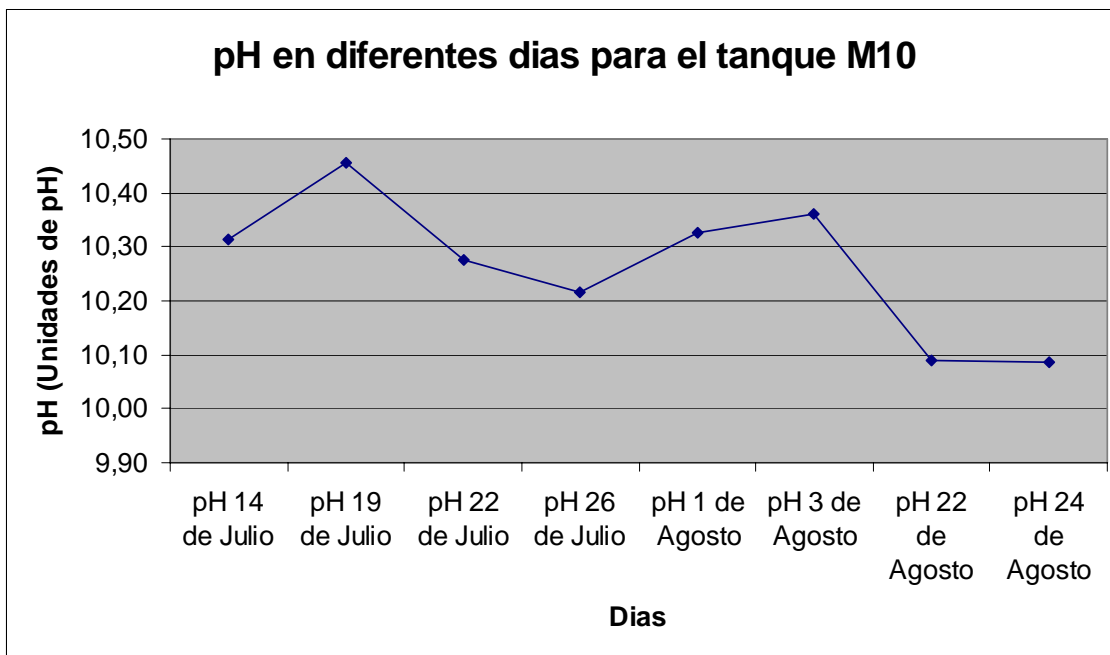




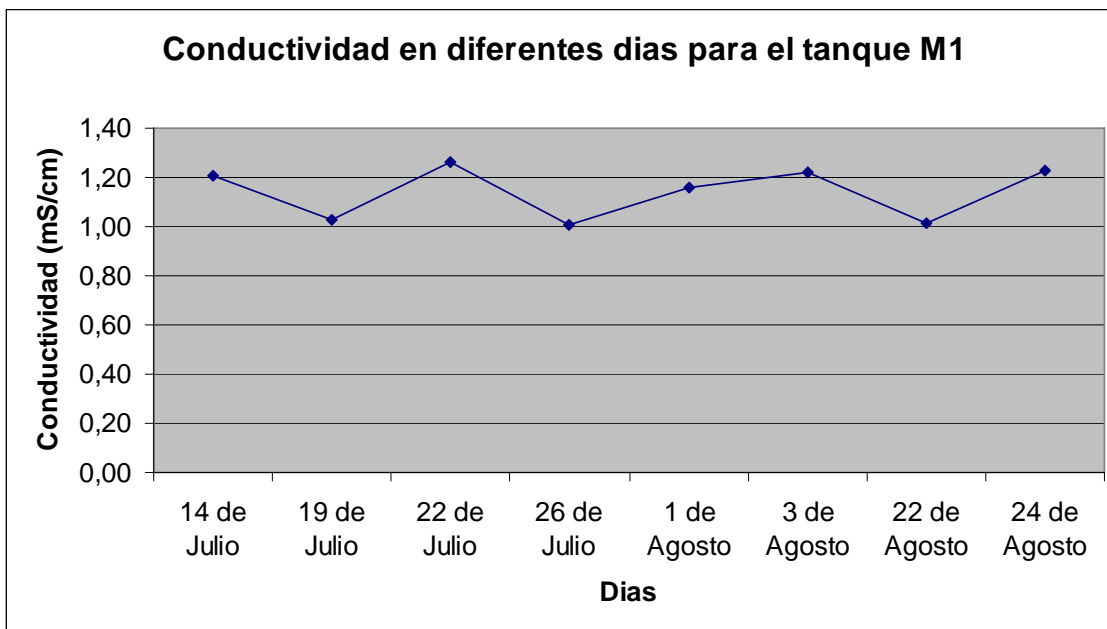
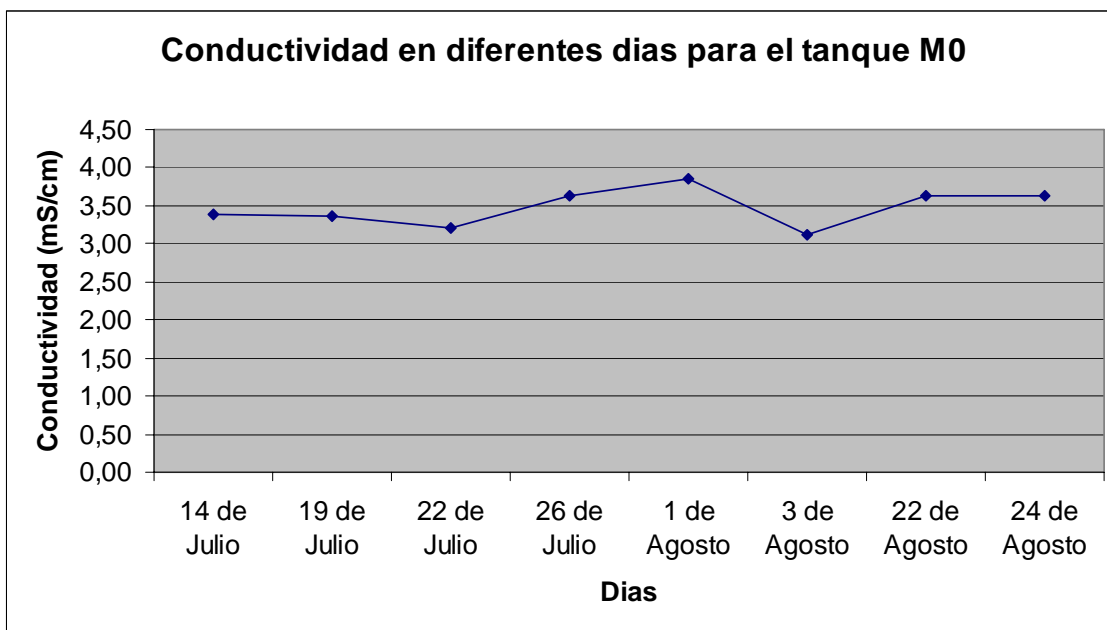


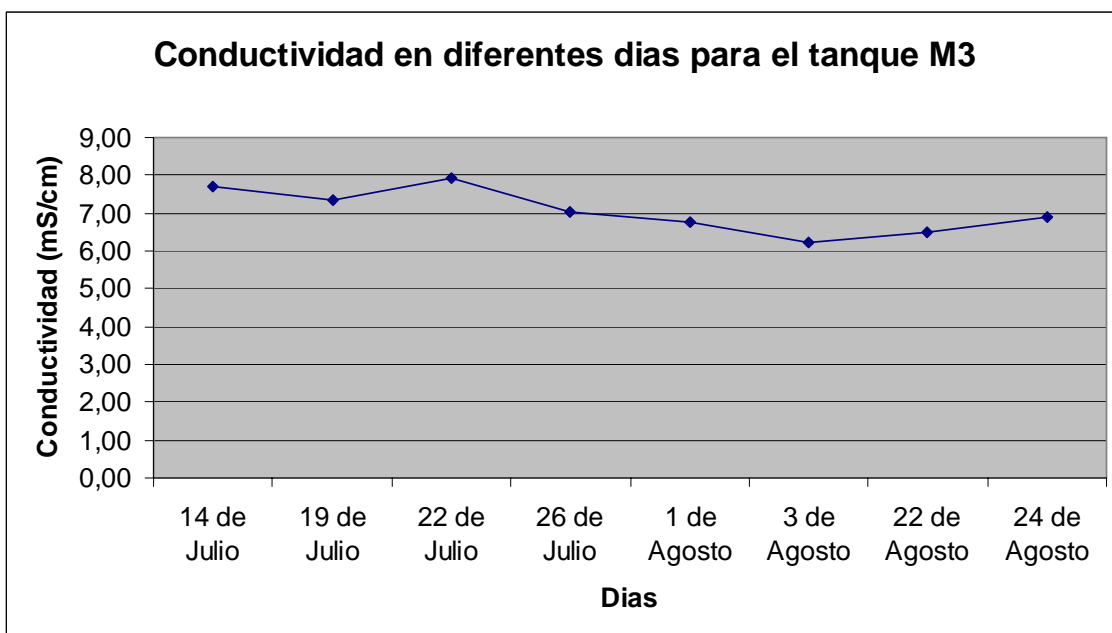
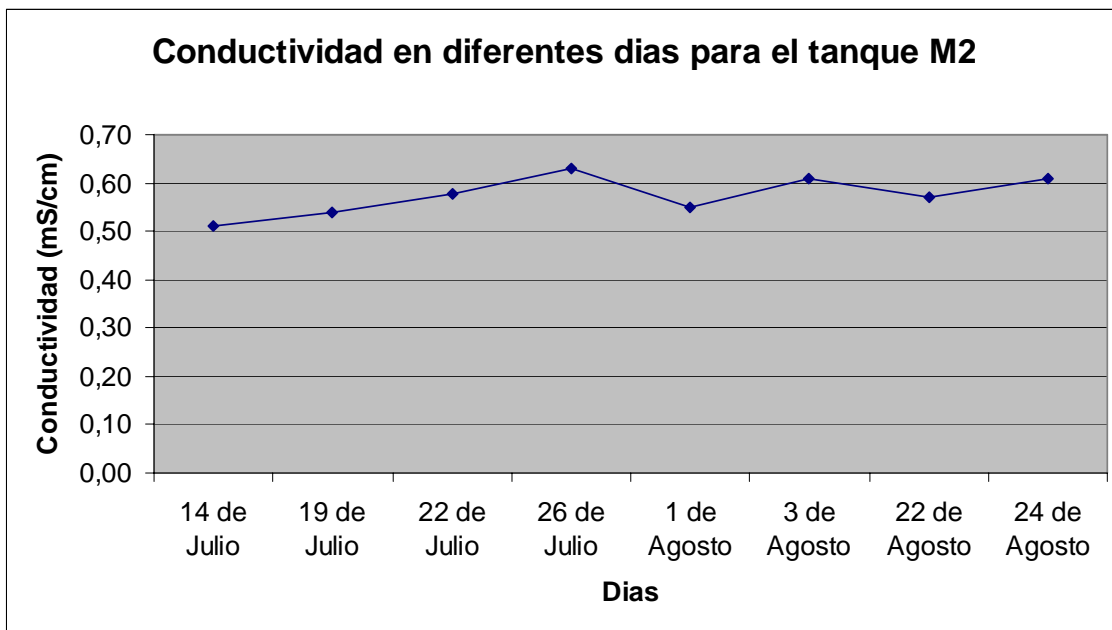


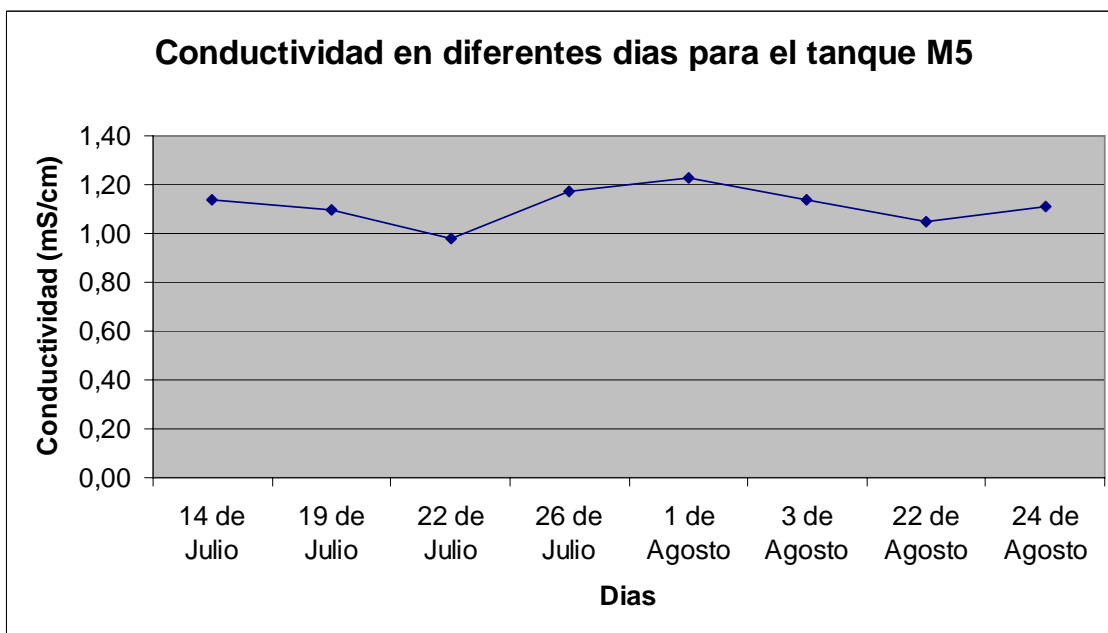
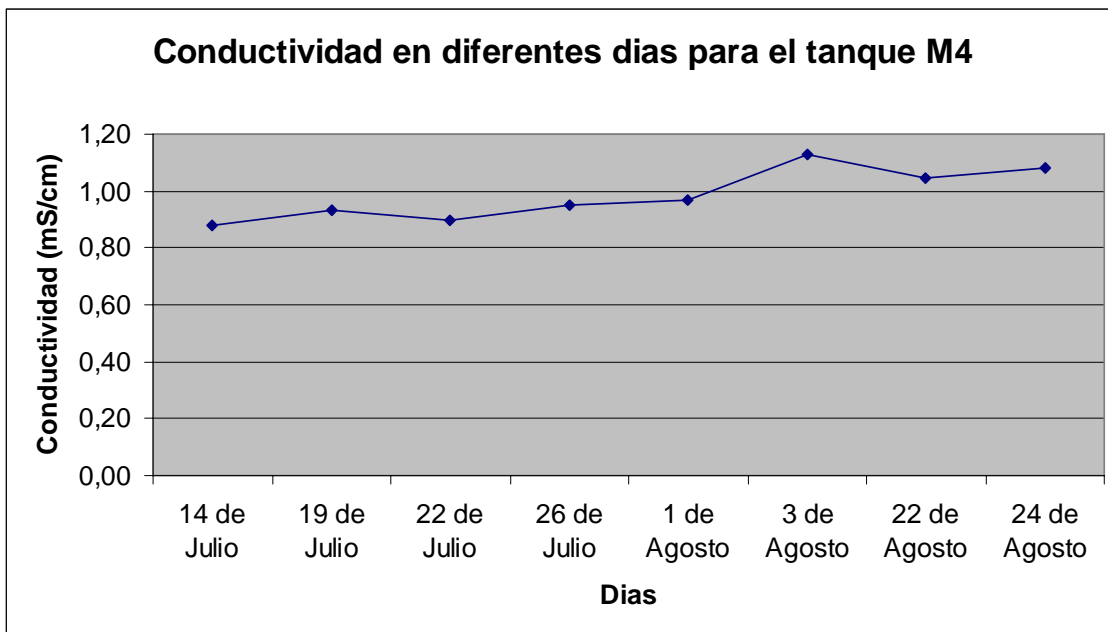


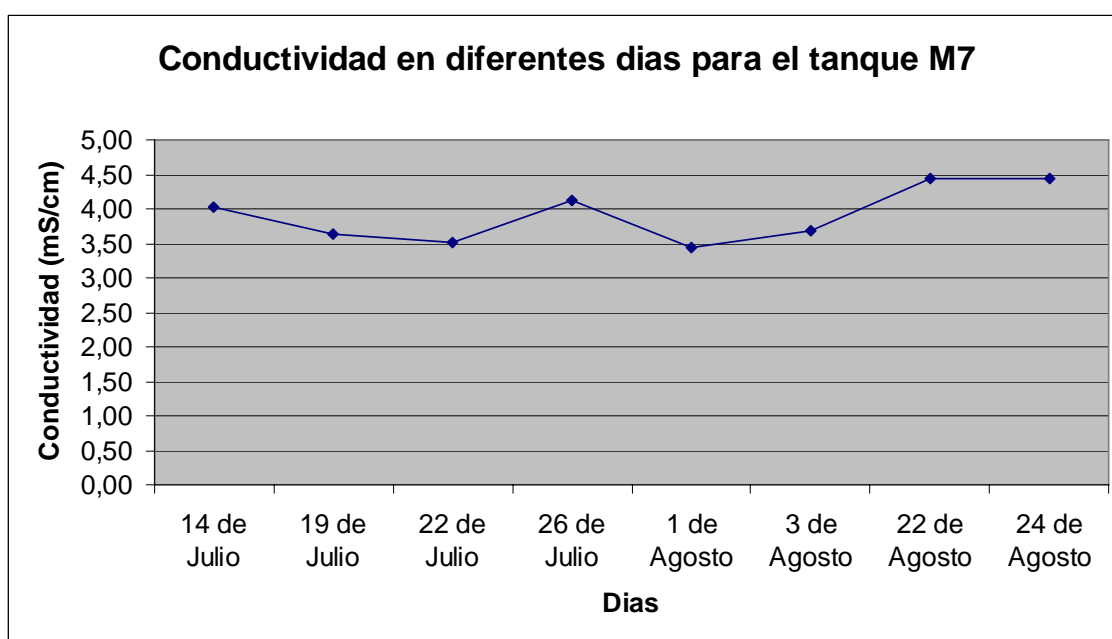
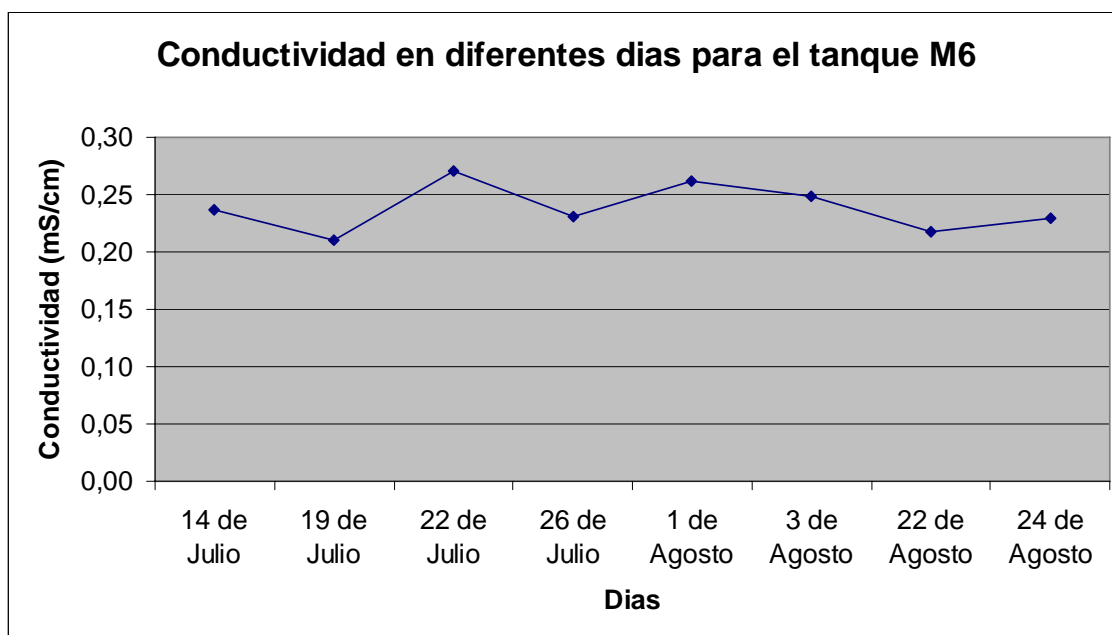


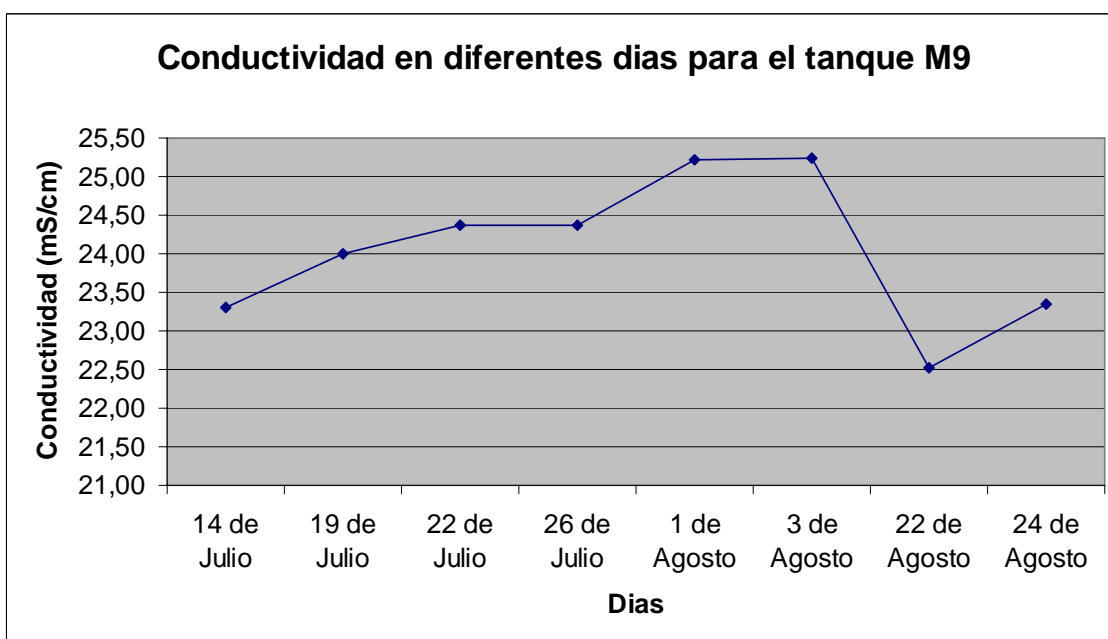
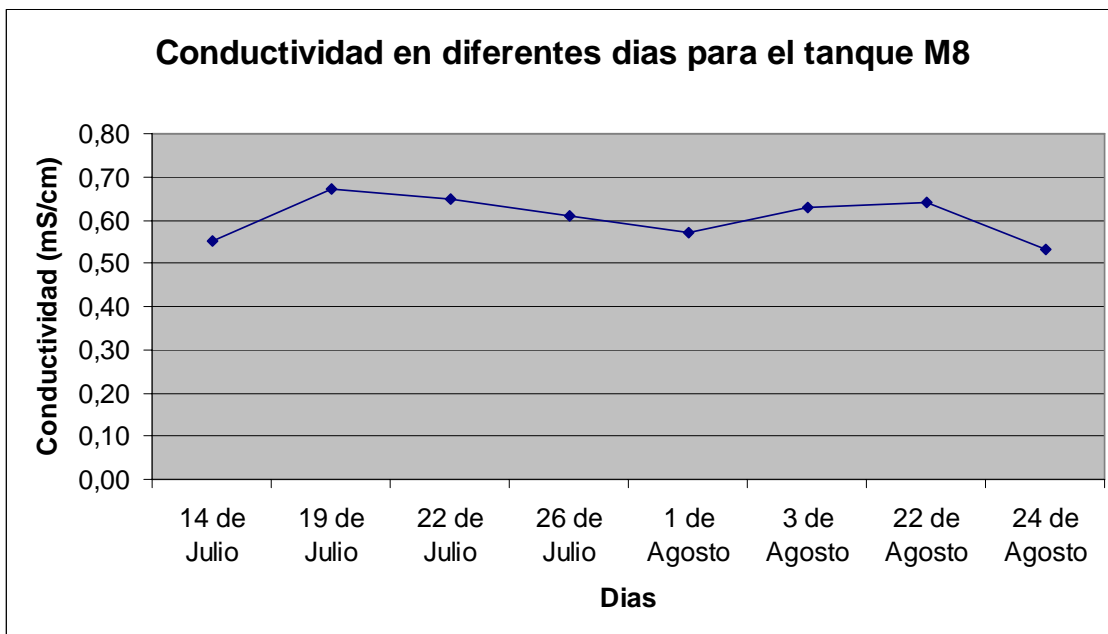
Anexo No.6 Conductividad para los diferentes enjuagues.

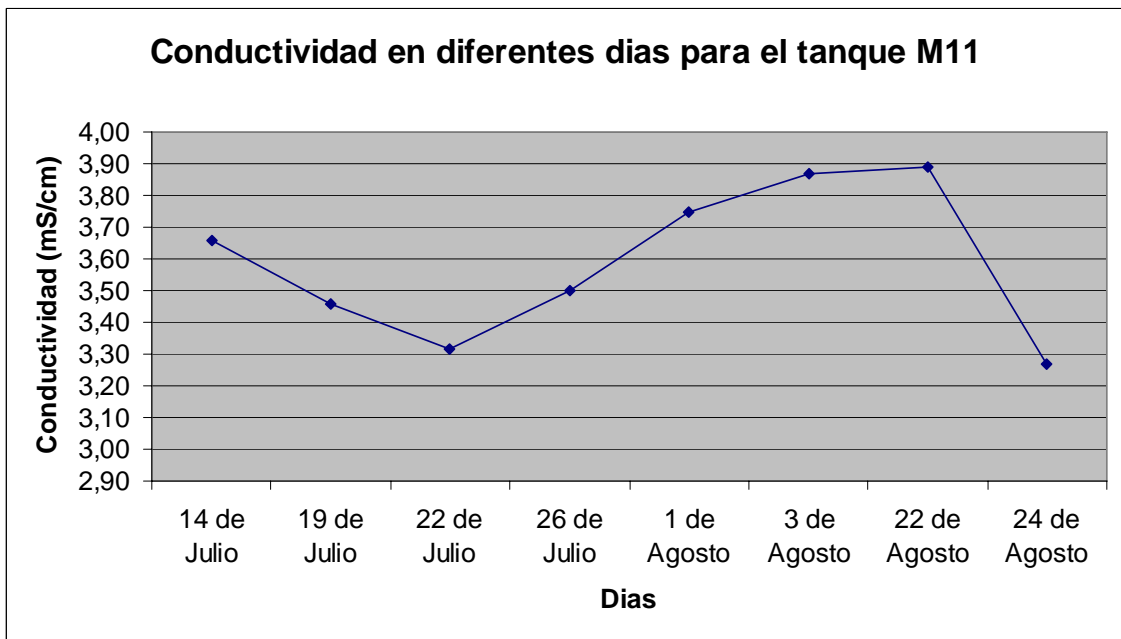
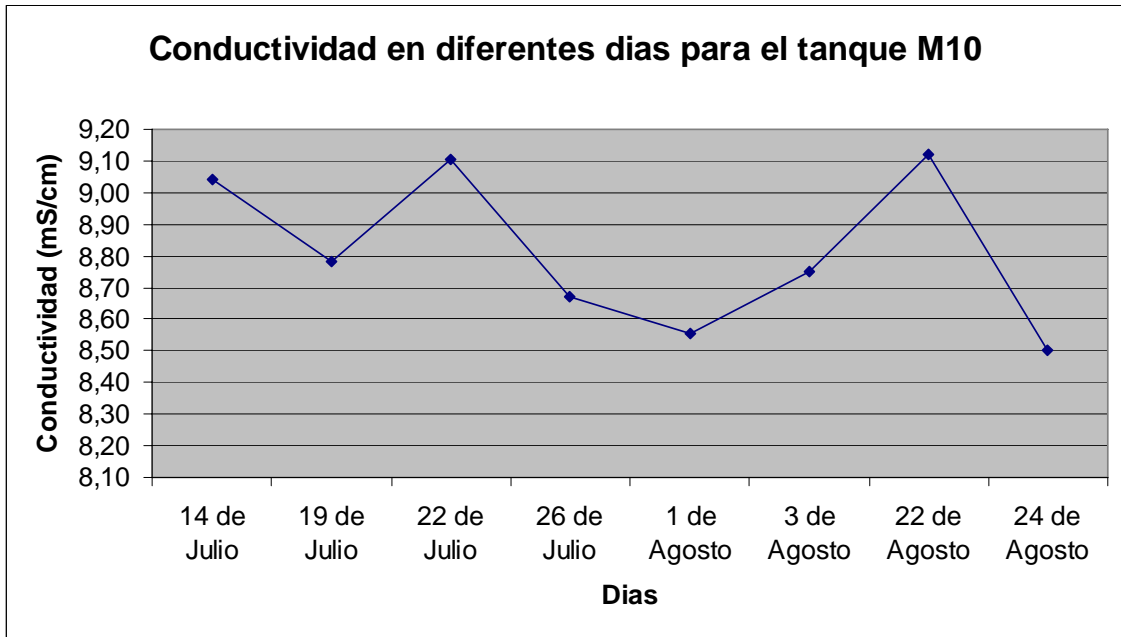




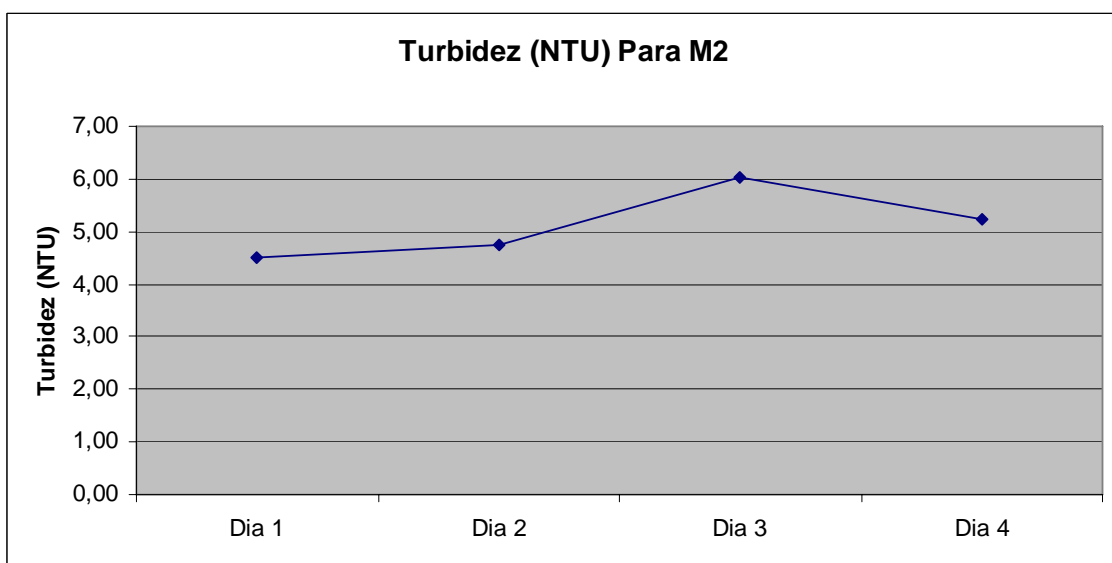
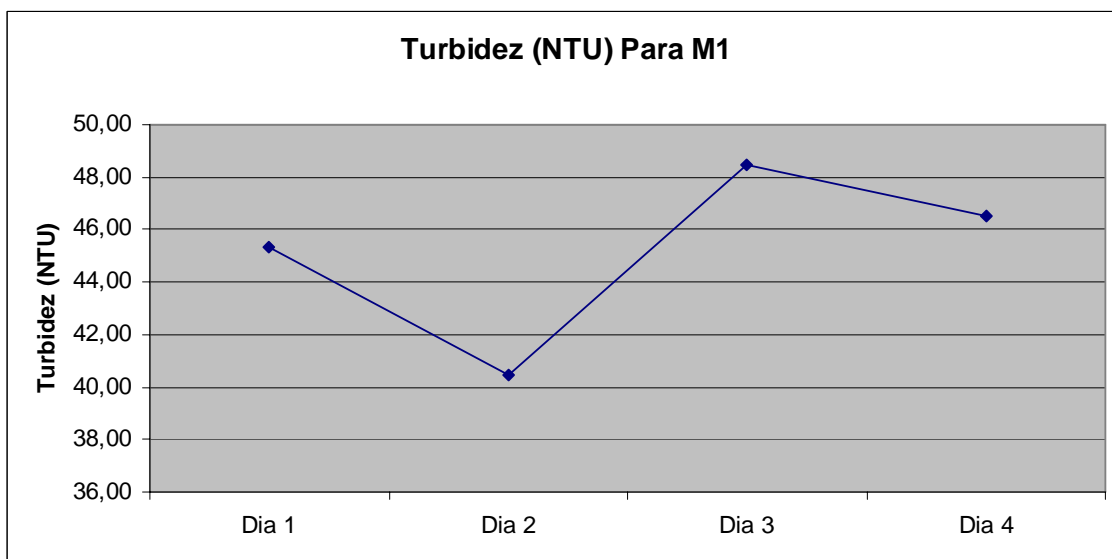
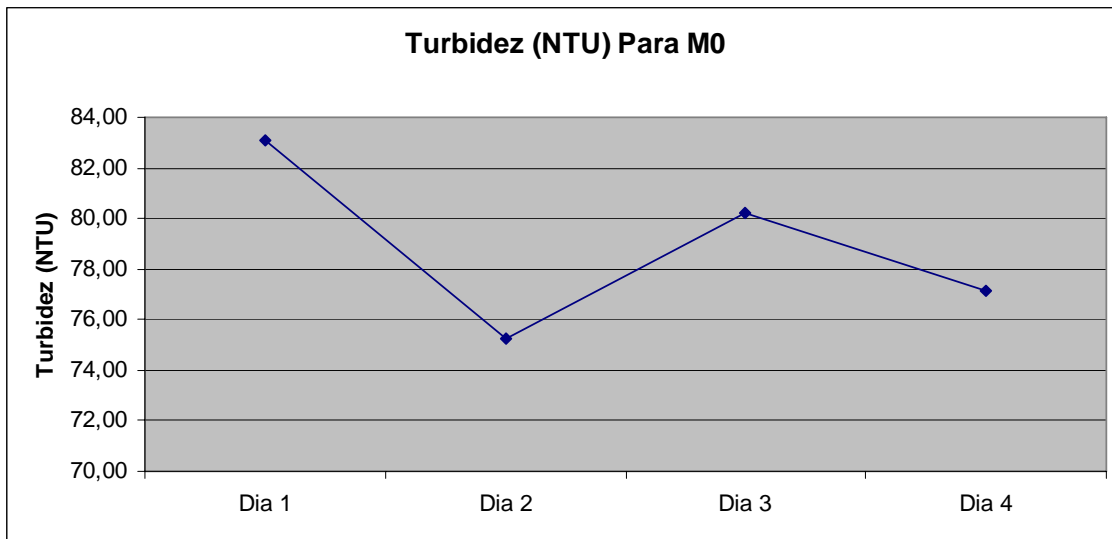


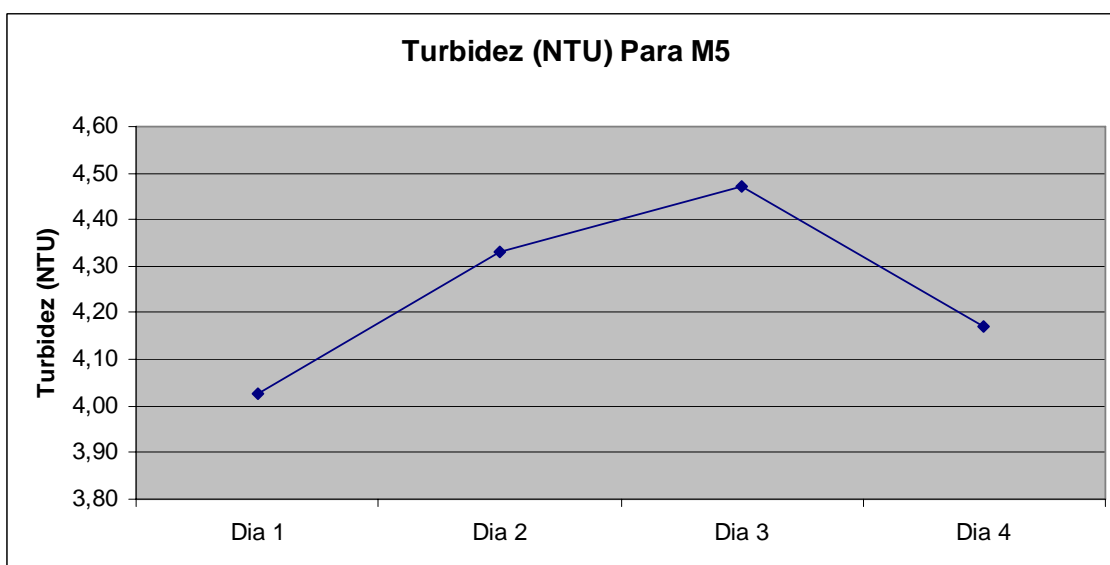
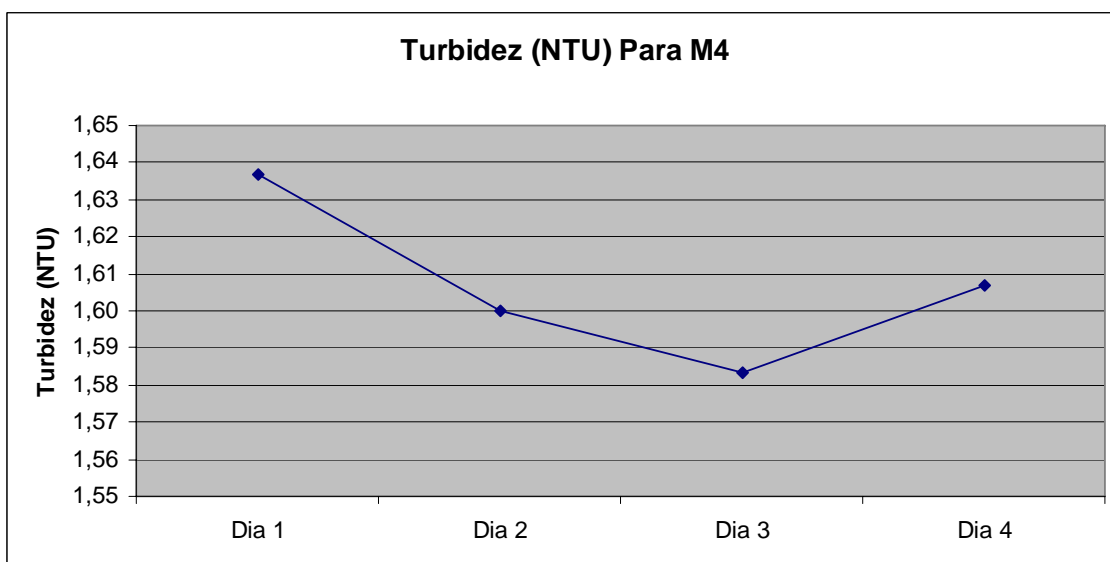
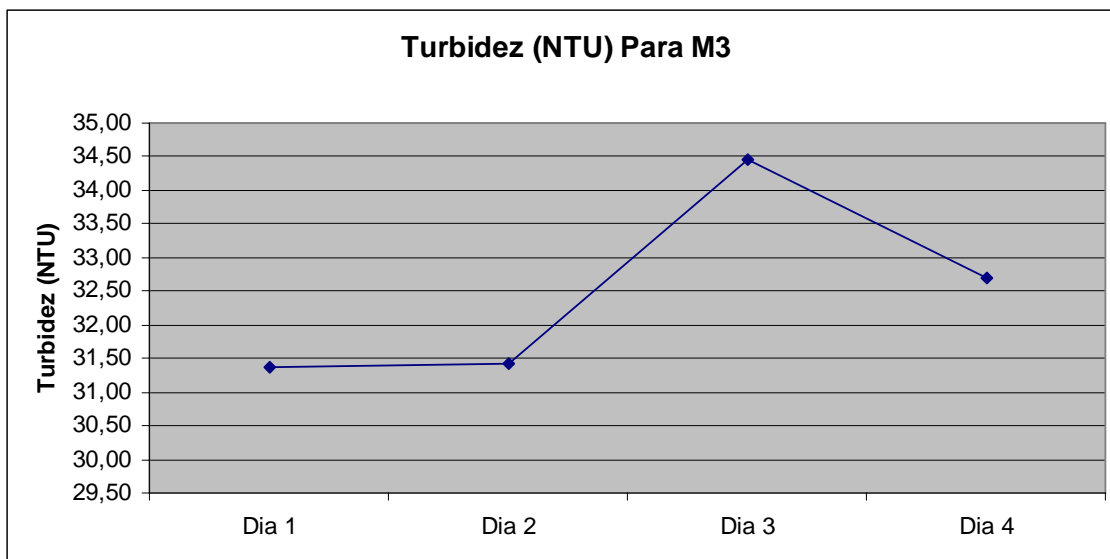


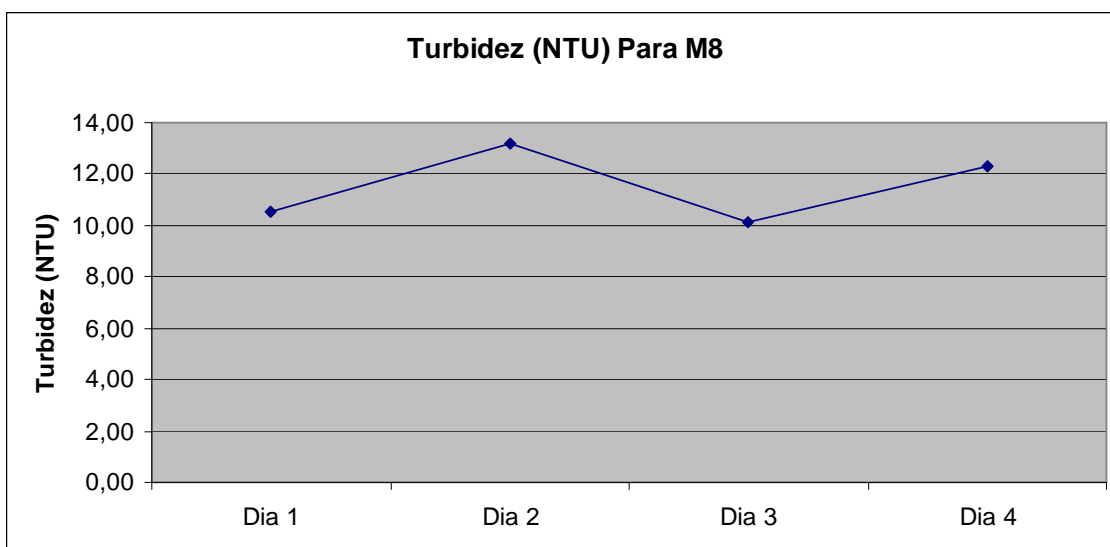
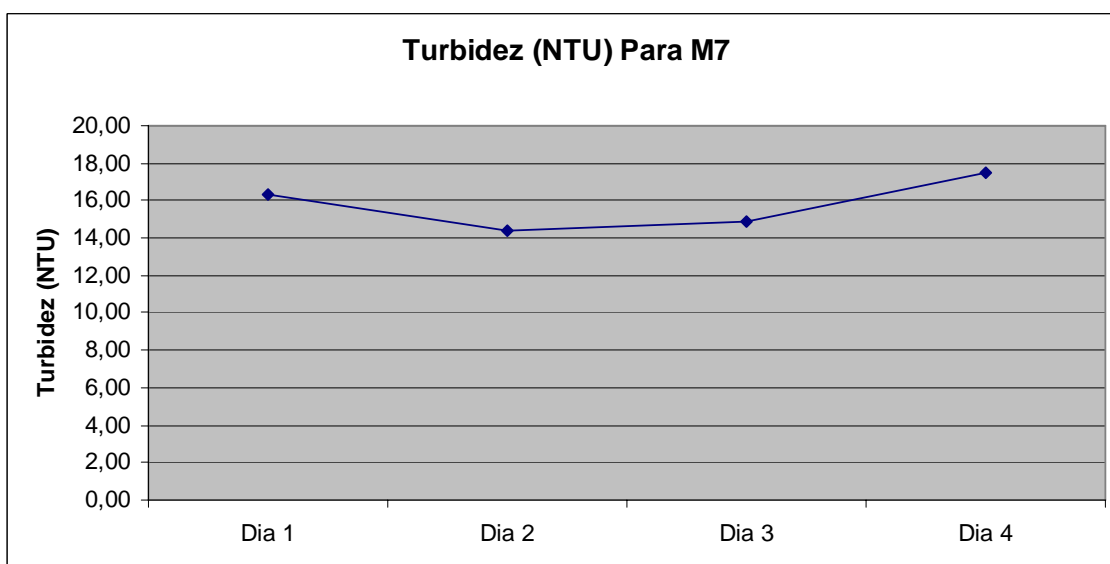
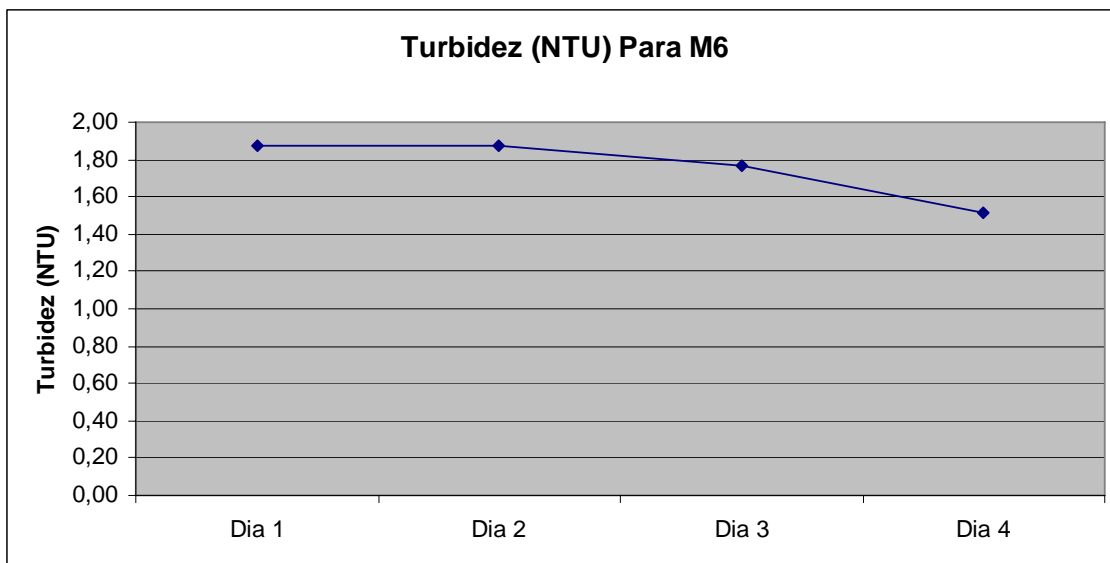


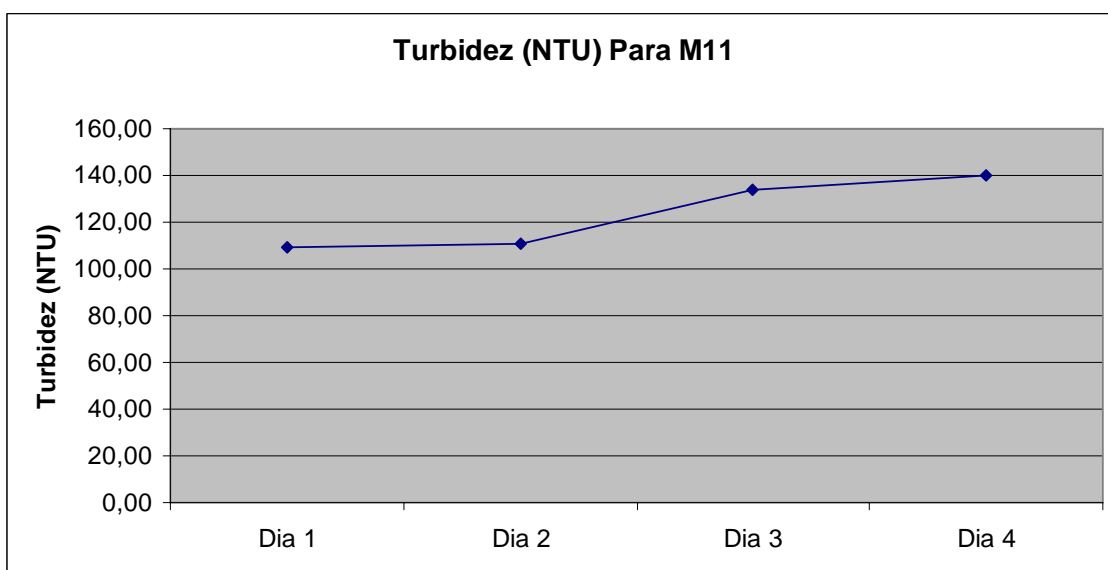
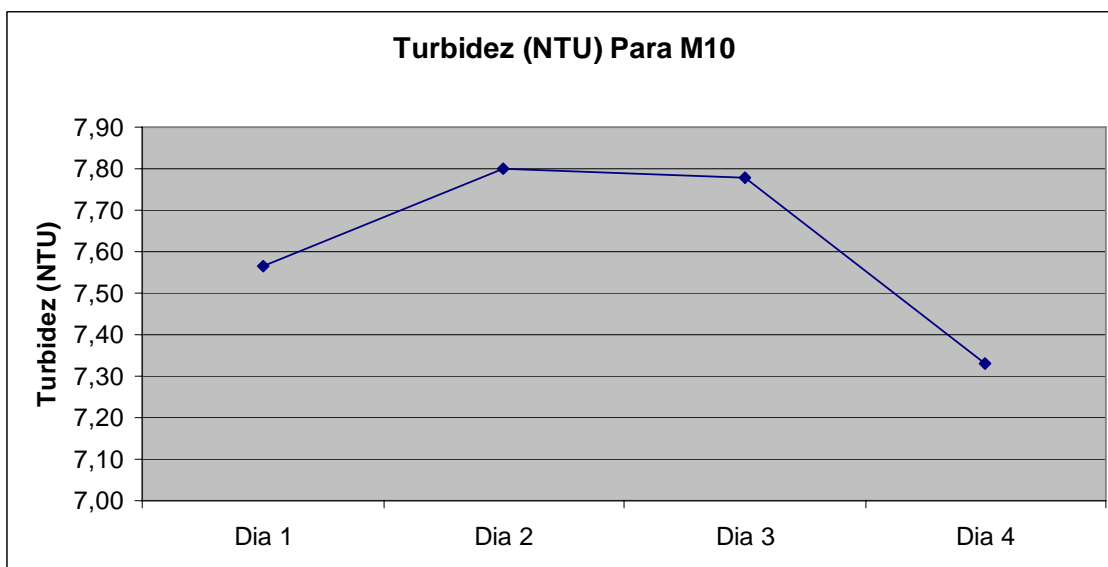
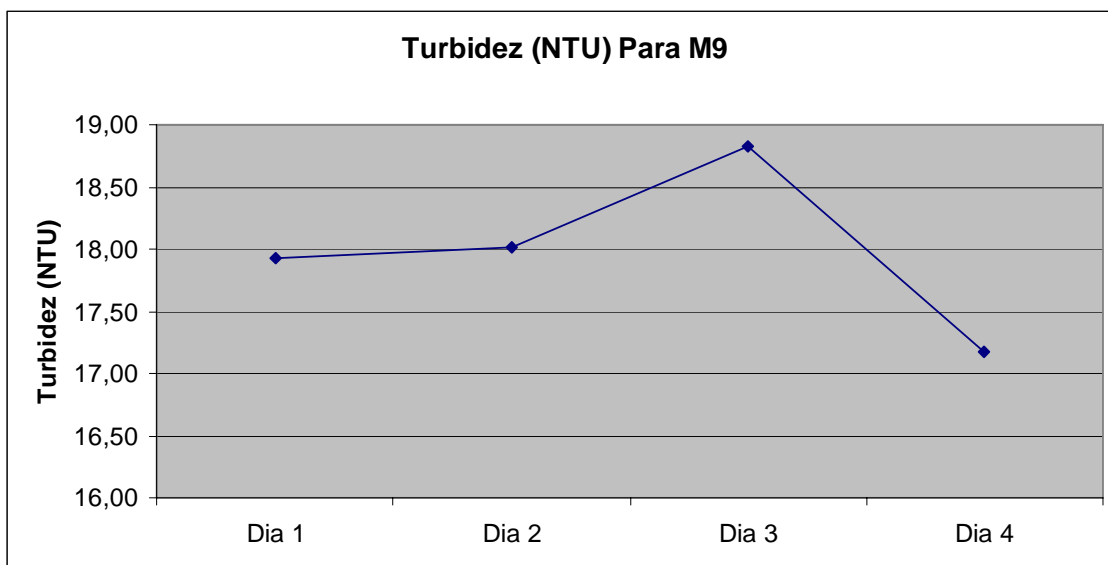


Anexo No.7 Turbidez para los diferentes enjuagues.

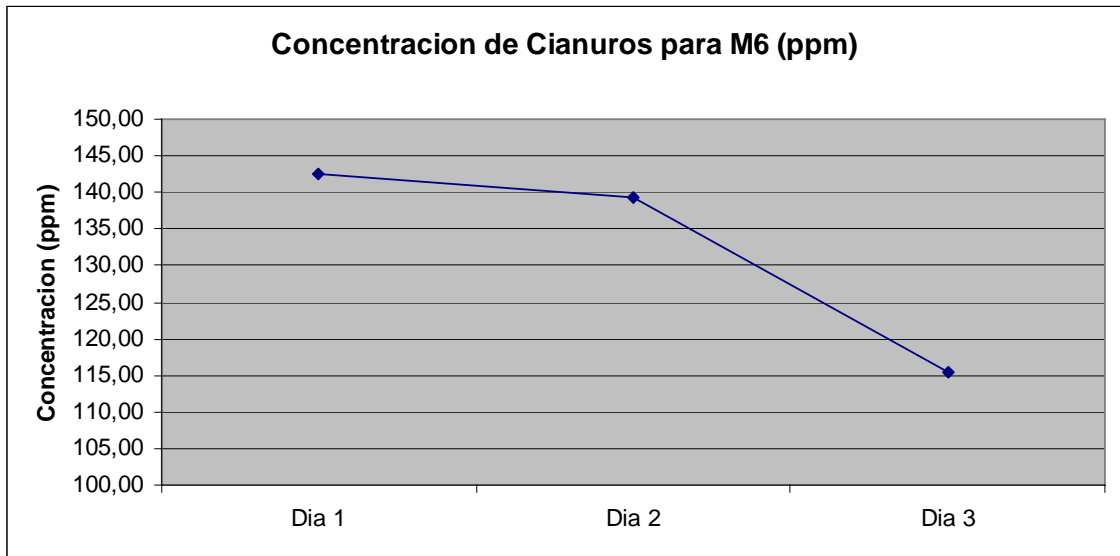
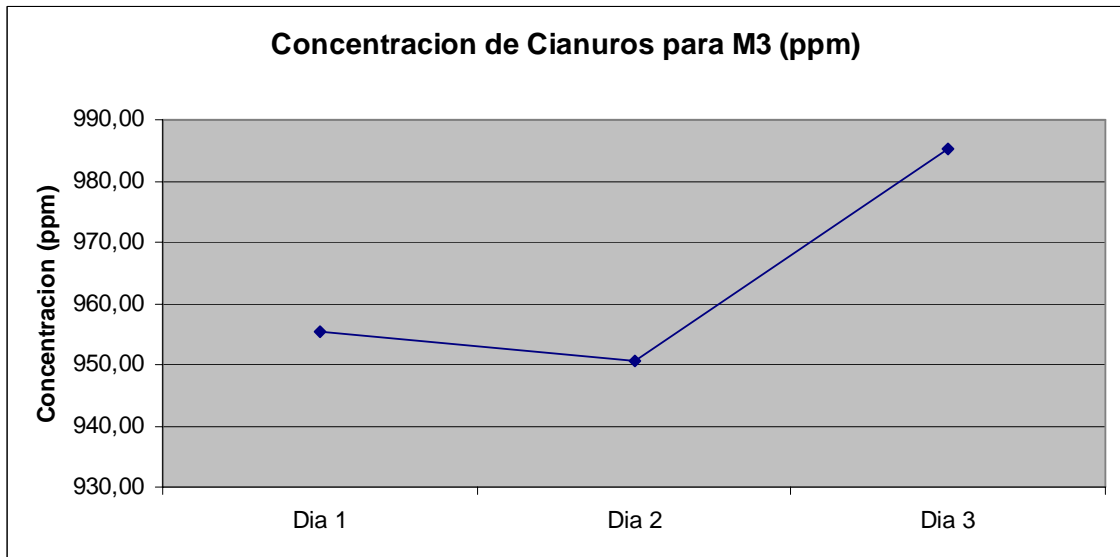
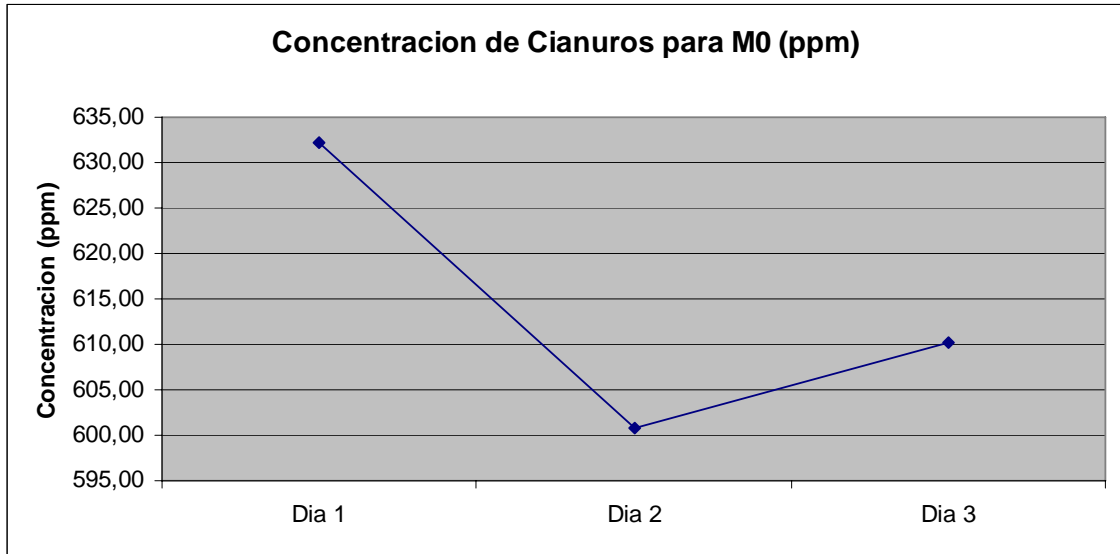


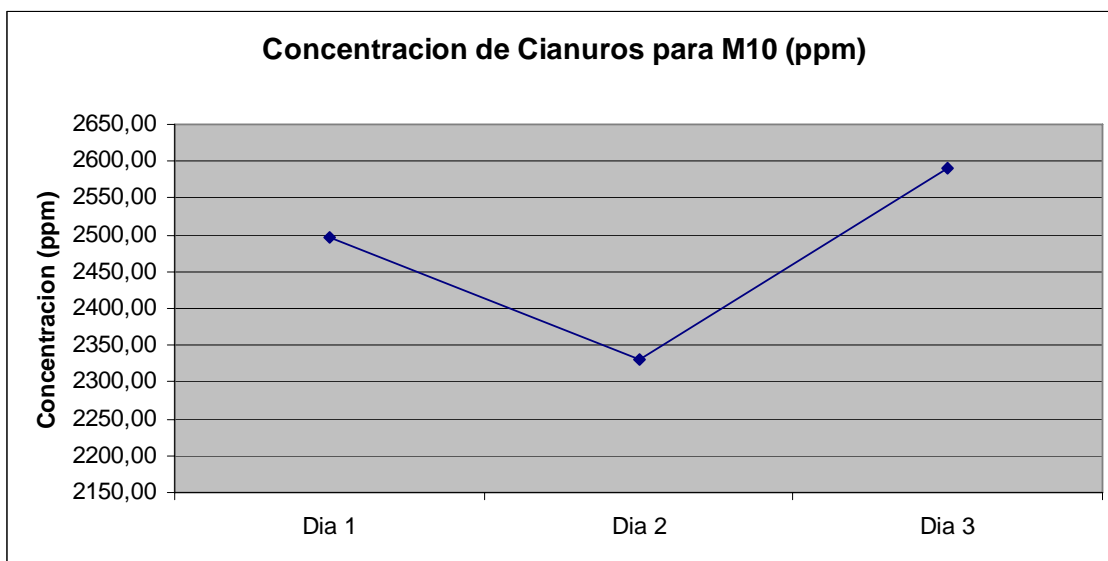






Anexo No.8 Concentración de Cianuros en los enjuagues donde fue detectado.

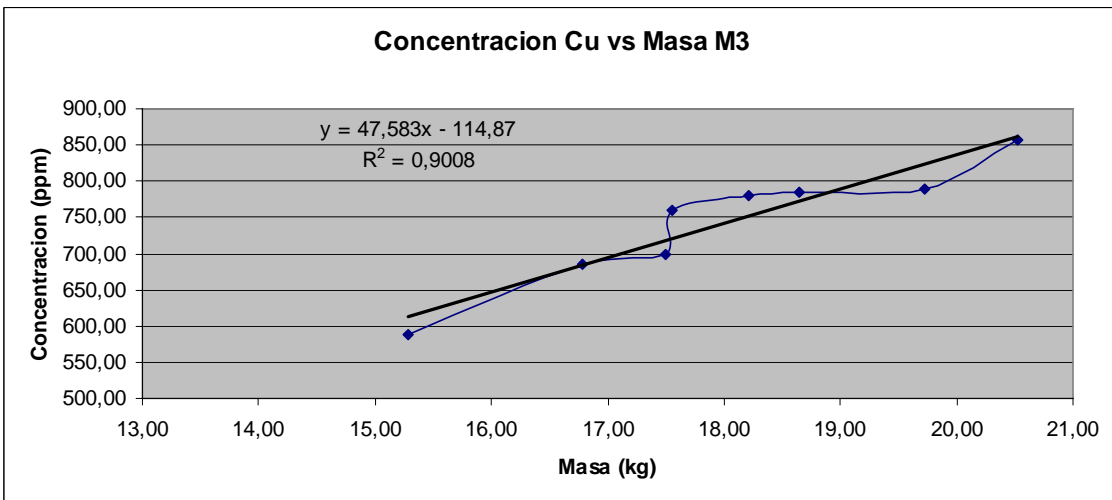
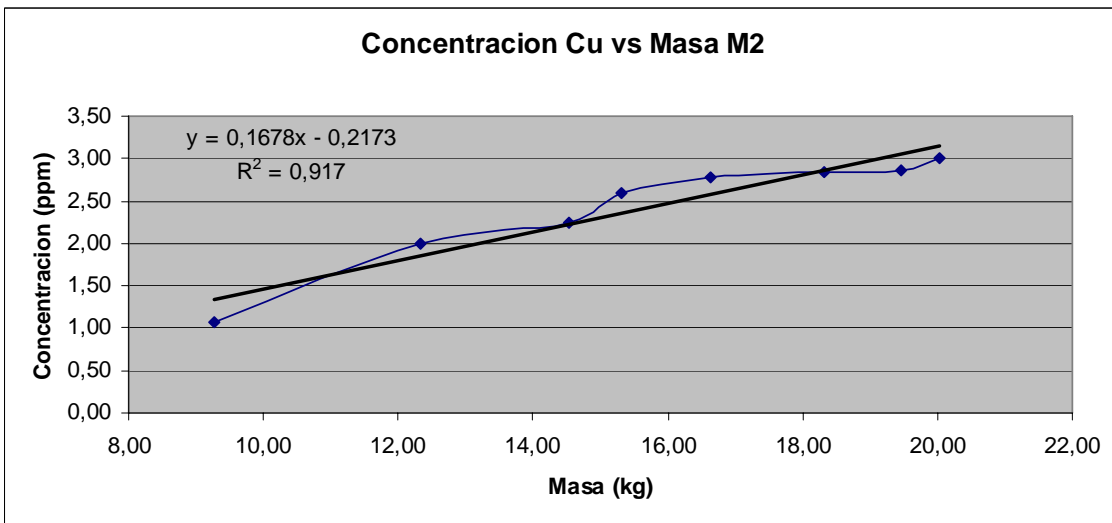
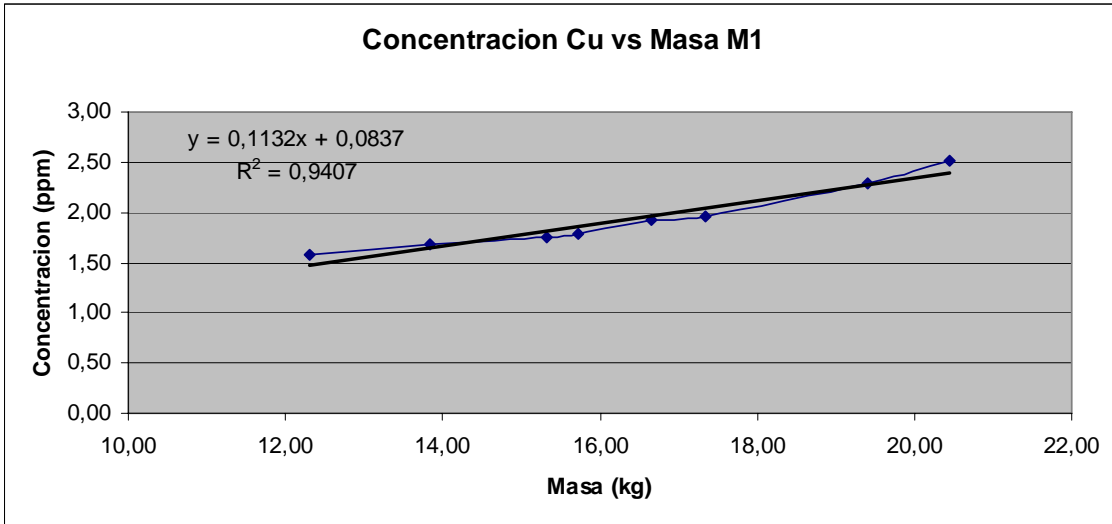


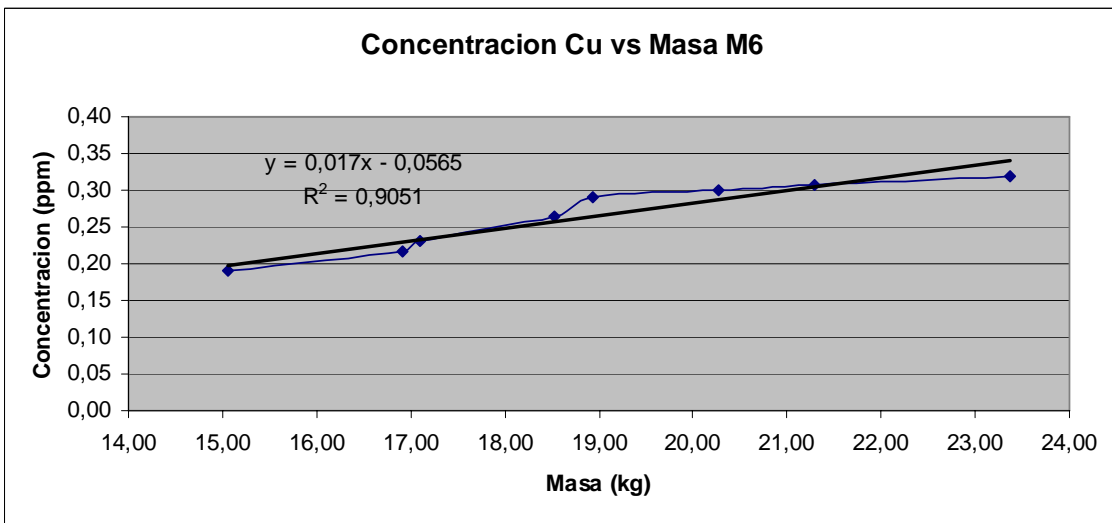
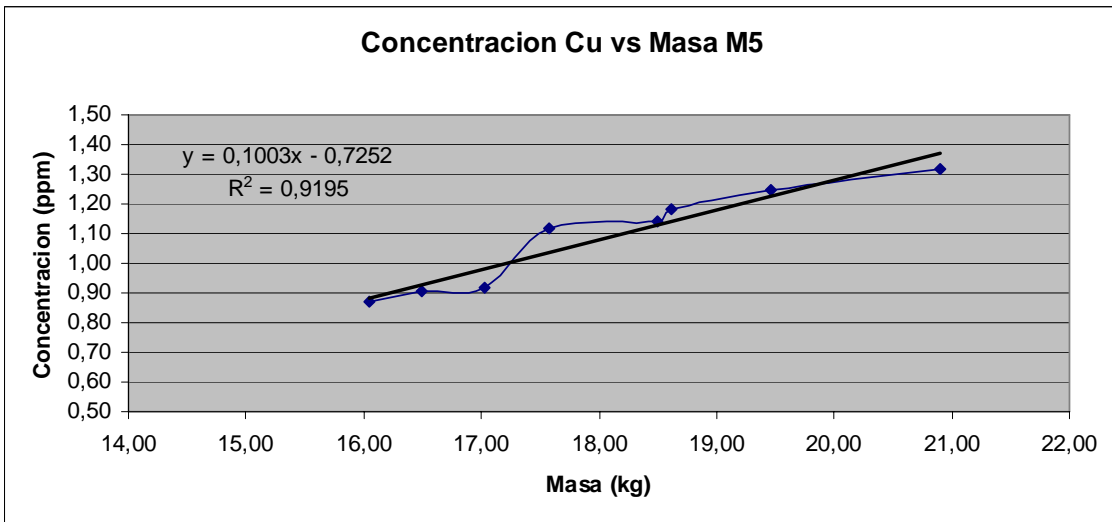
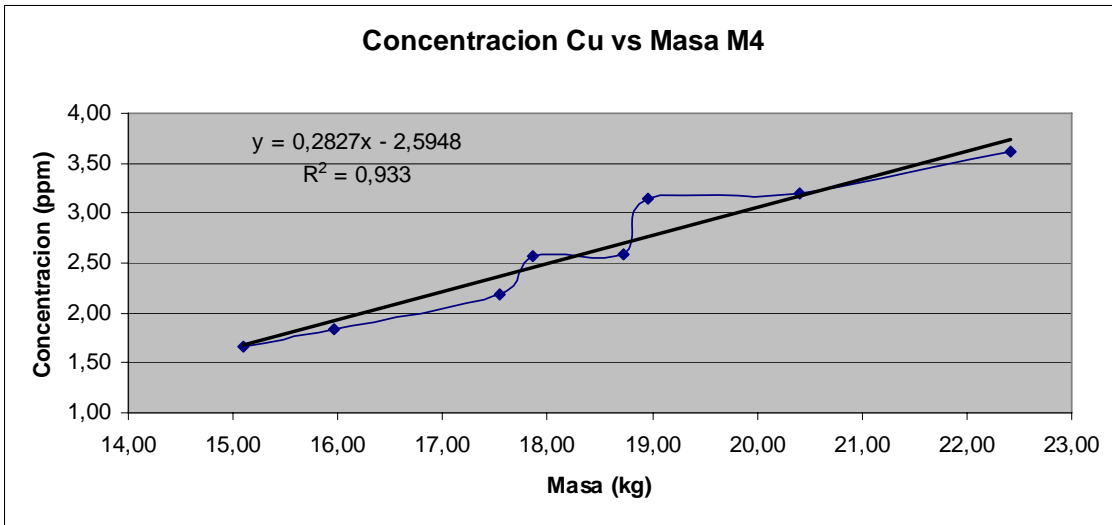


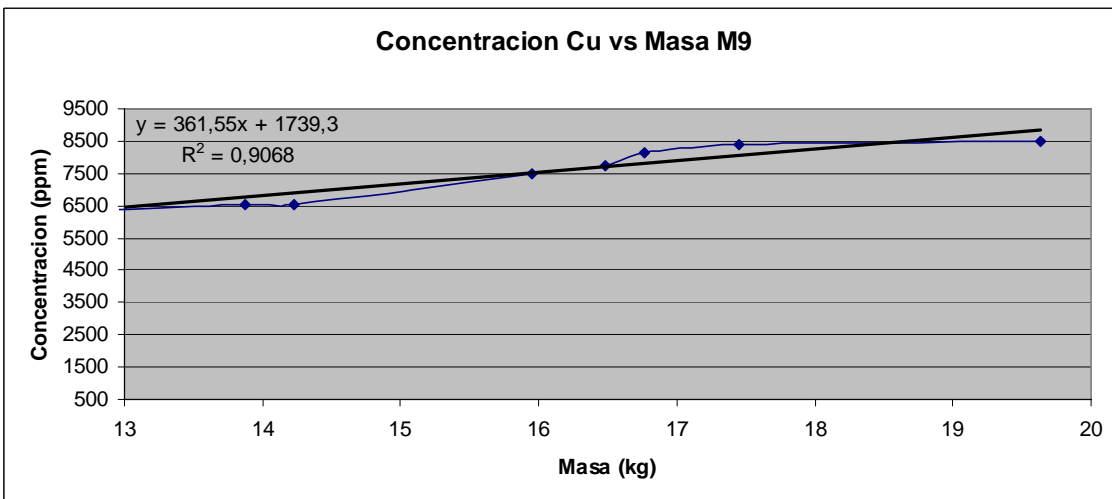
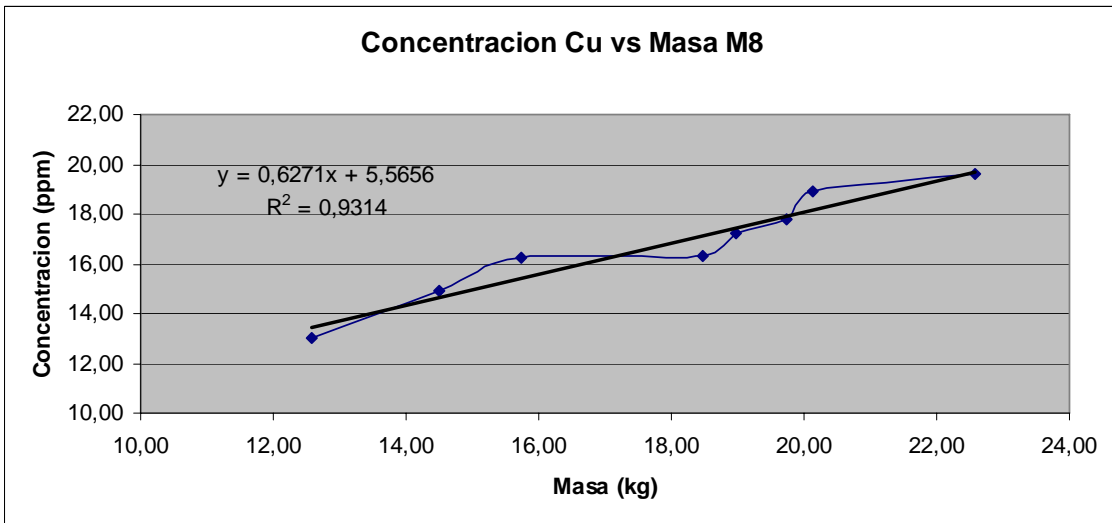
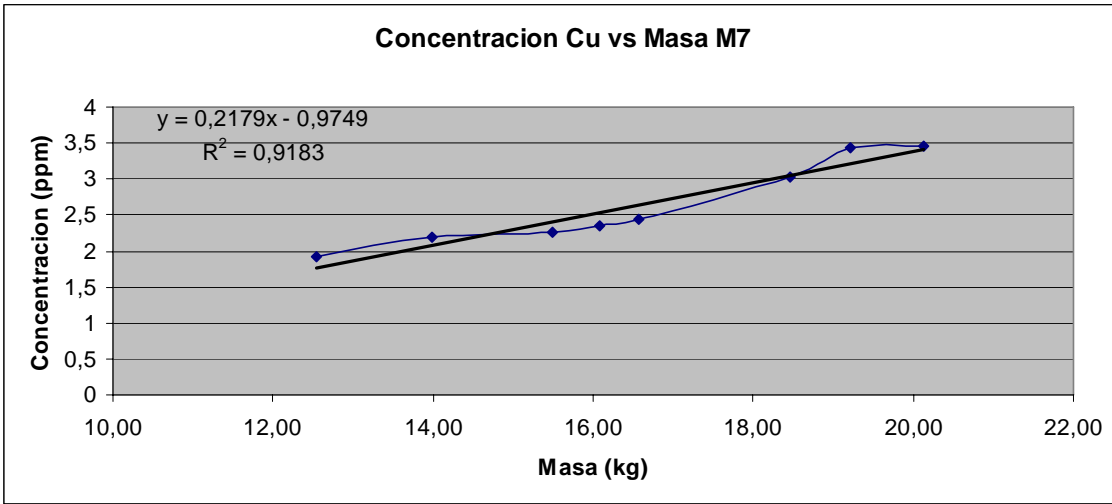
Anexo No.9 Caudales y masas de los diferentes puntos de vertimientos para los diferentes días de muestreo.

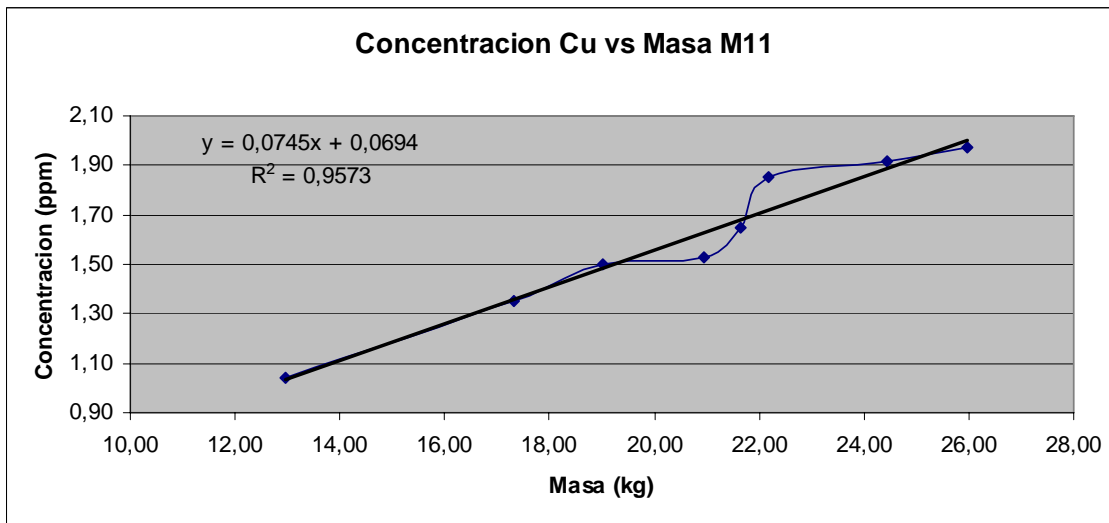
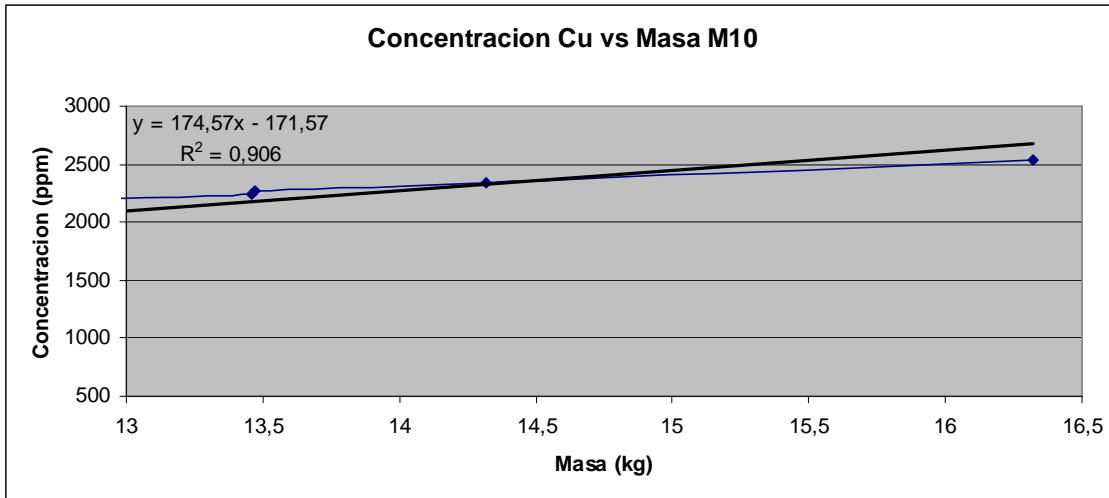
	14 de Julio		19 de Julio		22 de Julio		26 de Julio		1 de Agosto		3 de Agosto		22 de Agosto		24 de Agosto	
Punto de Muestra	Promedio Caudales (ml/s)	Promedio Carga (kg)	Promedio Caudales (ml/s)	Promedio Carga (kg)	Promedio Caudales (ml/s)	Promedio Carga (kg)	Promedio Caudales (ml/s)	Promedio Carga (kg)	Promedio Caudales (ml/s)	Promedio Carga (kg)	Promedio Caudales (ml/s)	Promedio Carga (kg)	Promedio Caudales (ml/s)	Promedio Carga (kg)	Promedio Caudales (ml/s)	Promedio Carga (kg)
M1	320,82	20,45	285,15	15,73	300,67	17,35	264,74	12,30	290,87	16,65	311,20	19,40	280,22	15,32	265,48	13,83
M2	277,20	18,31	158,48	9,27	247,20	15,32	301,26	20,04	247,50	16,63	203,65	14,53	281,47	19,45	195,66	12,34
M3	182,15	17,55	201,27	19,73	163,56	15,28	180,62	17,50	207,03	20,53	190,84	18,64	185,25	18,22	173,92	16,78
M4	252,80	20,40	198,93	15,97	247,83	18,96	268,41	22,42	239,39	18,72	193,57	15,09	229,20	17,87	210,58	17,54
M5	327,42	18,61	342,88	19,46	253,14	16,05	273,48	17,03	302,95	18,49	286,14	17,58	271,92	16,50	353,80	20,90
M6	194,66	17,10	228,29	20,27	183,90	16,90	225,33	18,94	235,27	21,29	163,95	15,05	258,32	23,36	204,73	18,52
M7	252,00	15,50	311,32	20,12	289,36	18,46	277,45	16,09	282,74	16,56	210,35	12,55	299,28	19,21	244,09	13,98
M8	260,33	15,74	332,46	20,14	355,00	22,57	300,34	18,98	285,72	18,47	233,38	12,57	250,79	14,50	310,27	19,74
M9	265,89	19,63	240,56	16,77	235,53	16,48	200,14	13,87	156,40	11,96	220,45	14,23	250,32	17,45	227,46	15,96
M10	208,04	11,17	251,00	11,50	481,87	16,32	365,53	14,32	118,00	9,73	180,40	10,65	300,67	13,46	328,15	13,47
M11	328,67	21,64	247,49	17,33	273,28	19,00	335,48	22,18	368,27	24,45	221,00	12,97	286,92	20,93	410,00	25,97

Anexo No.10 Concentración de Cobre vs Masa para los diferentes enjuagues.

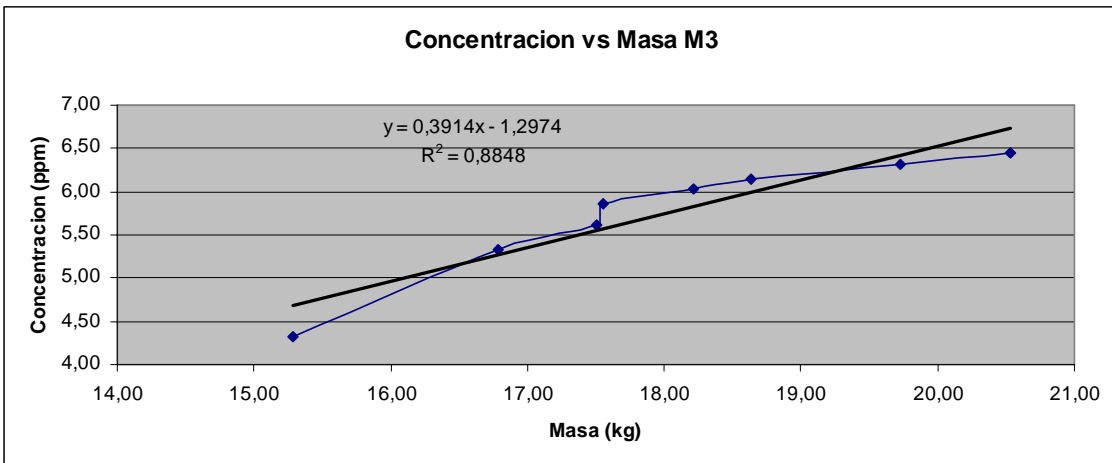
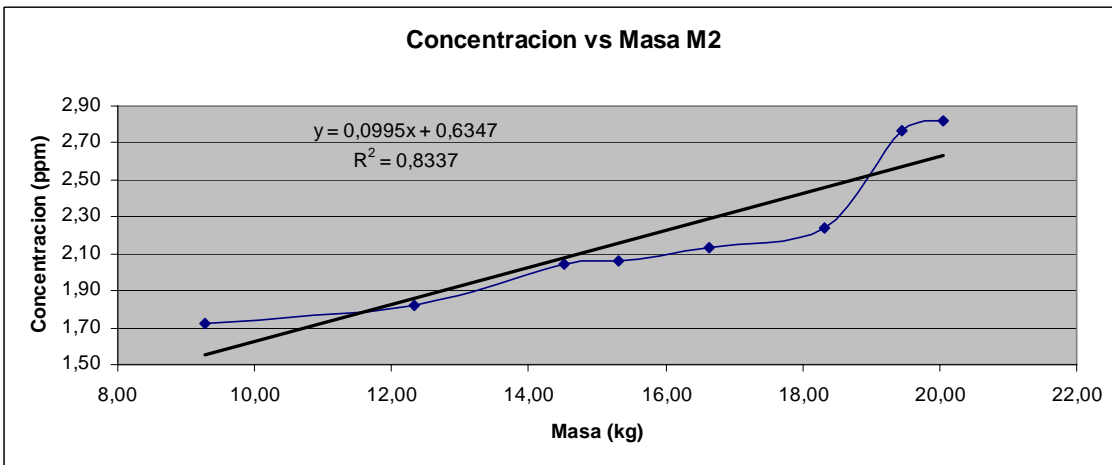
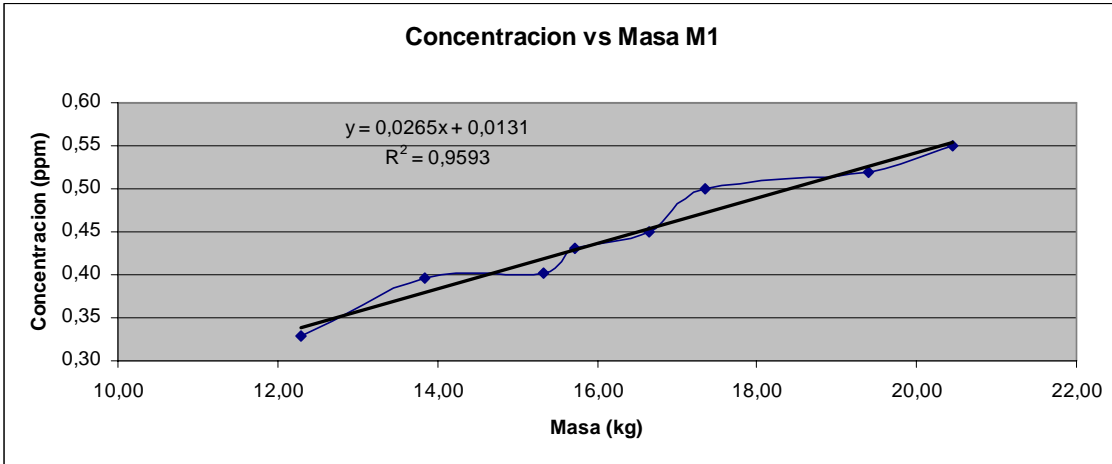


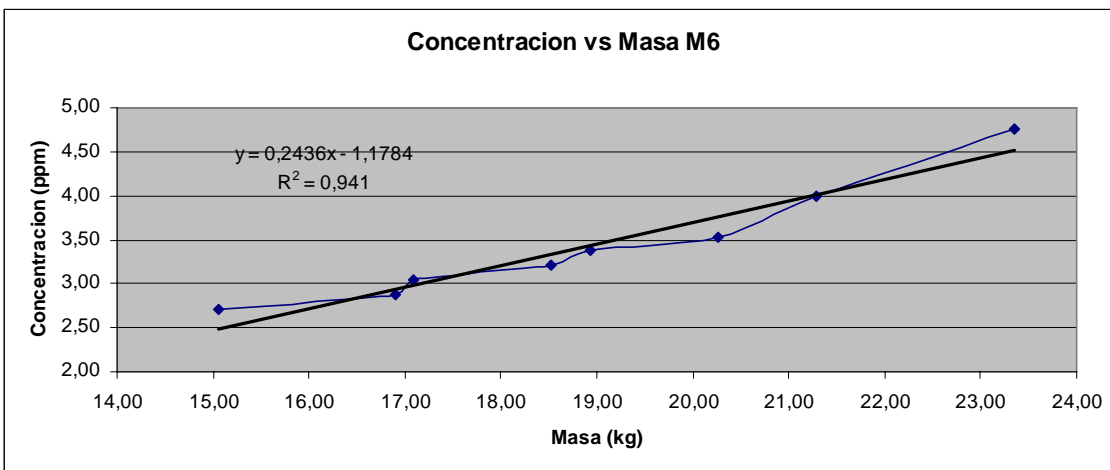
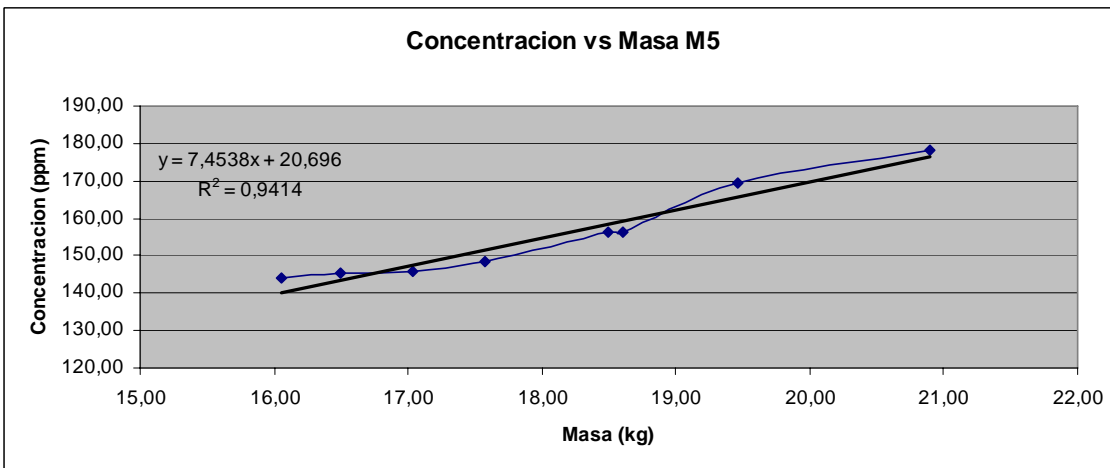
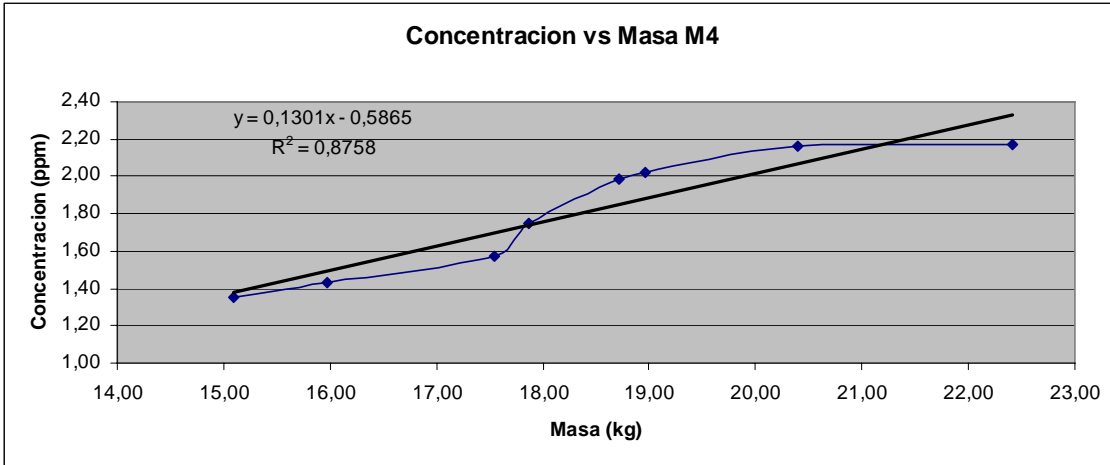


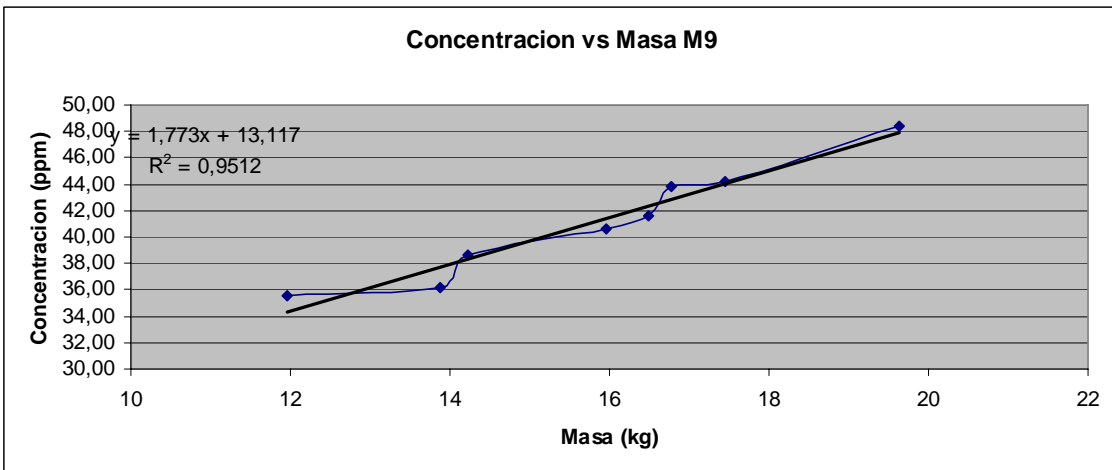
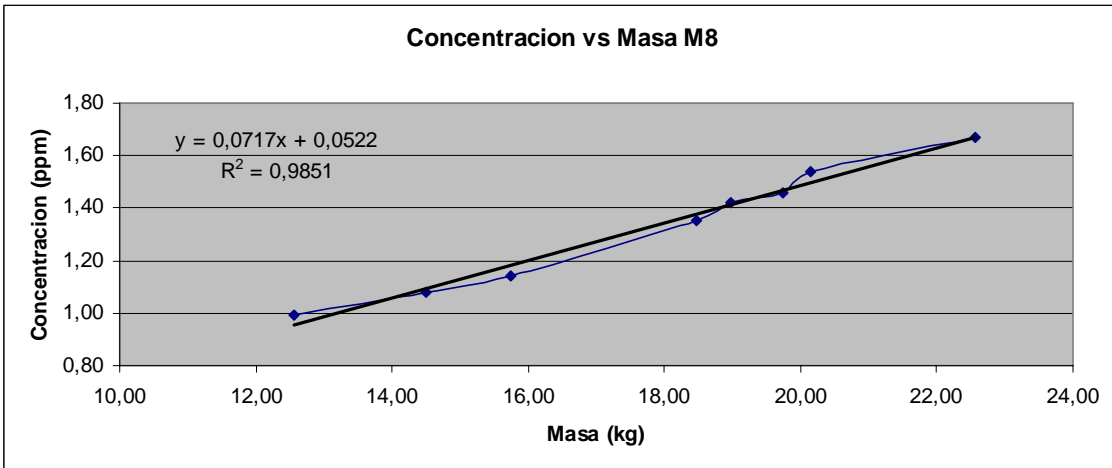
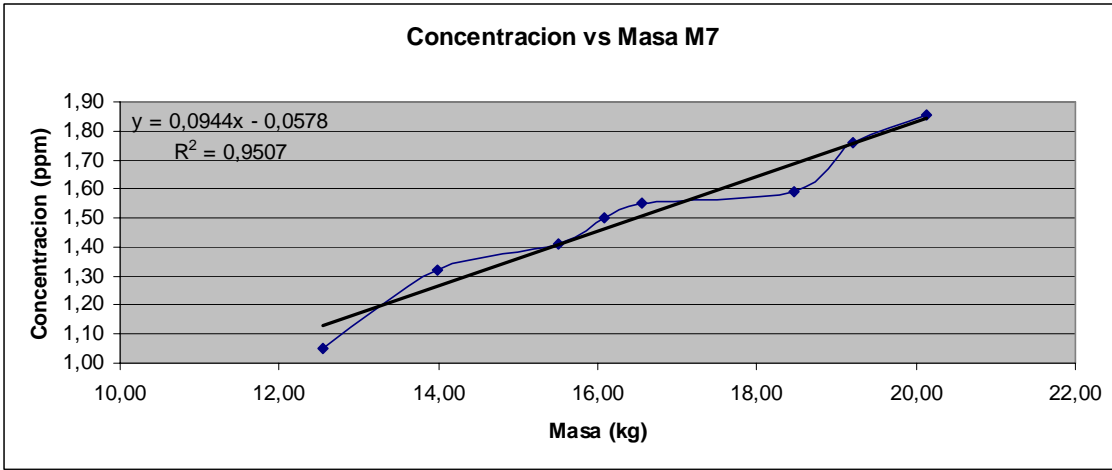


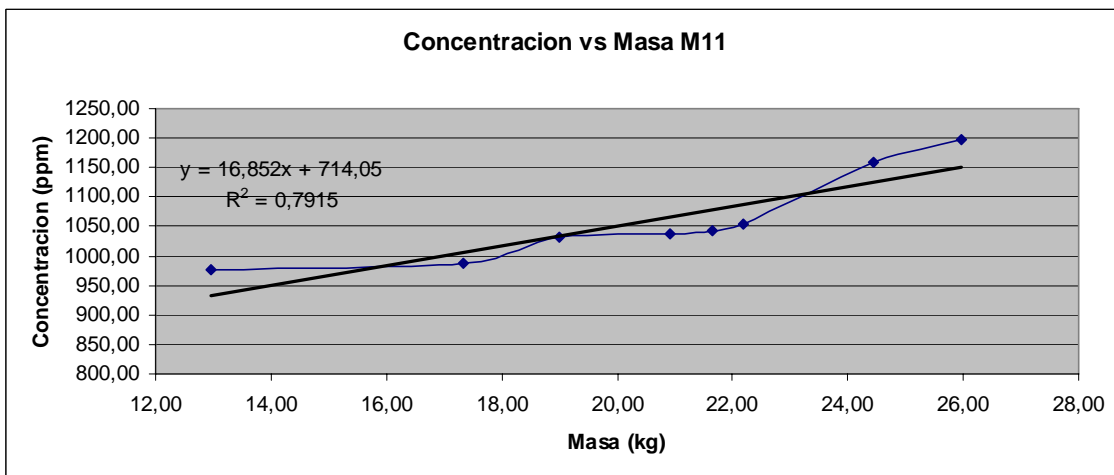
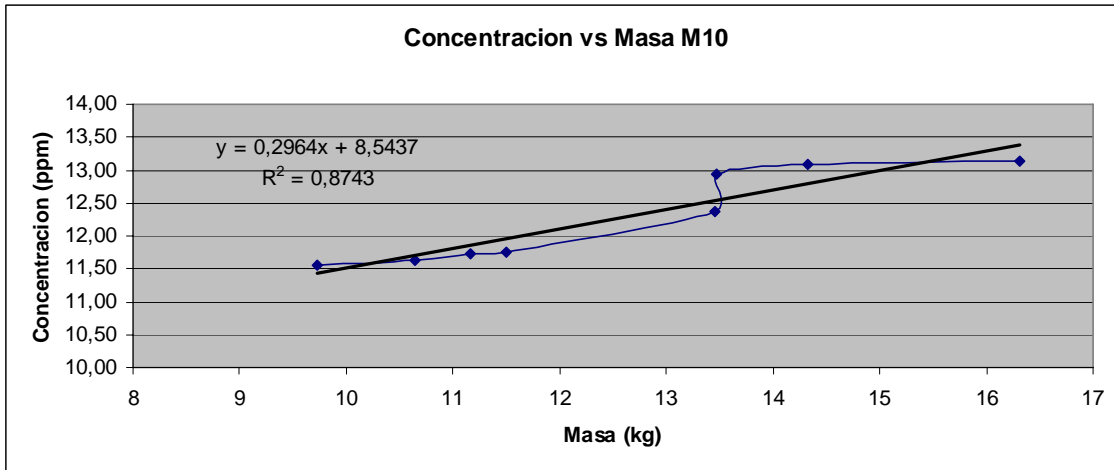


Anexo No.11 Concentración de Níquel vs Masa para los diferentes enjuagues.

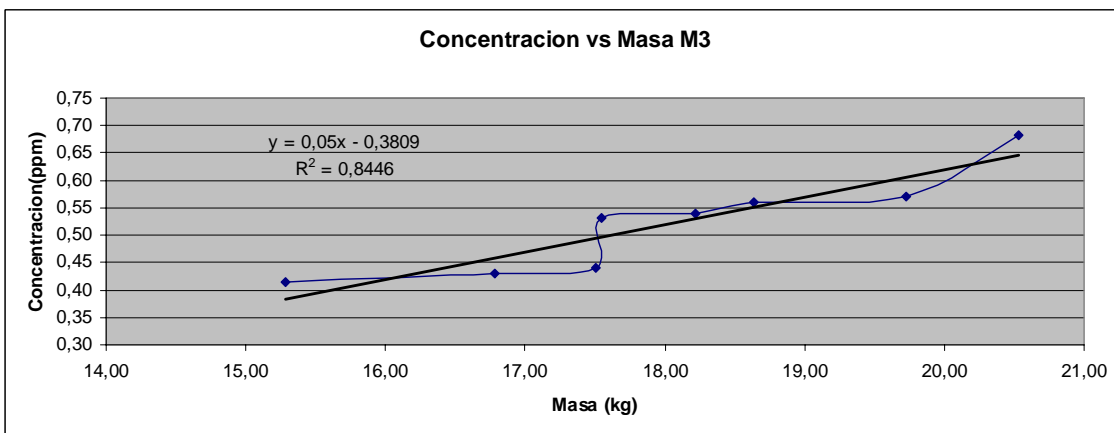
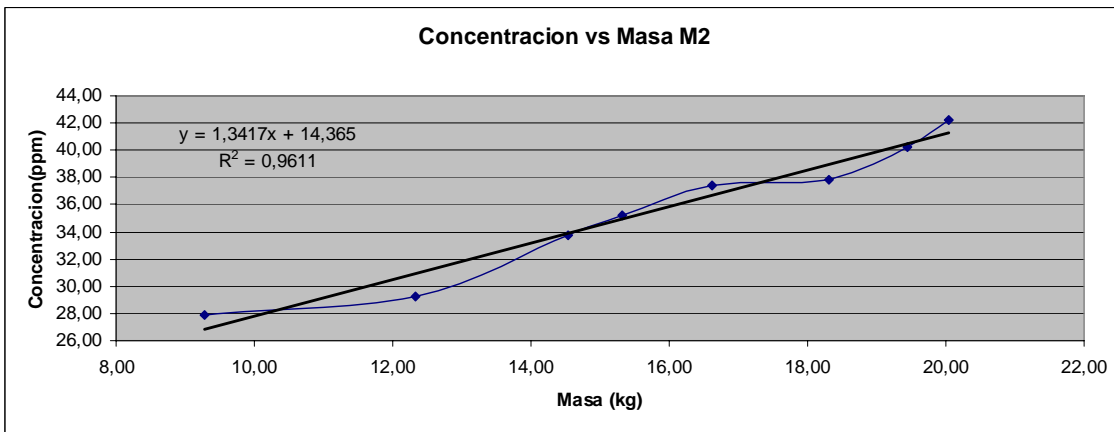
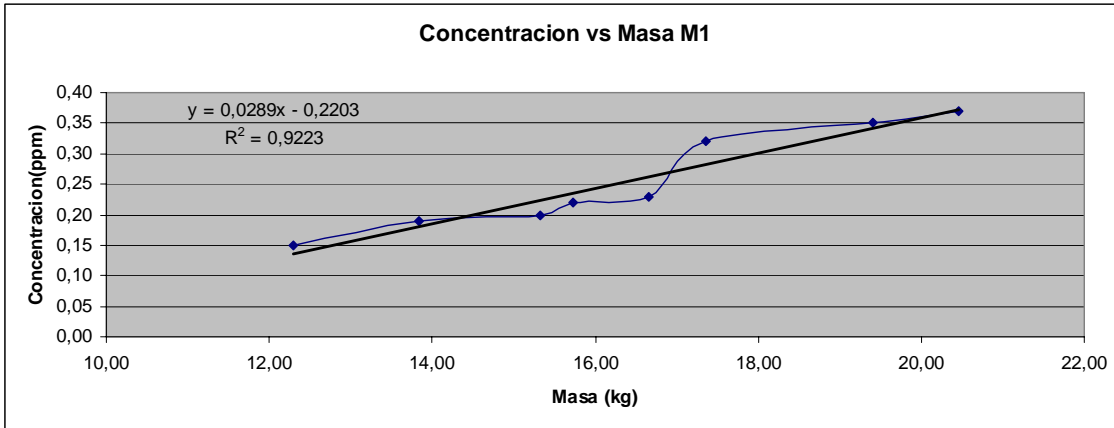


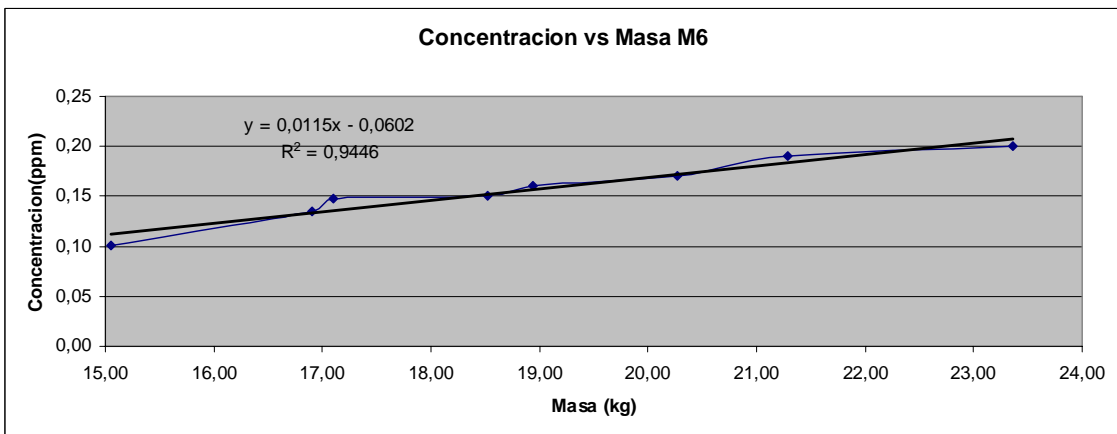
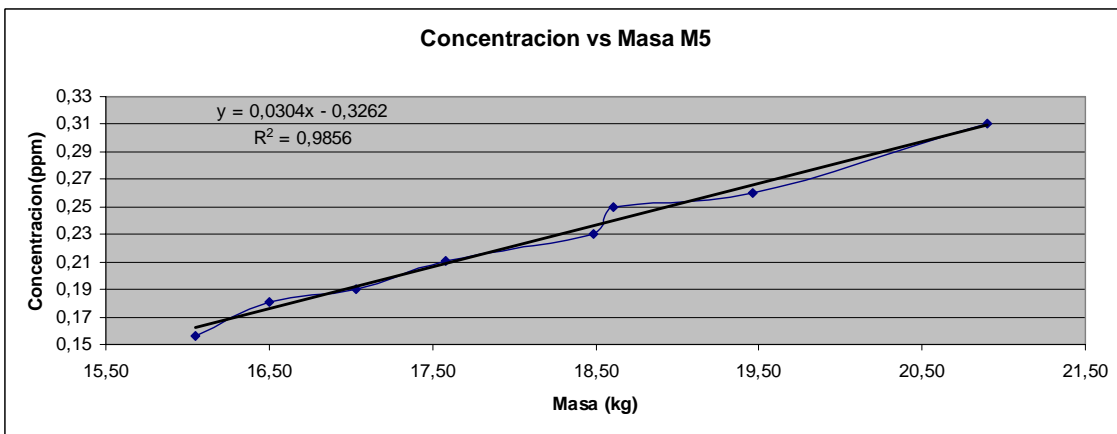
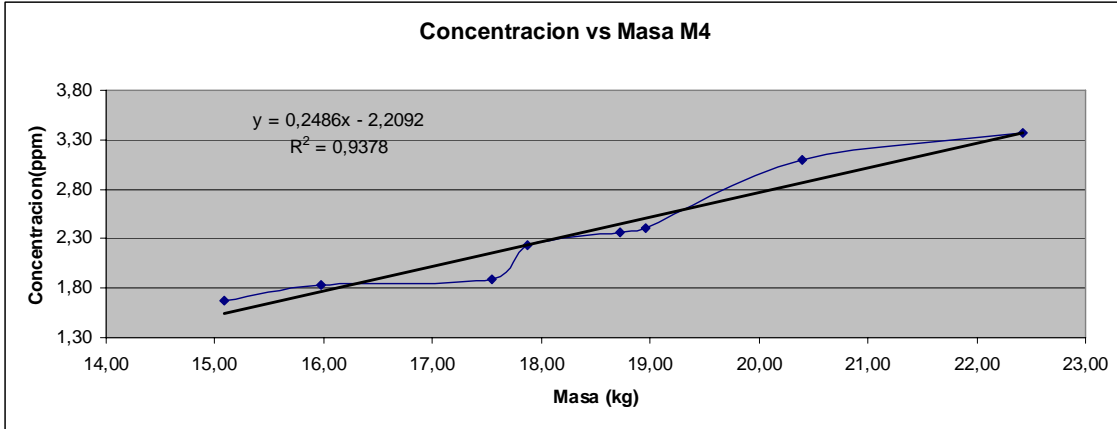


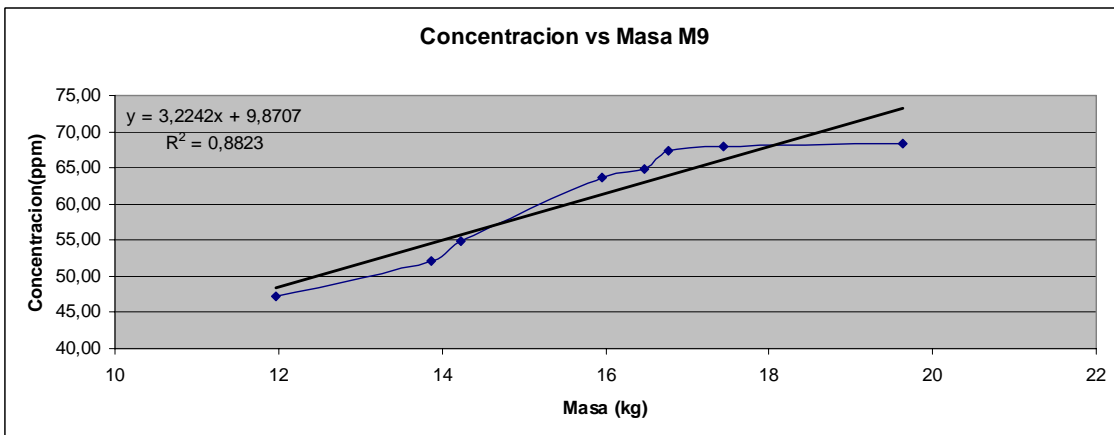
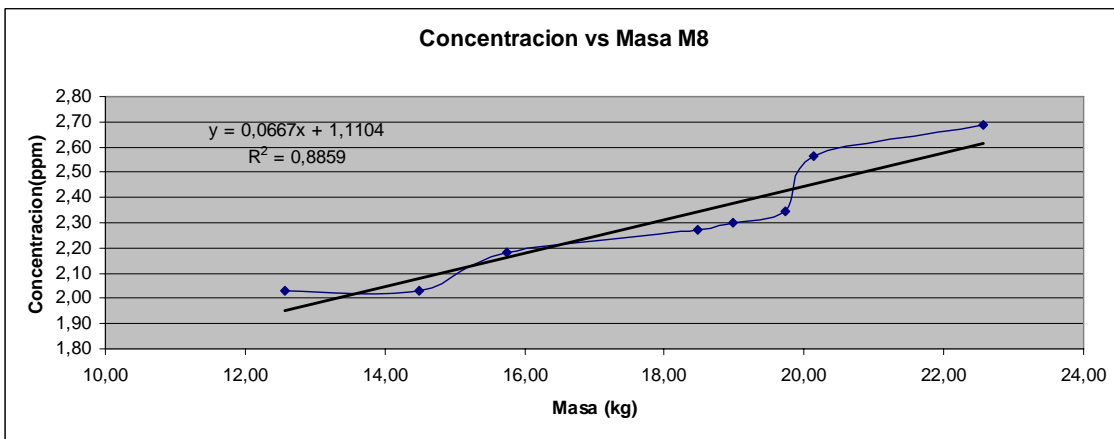
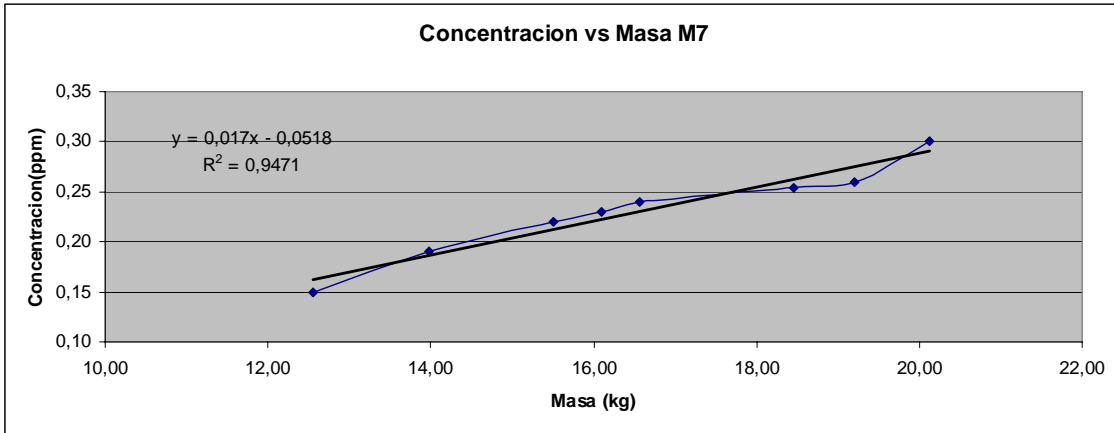


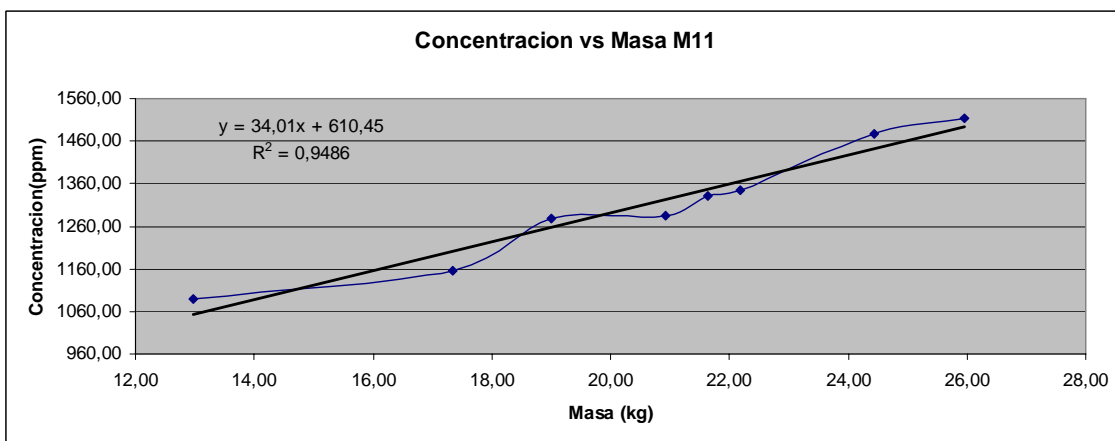
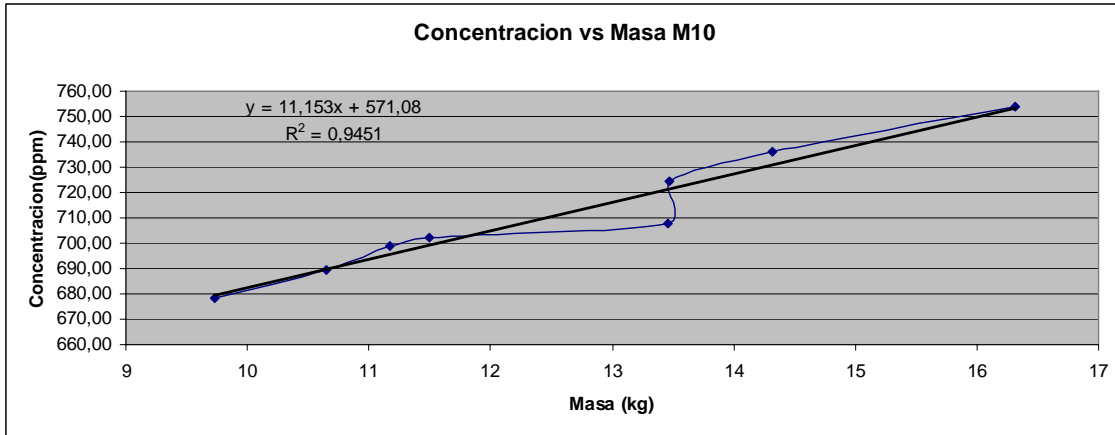


Anexo No.12 Concentración de Zinc vs Masa para los diferentes enjuagues.





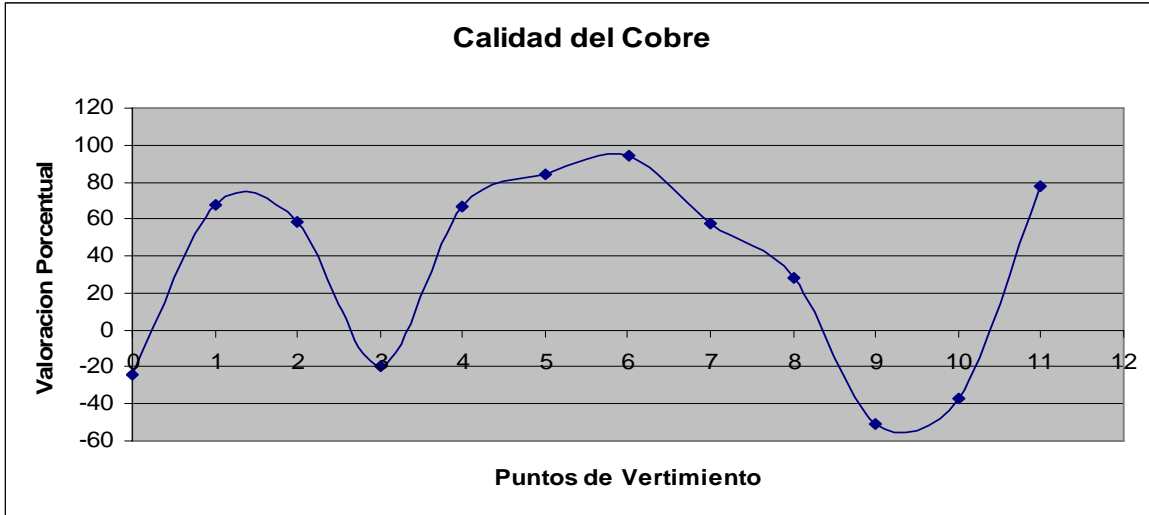




Anexo No.13 Valoración porcentual de la calidad calculada para los diferentes Parámetros medidos.

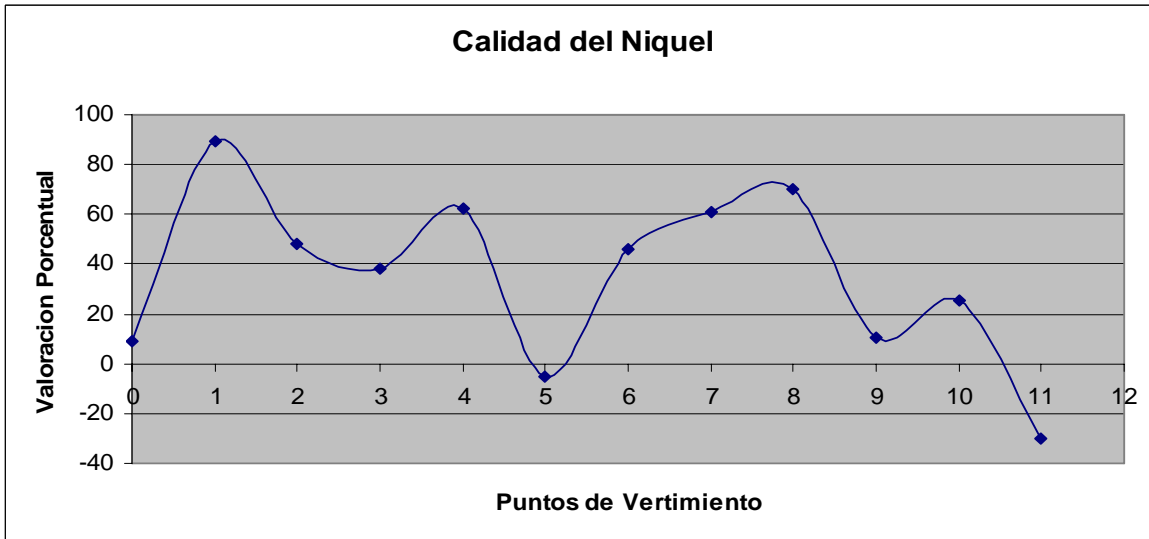
Se desarrollo el modelo de índice de carga en donde se establecieron las respectivas calificaciones de a los parámetros para los cuales se encontraron los siguientes comportamientos:

Grafica No.1.Calidad del Metal Cobre.



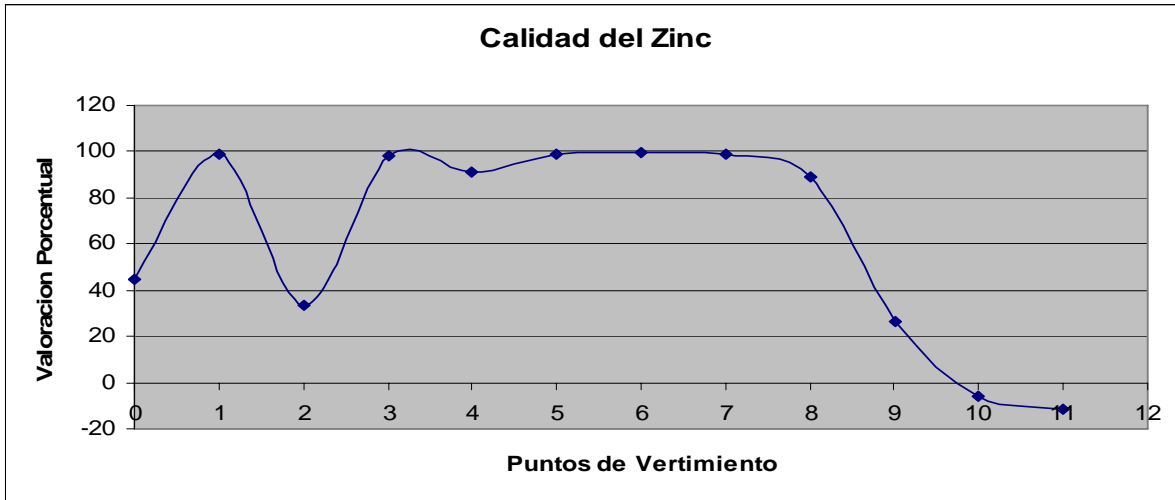
Los puntos más representativos de este vertimiento corresponden a los enjuagues M0, M3, M8, M9 y M10 para los cuales sé encontró una valoración del índice de carga deficiente y merecen tener un tratamiento especial para su remoción.

Gráfica No. 2.Calidad del Metal Níquel.



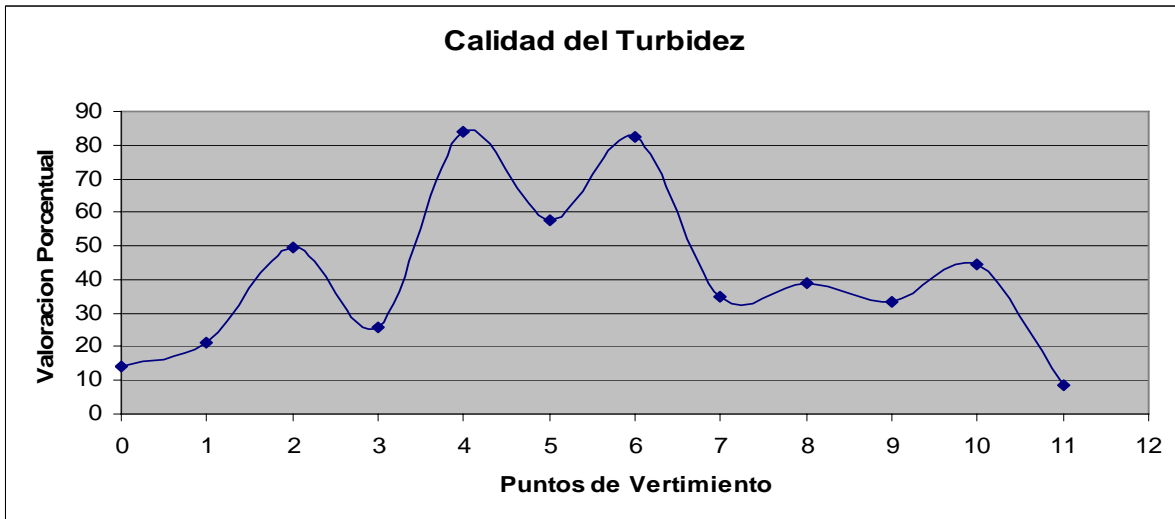
En cuanto al metal Níquel observamos un comportamiento aceptable en todos los enjuagues a excepción de los puntos M0, M5 y M11 los cuales recibieron la calificación mas negativa de este parámetro y están presentando mayor nivel de contaminación.

Grafica No. 3. Calidad del Metal Zinc.



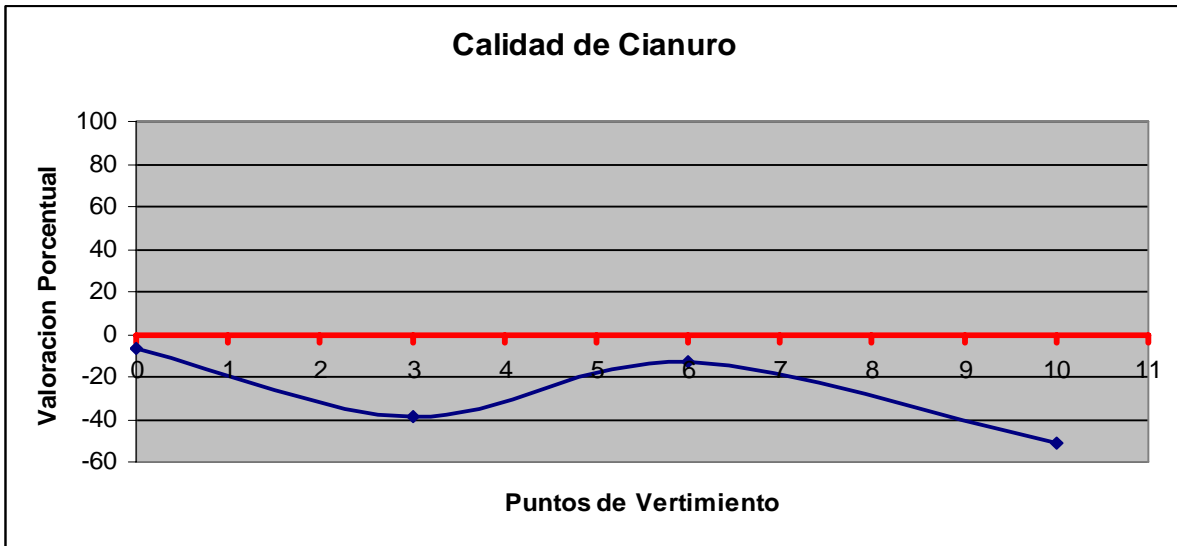
Para este metal vemos un comportamiento aceptable en el desarrollo de trabajo pero hay que atención e importancia los puntos M2, M9, M10 y M11 los cuales están reportando valores muy por encima de la normatividad exigida.

Gráfica No. 4. Calidad de la Turbidez.



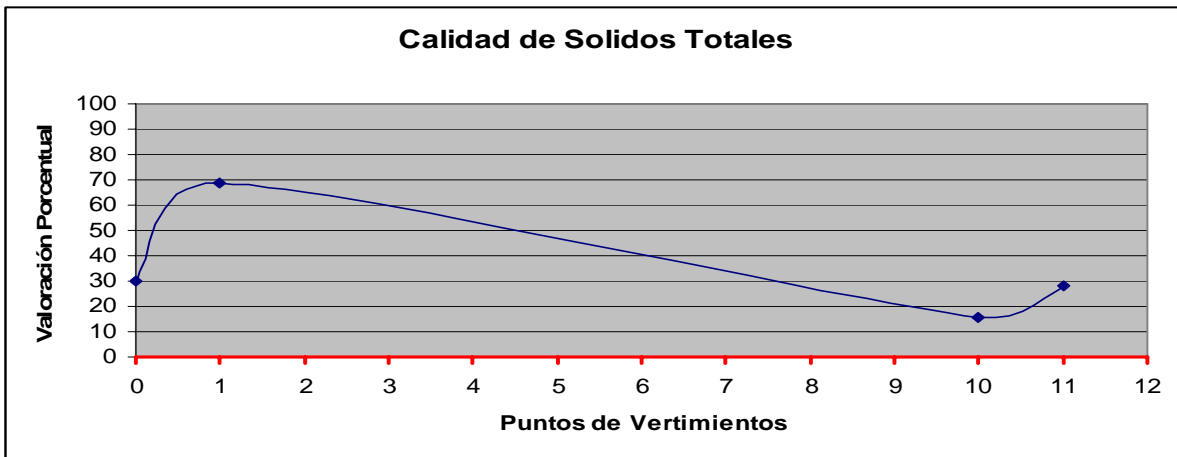
Debido a la presencia de sustancias comerciales y detergentes en los puntos de desengrase son más sensitivos a esta mala calificación y de la cual representan los vertimientos M0, M1, M3 y M7.

Grafica No.5.Calidad del Cianuro.



Para este parámetro encontramos la peor calificación en la mayoría de los procesos debido a sus reacciones internas que generan alta toxicidad y problemas en la salud humana.

Grafica No. 6.Calidad de los Sólidos Totales.



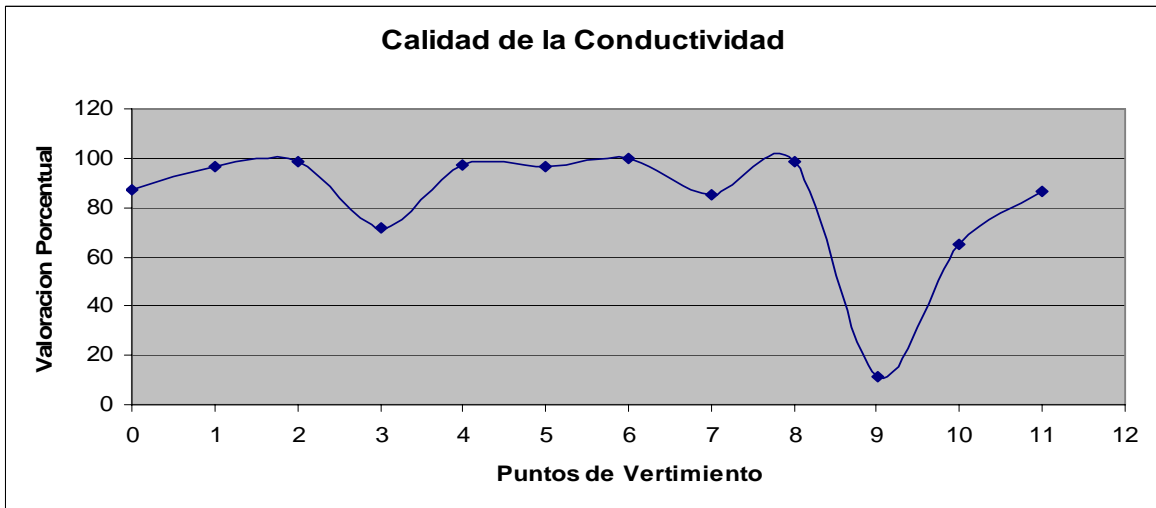
En cuanto a los sólidos totales es de resaltar la incidencia que tiene el punto M0, puesto que aquí se canalizan todo los vertimientos de los procesos de recubrimiento llevados a cabo en la empresa.

Gráfica No. 7. Calidad del p H.



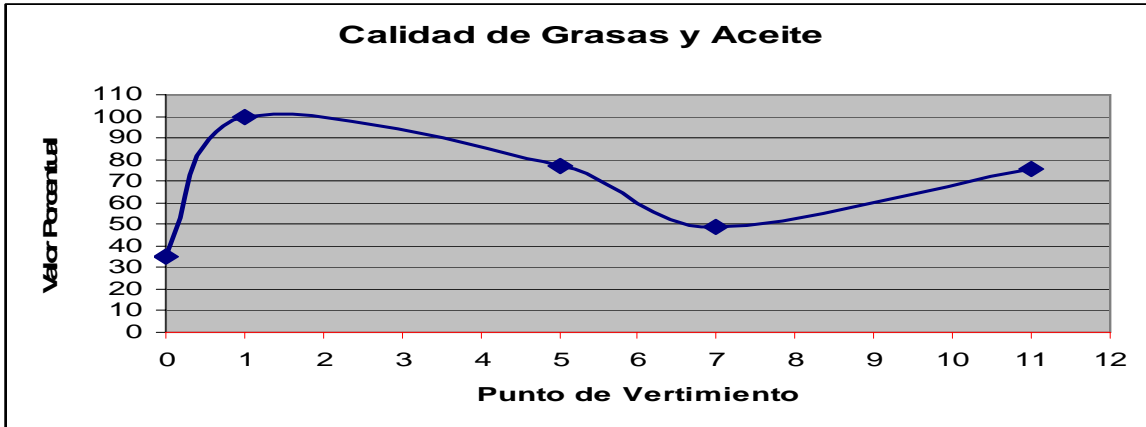
En nivel global la empresa presenta carácter bastante contaminante con respecto a esta parámetro, ya que se pueden encontrar mezclas de enjuagues tanto de tipo ácido como básicos generando esta calificación.

Grafica No. 8. Calidad de la Conductividad.



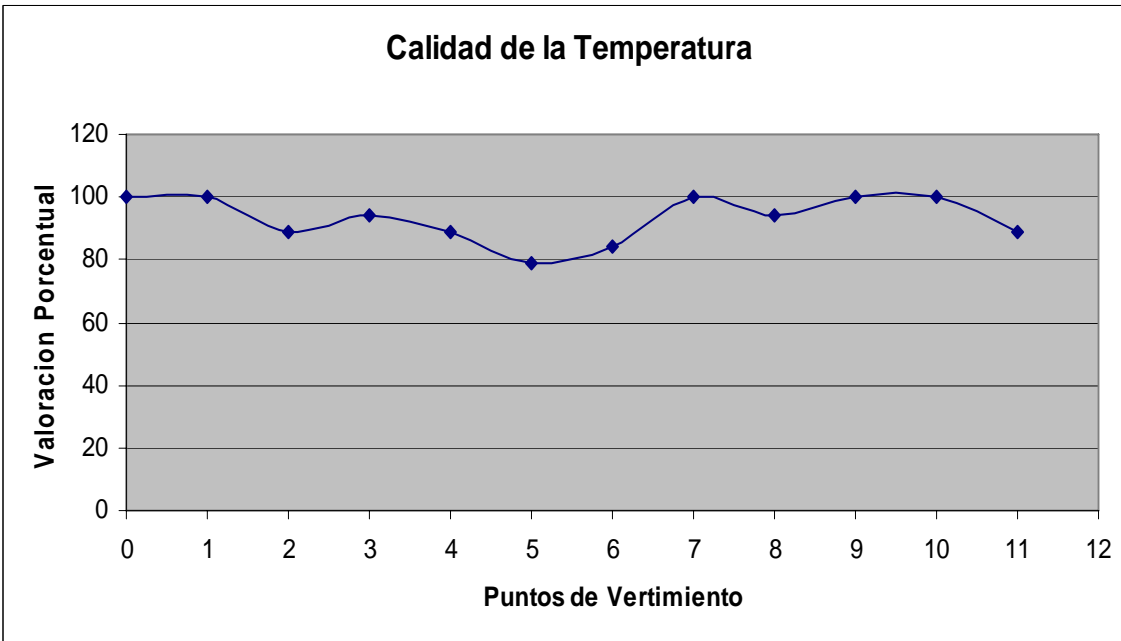
Este es un de los parámetros físicos que obtiene una calificación y comportamiento aceptable de la cual se puede decir que la empresa se encuentra dentro de los rangos exigidos por la ley.

Grafica No. 9. Calidad de las Grasas y Aceites.



En cuanto a este análisis se catalogo que la empresa tiene puntos críticos de contaminación por parte de esta variable pero en regular todos los enguajes tienen una alta calificación.

Grafica No. 10. Calidad de la Temperatura.



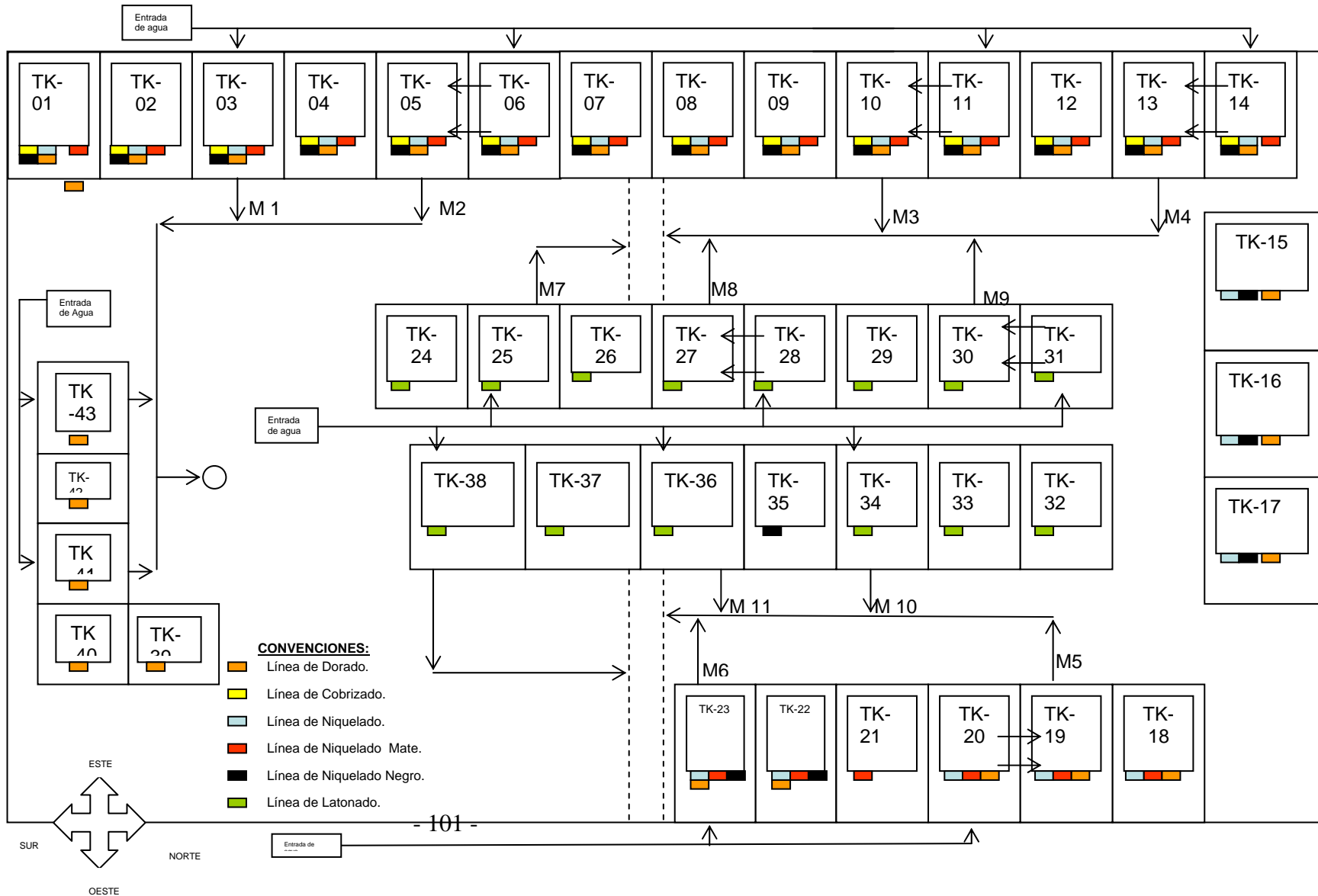
ANEXO No.14

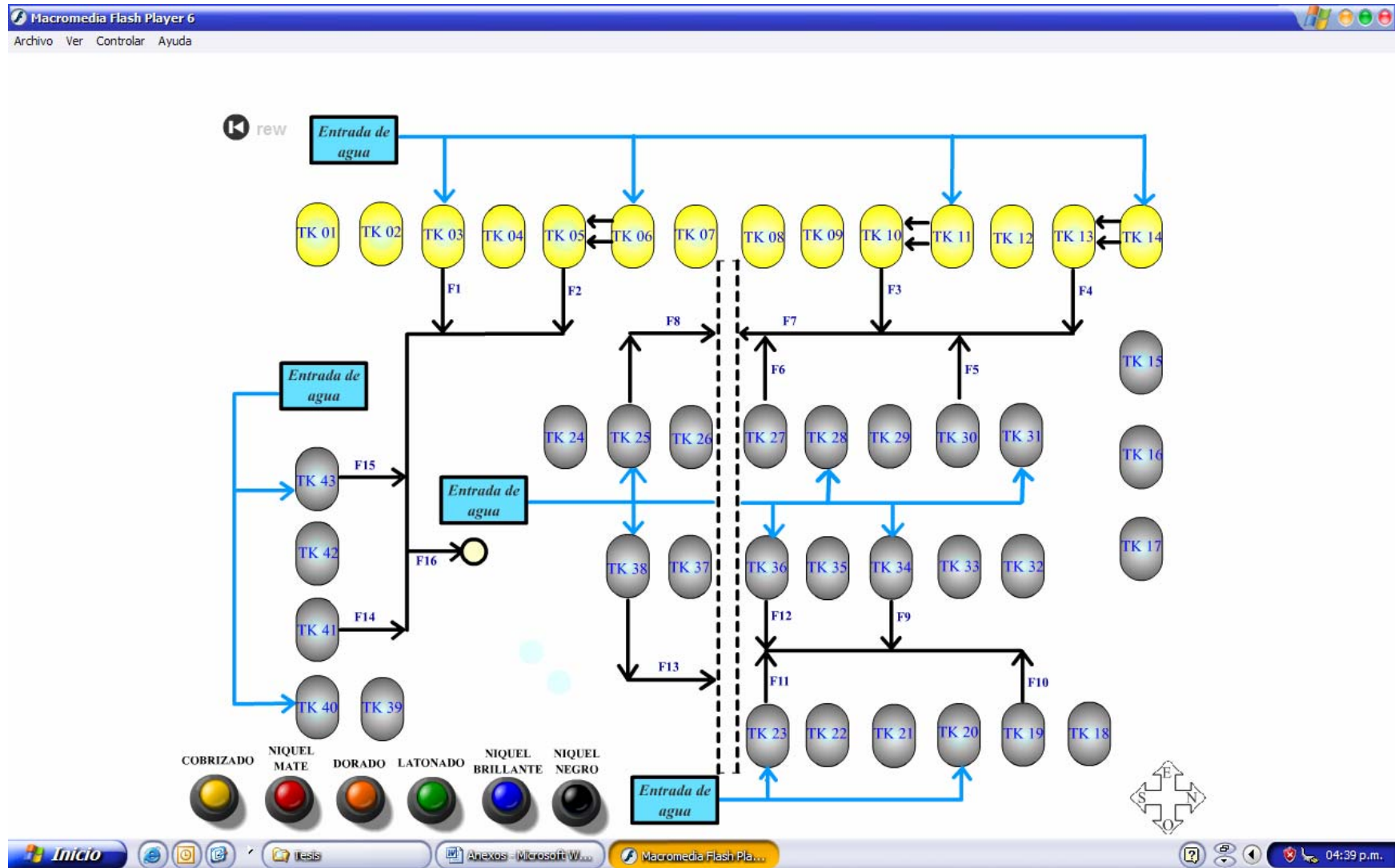
OPERACIÓN LLEVADA A CABO EN CADA TANQUE DEL PROCESO DE GALVANOSTEGIA: SEGUNDO PISO.

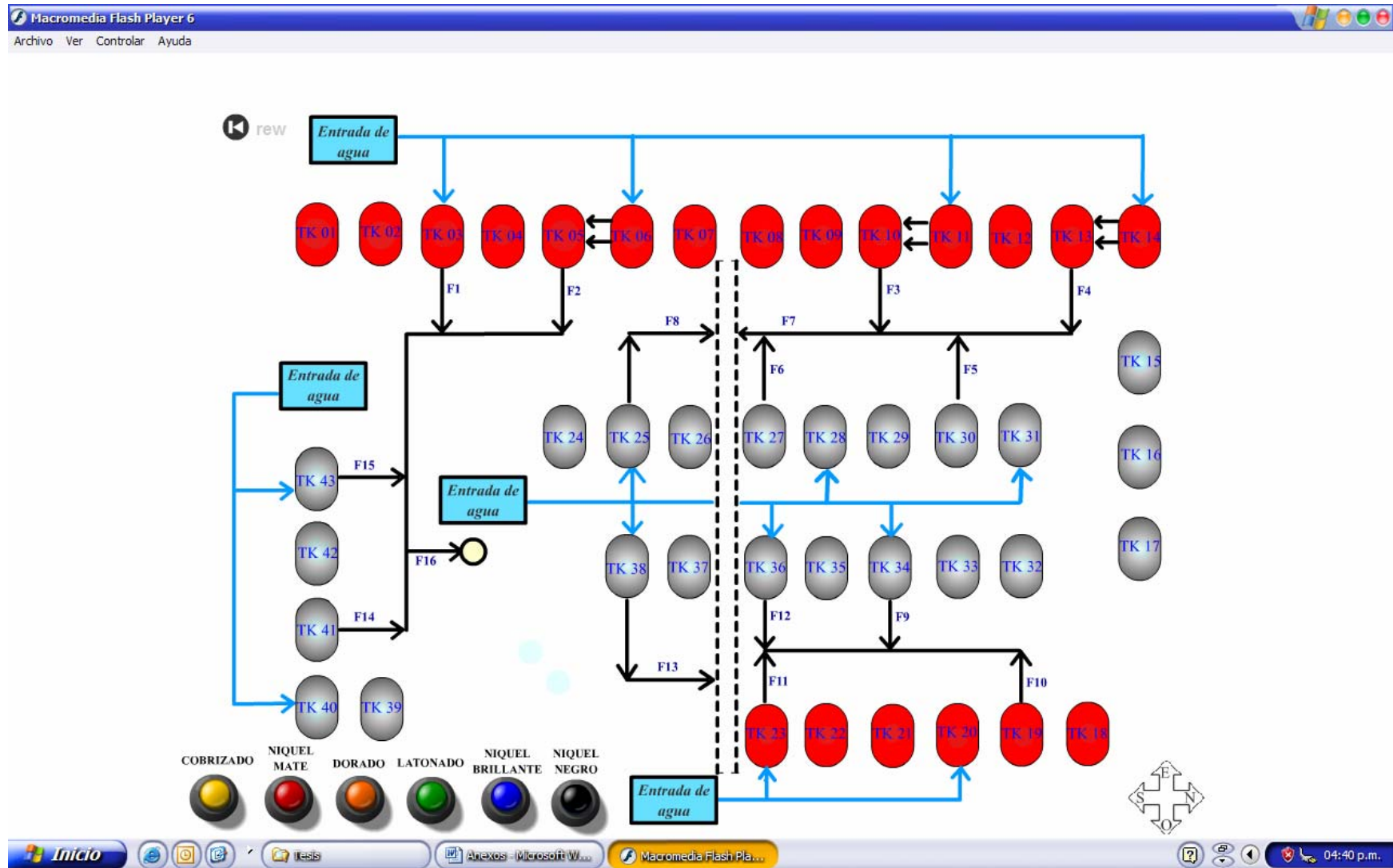
Nomenclatura	Función
TK-01	Desengrase Ultrasonico.
TK-02	Desengrase Electrolitico
TK-03	Primer Enjuague (Punto de Muestreo M1)
TK-04	Neutralizado
TK-05	Segundo Enjuague (Punto de Muestreo M2)
TK-06	Tercer Enjuague.
TK-07	Baño de Cobre Alcalino.
TK-08	Baño de Cobre Alcalino
TK-09	Baño de Cobre Alcalino
TK-10	Cuarto Enjuague. (Punto de Muestreo M3)
TK-11	Quinto Enjuague.
TK-12	Cuba de Neutralizado
TK-13	Sexto Enjuague (Punto de Muestreo M4)
TK-14	Séptimo Enjuague
TK-15	Baño de Níquel Brillante.
TK-16	Baño de Níquel Brillante.
TK-17	Baño de Níquel Brillante.
TK-18	Primer Enjuague de Residuos de Níquel Brillante.
TK-19	Segundo Enjuague de Níquel Brillante(Punto de Muestreo M5)
TK-20	Tercer Enjuague de Níquel Brillante.
TK-21	Cuba de Neutralizado.
TK-22	Cuarto Enjuague de Níquel Brillante.
TK-23	Quinto Enjuague de Níquel Brillante (Punto de Muestreo M6).
TK-24	Desengrase Electrolítico
TK-25	Primer Enjuague de Desengrase. (Punto de Muestreo M7)
TK-26	Cuba de Neutralizado.
TK-27	Segundo Enjuague. (Punto de Muestreo M8)
TK-28	Tercer Enjuague.
TK-29	Baño de Cobre Acido.
TK-30	Cuatro Enjuague (Punto de Muestreo M9)
TK-31	Quinto Enjuague.
TK-32	Baño de Latón Espesor.
TK-33	Baño de Latón Espesor.
TK-34	Primer Enjuague de Latón (Punto de Muestreo M10)
TK-35	Baño de Níquel Negro.
TK-36	Enjuague de Níquel Mate (Punto de Muestreo M11)
TK-37	Segundo Enjuague.
TK-38	Tercer Enjuague.
TK-39	Baño de Dorado.
TK-40	Neutralizado
TK-41	Primer Enjuague de Dorado.
TK-42	Segundo Enjuague de Dorado.
TK-43	Tercer Enjuague de Dorado.

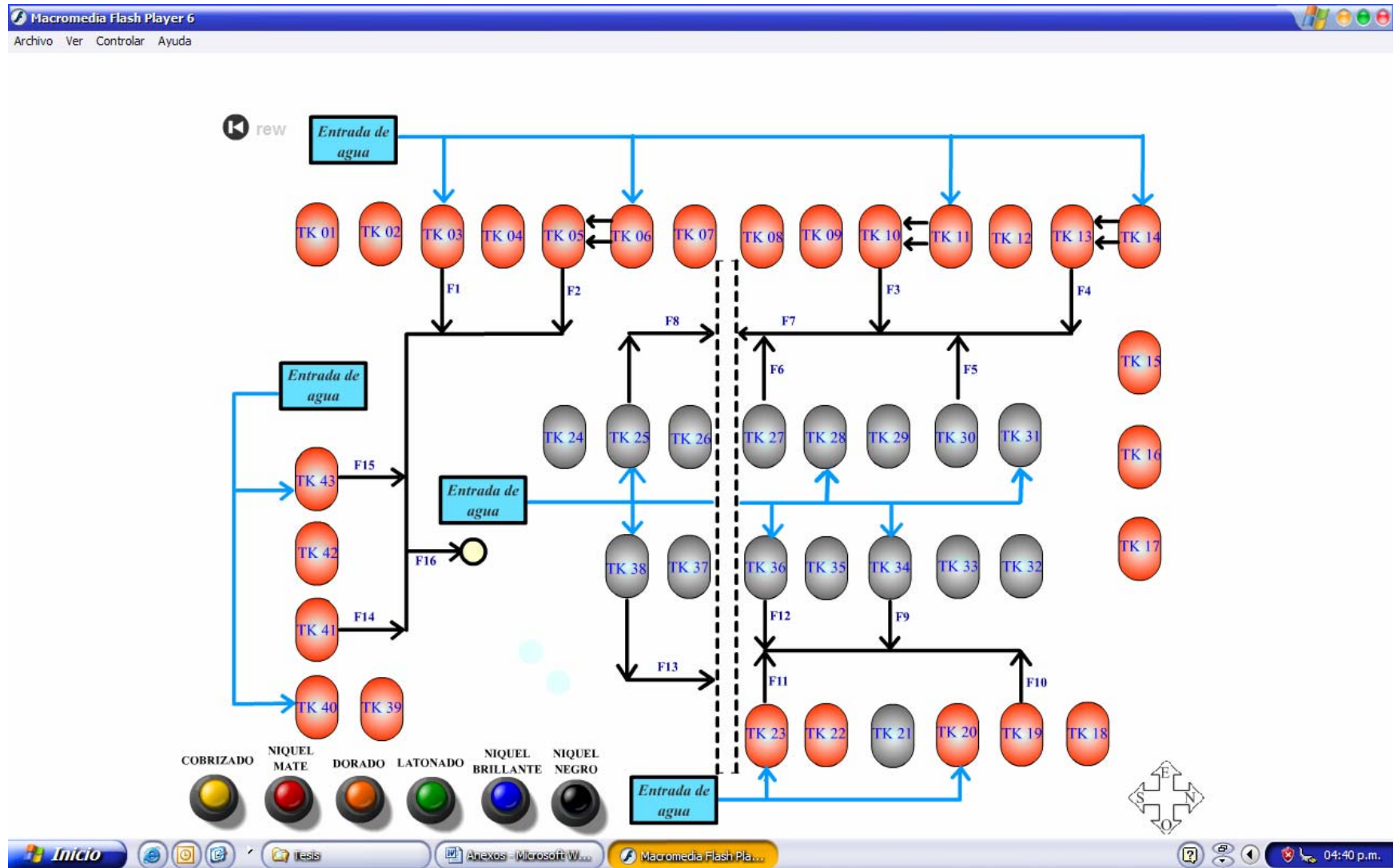
ANEXO No 15.

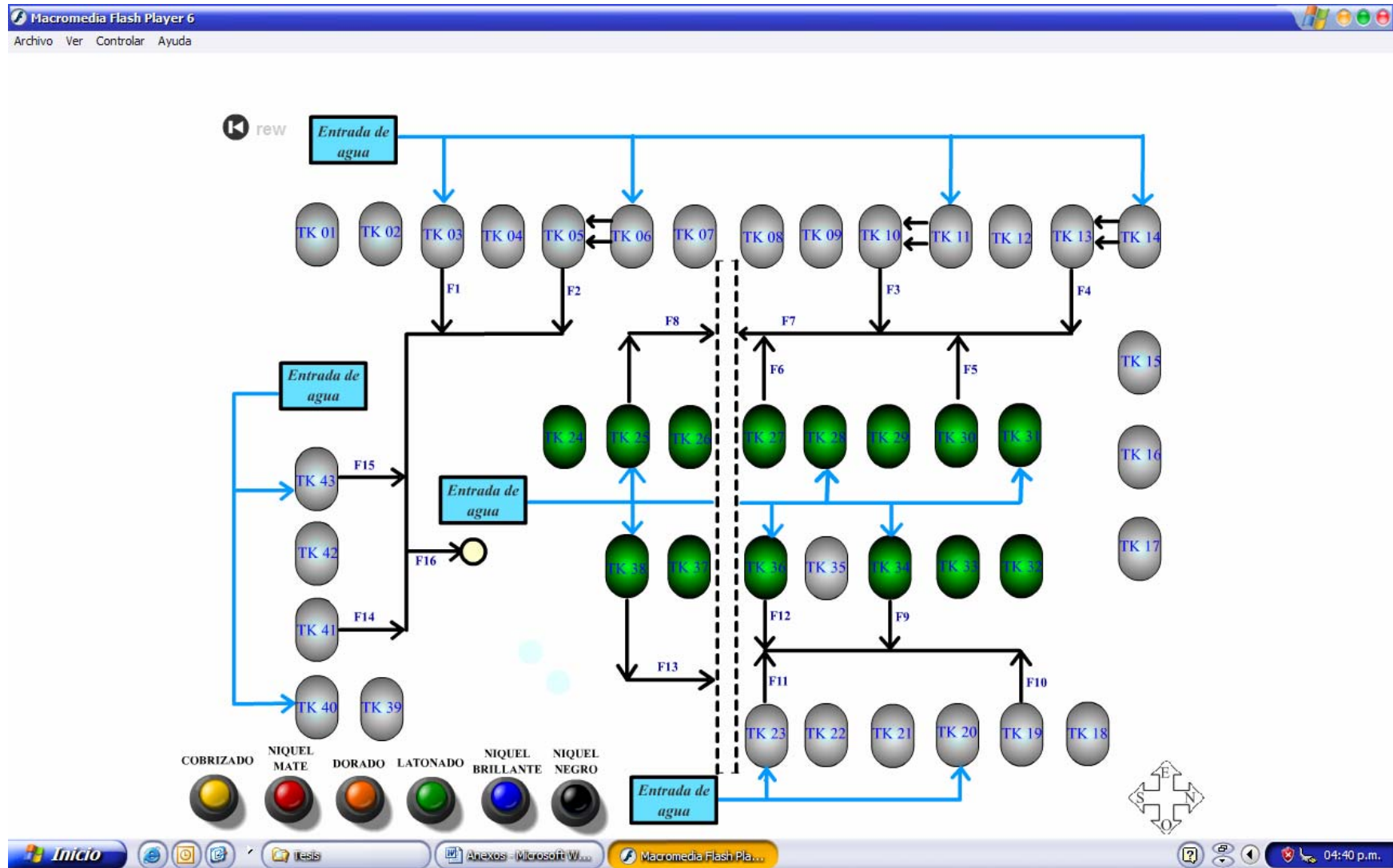
Diagrama Operación sección de Galvanica de la empresa FANTAXIAS LTDA en general y para cada proceso en específico (Realizado en Flash Macromedia).

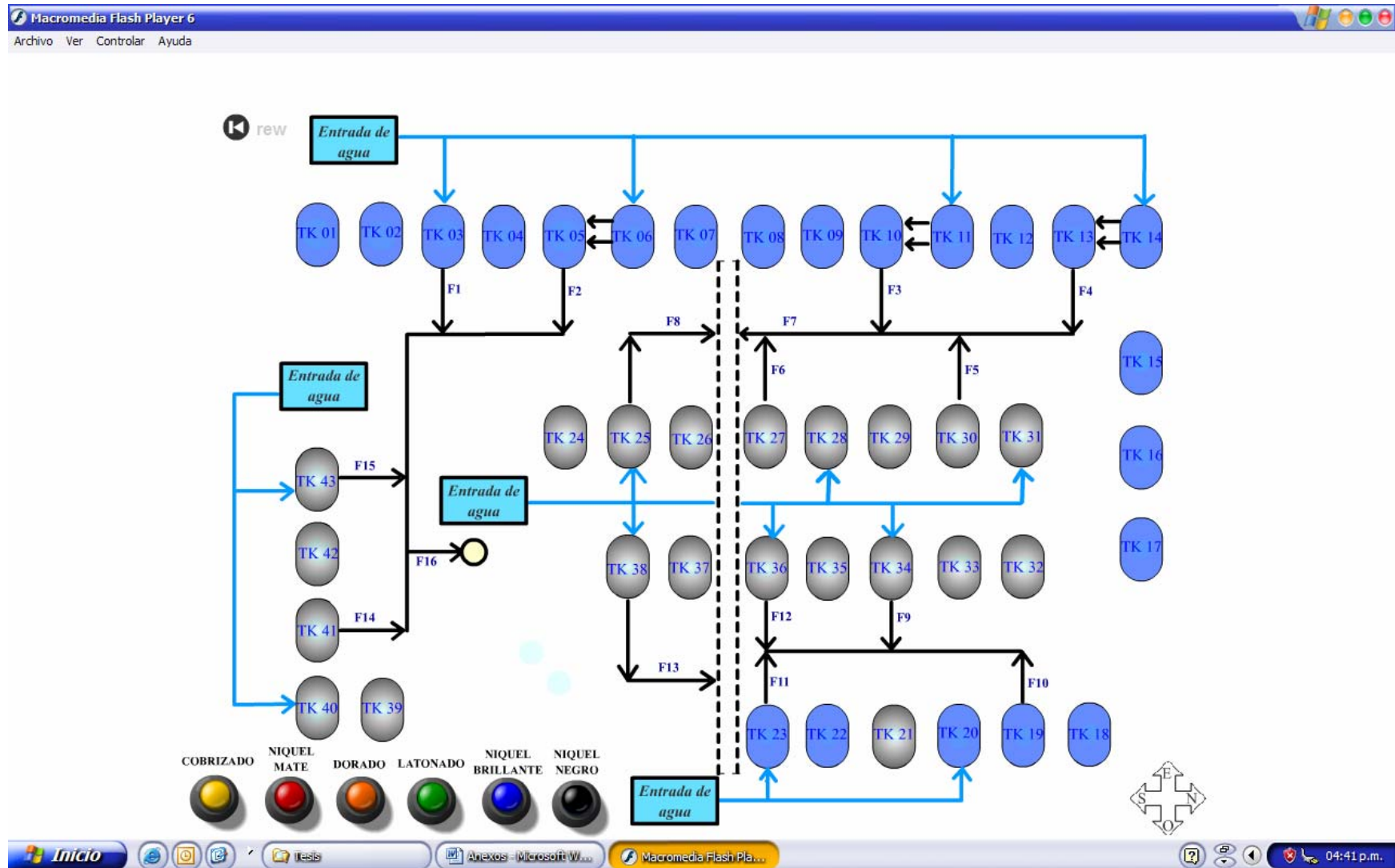


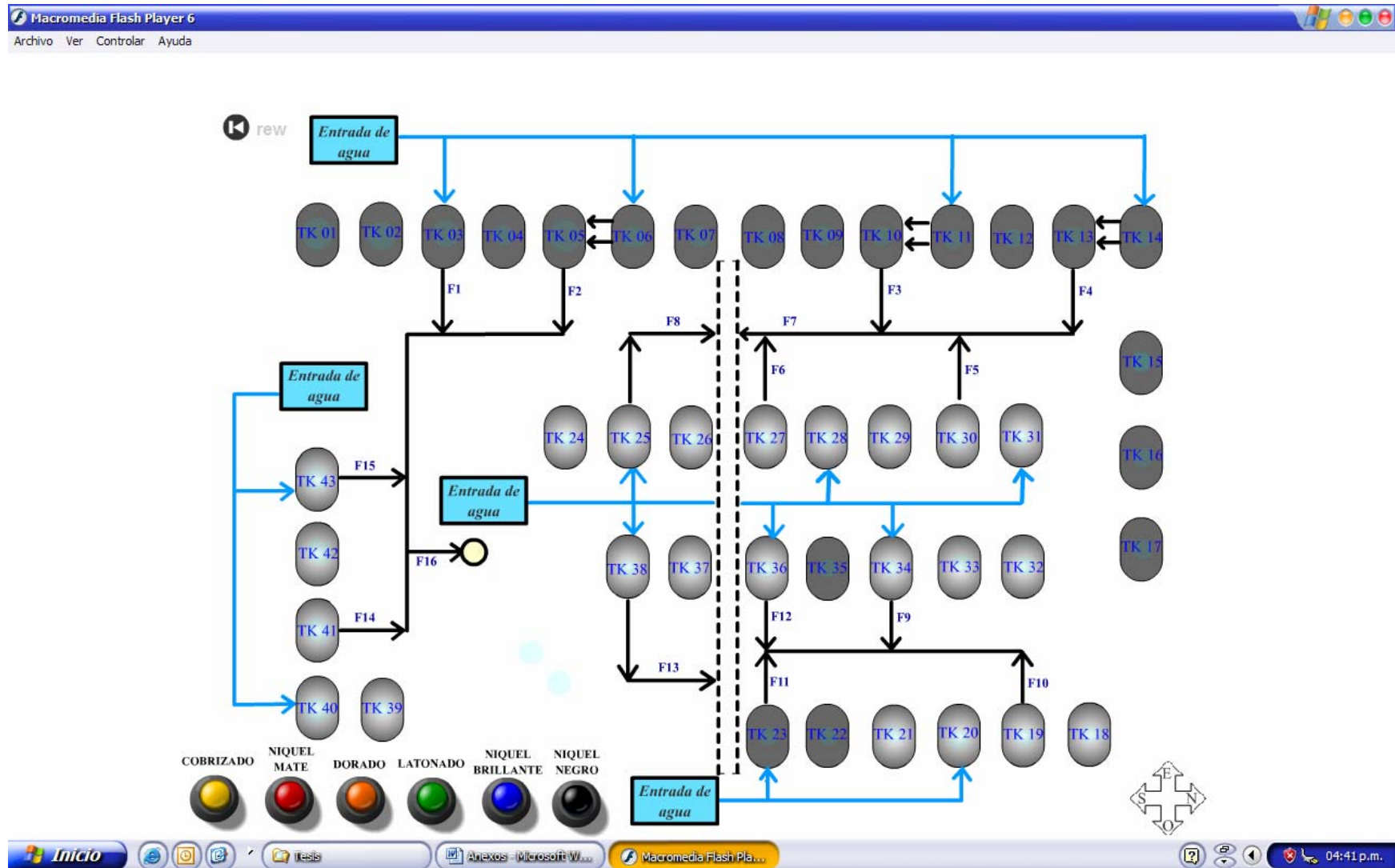












ANEXO No.16 Nomenclatura

T = Temperatura (°C).

CT= Conductividad (mS/cm).

TB= Turbidez (NTU).

ST= Sólidos Totales (ppm).

TK-1=Tanque No.1. (Y así para los demás tanques.)

pH = pH

CN= Cianuro (ppm).

Cu = Cobre (ppm).

Ni = Níquel (ppm).

Zn = Zinc (ppm).

G.A.= Grasas y Aceites (ppm).

M0: Punto de muestreo (vertimiento) correspondiente a la desembocadura de todos los enjuagues.

M1: Punto de muestreo (vertimiento) correspondiente al primer enjuague después del baño de desengrase por ultrasonido y al de desengrase químico de la primera línea de desengrasado.

M2: Punto de muestreo (vertimiento) correspondiente al segundo enjuague después del baño de desengrase por ultrasonido y al de desengrase químico de la segunda línea de desengrasado.

M3: Punto de muestreo (vertimiento) correspondiente al primer enjuague después del baño de cobre de la primera línea de Cobrizado.

M4: Punto de muestreo (vertimiento) correspondiente al segundo enjuague después del baño de cobre de la primera línea de Cobrizado.

M5: Punto de muestreo (vertimiento) correspondiente al primer enjuague después del baño de níquel.

M6: Punto de muestreo (vertimiento) correspondiente al segundo enjuague después del baño de níquel.

M7: Punto de muestreo (vertimiento) correspondiente al enjuague después del baño de desengrase químico de la segunda línea de desengrasado.

M8: Punto de muestreo (vertimiento) correspondiente al primer enjuague después del neutralizado de la segunda línea de Cobrizado.

M9: Punto de muestreo (vertimiento) correspondiente al enjuague después del baño de cobre de la segunda línea de Cobrizado.

M10: Punto de muestreo (vertimiento) correspondiente al enjuague después del baño de latón.

M11: Punto de muestreo (vertimiento) correspondiente al enjuague después del baño de níquel negro.

Anexo No.17 Software elaborado para el cálculo del índice de Carga Contaminante.

Microsoft Excel - Evaluación ICC 2

Archivo Edición Ver Insertar Formato Herramientas Datos Ventana ?

Escriba una pregunta

fx 16

Calculo del indice de Carga Contaminante

Masa de Carga Promedio de Trabajo (kg) = 16 (Llenar en este espacio)

CALCULAR ACERCA DE

Acerca de

Programa realizado por Ingenieros Andres Guerrero y Ludwink Romero
Noviembre 30/2005

Aceptar

ICC M 1	ICC M 2	ICC M 3	ICC M 4	ICC M 5	ICC M 6
78.23698131	65.99100038	33.97610871	76.78234755	76.67394501	62.83169337
ICC M 7	ICC M 8	ICC M 9	ICC M 10	ICC M 11	
70.39282444	62.74155296	41.55830873	20.47927468	55.42360313	
ICC M 0					
23.35774816					

Hoja1 / Hoja2 / Hoja3

Inicio Tesis Microsoft PowerPoint... Índice de Carga Cont... Microsoft Excel - Eval... 04:18 p.m.

Anexo No.18 Fotos Empresa

Tanque Recolector M0. (Primer piso)



Vista Global Sección de Galvanica.



Cubas Posteriores al Desengrase.



Cubas posteriores al baño de cobre.



Enjuagues posteriores a la cuba de Niquelado.



Enjuagues posteriores al baño de latonado.



Tambor rotatorio donde se sumergen las Piezas a recubrir.



Baños de Níquel brillante.



Anexo No. 19 Escala estándar generada de las ecuaciones de calidad para calificación del nivel de la carga Contaminante en los efluentes del proceso.

pH	Conductividad	Temperatura	Cianuro (CN)	Cobre (Cu)	Zinc (Zn)	Níquel (Ni)	Grasas y Aceites	Solidos Totales	Turbidez	Aspecto	Valoración
Unidad de pH	mS/cm	C	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	unt	Subjetiva	Porcentual (%)
1,0-14	30	>50/<-8	50	150	500	100	1000	50000	250	Pésimo	0
2,0-13	24,87	45/-6	20	60	200	40	400	20000	100	Muy malo	10
3,0-12	20,77	40/-4	10	30	100	20	200	10000	50	Malo	20
4,0-11	16,92	36/-2	5	15	50	10	100	5000	25	Desagradable	30
5,0-10	14,68	32/0	2	6	20	4	40	2000	10	Impropio	40
6-9,5	12	>30/>5	1	3	10	2	20	1000	5	Normal	50
6,5	10	>28/>10	0,8	2,5	8	1,6	16	800	4	Aceptable	60
9	8	>26/>12	0,6	1,6	6	1,2	12	600	3	Agradable	70
8,5	5	24/14	0,4	1	4	0,8	8	400	2	Bueno	80
8	3	22/15	0,1	0,5	2	0,4	4	200	1	Muy Bueno	90
7	0	21/16	0	0	0	0	0	0	0	Excelente	100