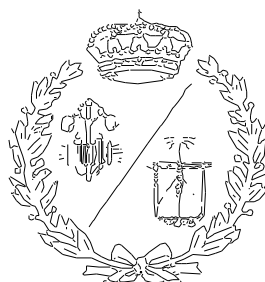


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Carrera

**Estudio y análisis de parámetros de
control de arena de una fundición de
acero moldeado**

**(Study and analysis of sand control
parameters of a foundry steel molding)**

Para acceder al Título de

**INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL
ESPECIALIDAD EN QUÍMICA INDUSTRIAL**

Autor: Diego Redondo Gutiérrez

Sept – 2012

ÍNDICE:

1. PLANTEAMIENTO

1.1 EMPRESA

- INTRODUCCIÓN
- LOCALIZACIÓN

1.2 OBJETO DEL PROYECTO

1.3 PROCESO PRODUCTIVO

- PROCESO TRADICIONAL
- PROCESO A LA ESPUMA PERDIDA
- COMPARACIÓN DE PROCESOS

1.4 TIPOS DE ARENA EN FUNDICIÓN

- ARENA DE SÍLICE
- OTROS TIPOS DE ARENA

2. DESARROLLO

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

- PRODUCCIÓN Y PREPARACIÓN DE MODELOS
- MOLDEO
- FUSIÓN Y COLADA
- DESMOLDEADO Y ACABADOS
- TRATAMIENTOS TÉRMICOS
- MECANIZADO

2.2 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO

- DEMANDA DE ÁCIDO (ACID DEMAND VALUE) - ADV
- POTENCIAL DE HIDRÓGENO - pH
- GRANULOMETRÍA: AFA (AMERICAN FOUNDRY ASSOCIATION) Y PORCENTAJE DE FINOS

2.3 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO ESTADÍSTICO

2.4 RESULTADOS OBTENIDOS

- ADV
- pH
- AFA

- SUMA DE FINOS

2.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

- ADV
- pH
- AFA
- SUMA DE FINOS

3. CONCLUSIONES

- ADV
- pH
- AFA
- SUMA DE FINOS

4. BIBLIOGRAFÍA

5. ANEXO

1. PLANTEAMIENTO

1.1 EMPRESA

- Introducción:

El presente proyecto ha sido realizado en colaboración con Fundiciones de Aceros Especiales Dasgoas S.L. (FAED S.L.). FAED S.L. se trata de una fundición de acero de todo tipo fundada en 1996, dedicada a la fabricación de piezas de acero mediante moldeo en arena por gravedad.



Símbolo de FAED S.L.

Los sectores de FAED S.L. son principalmente los sectores de la matricería y la troquelaría orientados fundamentalmente al sector de la automoción. Sin embargo, abarca más sectores en menor medida, tales como el sector naval (bocinas, trócolas, arbotantes, núcleos...), el sector del control de fluidos (piezas para válvulas y bombas), el sector de la generación de energía (turbinas kaplan, francis y pelton, coronas y bandas...), el sector de la minería, el sector de obras públicas y finalmente el sector de las plantas siderúrgicas.

La empresa cuenta con 60 trabajadores aproximadamente, se trata de una fundición de todo tipo de aceros y una de las pioneras dentro de la fabricación de piezas de acero moldeado utilizando el proceso de “espuma perdida”.

El peso máximo por pieza que la empresa puede fabricar se sitúa en los 9000 Kg., pudiéndose fabricar en algunos casos puntuales pesos superiores. El peso mínimo no está estipulado pero se han llegado a fabricar piezas de 1 Kg.

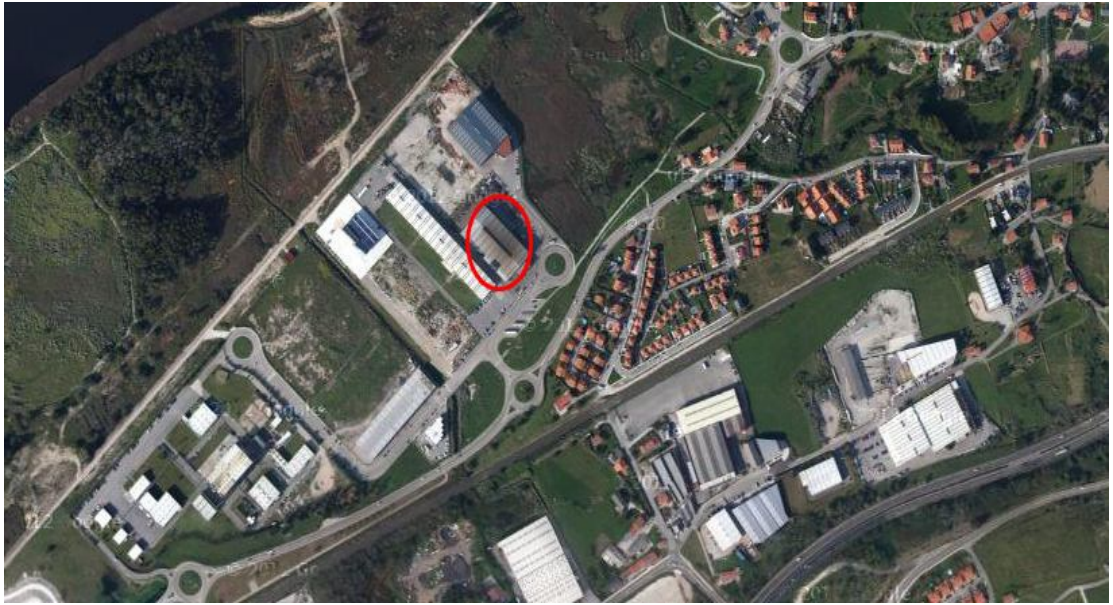
Se trata de una empresa que apuesta decididamente por la innovación y la mejora continua y que se ha orientado a sectores que requieren la máxima calidad, con el objetivo de hacer frente al reto que supone el mercado actual y de buscar siempre la máxima satisfacción del cliente.

- Localización:

La empresa Fundiciones de Aceros Especiales Dasgoas (FAED S.L.) tiene sus instalaciones situadas en el polígono industrial de Requejada (localidad perteneciente al municipio de Polanco, al norte de la comunidad autónoma de Cantabria), situada a unos 22 Km. de Santander y a unos 5 Km. de Torrelavega.



Situación del municipio de Polanco



Localización de FAED S.L.



Instalaciones de FAED S.L.

1.2 OBJETO DEL PROYECTO

La arena se trata de uno de los elementos más importantes en una fundición de piezas moldeadas como FAED. La necesidad de utilización de una arena óptima en el moldeo está tan justificada que puede llegar incluso a no ser conveniente fundir sin la utilización de una arena que cumpla una cierta calidad mínima.

Las propiedades de la arena tales como su propia naturaleza (sílice, cromita, olivino, etc.), granulometría, composición, contenido orgánico, etc. hacen que sea necesario realizar un seguimiento constante durante el proceso de fundición para evitar pérdidas de calidad en la propia arena y por tanto en el producto final a fundir. La arena, por tanto es una materia prima en la fundición que interactúa con ella pudiéndose alterar en sus propiedades iniciales sufriendo cambios no deseados en la granulometría, en el contenido orgánico, en la composición, etc.

La arena puede además causar serios problemas en la fundición tales como arrastres de arena, roturas de molde, deformaciones o poros.

De este modo se hace imprescindible el control y seguimiento adecuado sobre la arena y sus propiedades para lograr un sistema de calidad en buen funcionamiento y bien implantado.

Realizar el control y seguimiento adecuado para la arena será justamente el objeto del presente proyecto.

Para llevar a cabo este control se tomará cada día una muestra de arena mezcla de sílice al 30% de arena nueva y un 70 % de arena recuperada y se realizará un análisis de cada una de los siguientes factores:

- Demanda de ácido (Acid Demand Value) – ADV

- Potencial de hidrógeno – pH
- Granulometría (American Foundry Association) – AFA
- Suma o porcentaje de finos.

El control se realizará durante un único día a la semana, plazo estimado suficientemente adecuado para un seguimiento correcto de la arena dando además tiempo suficiente para subsanar o investigar el motivo de las anomalías que se hayan podido detectar en los factores a estudiar en el análisis diario.

Se anotarán cada día los valores obtenidos de los factores estudiados graficando cada uno de ellos en gráficas independientes para ver de forma sencilla aspectos fácilmente detectables pero muy importantes como la variación semanal, la tendencia seguida o los valores mínimos o máximos que han resultado.

Para un análisis más exhaustivo se realizará un análisis estadístico gracias al cual se extraerán diferentes conclusiones importantes para el control de la arena sobre los valores obtenidos de los factores estudiados. Se controlarán además los cambios o alteraciones que ocurran en la producción que debieran reflejar un cambio notable en los factores analizados.

Especialmente importante será la introducción para este proyecto de un nuevo método de análisis para el factor del ADV. Los valores resultantes de este método serán comparados con el método tradicional que se ha venido utilizando desde el inicio y se extraerán conclusiones sobre su apropiación para ser o no utilizado de forma continua en el futuro.

Finalmente se realizará una comparación de la evolución seguida por los factores durante el presente proyecto con los valores anteriores facilitados por la propia FAED observando el cambio producido.

1.3 PROCESO PRODUCTIVO

El proceso productivo en FAED S.L., está dividido en dos tipos según el tipo de modelo que se desee fundir. Así, existen dos tipos de modelos de fundición que son el condicionante principal a la hora de realizar los procesos de moldeo y fusión. Es justamente en el proceso de moldeo donde la calidad de la arena adquiere toda su importancia, por lo que se hace necesario conocer los distintos tipos de modelos existentes en FAED para moldear. Estos modelos pueden ser o bien de madera, cuyo proceso es el denominado “tradicional”, o bien el modelo puede ser poliestireno expandido, cuyo proceso es el denominado “a la espuma perdida” o “lost foam”. Ambos procesos tienen ventajas y diferencias que se tratarán a continuación.

- Proceso “tradicional” (modelos de madera):

El proceso empieza al recibir los modelos de madera, que pasan a la zona de moldeo tras ser clasificados.

Los moldes están divididos en dos mitades, con el objetivo de que sea posible retirar los modelos antes de la colada. En el caso de que las piezas coladas fueran huecas se necesitan machos para dar forma a los huecos interiores.

Realizados ya el molde y los machos (en el caso de piezas huecas), éstos se recubren con una pintura refractaria.

Posteriormente se procede a fundir el acero, verterlo en el molde y esperar a que se enfríe. Una vez que la pieza está suficientemente fría se procede al desmoldado y su acabado final para entregarla al cliente.

- Proceso “a la espuma perdida” (modelos de poliestireno):

Desde que la pieza está moldeada, el proceso es el mismo que el proceso “tradicional”. Sin embargo la recepción del modelo y el moldeo en sí son diferentes.

El proceso empieza al recibir los modelos de poliestireno expandido. A estos modelos se les somete a un análisis minucioso antes de realizar cualquier operación.

Una vez inspeccionado el molde y comprobado que no existen anomalías se recubre con una capa refractaria compuesta por materiales silicios fundamentalmente y un líquido de transporte que suele ser agua posteriormente se introduce en la arena.

A continuación se procede al moldeo con arena. Una vez que la arena alcanza la altura adecuada se procede a la colada del metal, la cual se realiza empleando las mismas técnicas que en el proceso “tradicional”. Al ir añadiendo el metal de colada, la elevada temperatura de éste, provoca la ruptura del modelo originando gases que fluyen a través del recubrimiento.

Finalmente se desmoldea y acaba.

- Comparación entre procesos:

Ventajas del proceso “tradicional”:

- Se pueden fabricar piezas de mayor peso.
- Se puede utilizar el modelo tantas veces como se desee.
- El molde es más robusto.
- El modelo es difícil de dañar en la manipulación o transporte.

Ventajas del proceso “a la espuma perdida”:

- Una vez utilizados son destruidos en la fusión evitando problemas de almacenaje.
- Libertad de diseño.
- Fácil automatización.
- Mejor acabado superficial, por lo tanto se reducen los trabajos posteriores de mecanizado.
- Se eliminan las juntas y por tanto la posibilidad de desplazamientos.
- No se necesitan machos.

1.4 TIPOS DE ARENA EN FUNDICIÓN

Uno de los materiales más importantes a la hora de realizar el moldeo en fundición es sin duda la arena, debido a este motivo existen varios tipos de arenas con propiedades diferentes:

- Arena de sílice:

Las propiedades que presentan este tipo de arenas se adaptan perfectamente a los requisitos necesarios del moldeo en fundición, además, junto con su reducido coste hace de ellas el tipo de arena más utilizada. Algunas características de la arena de sílice son:

- No tiene efectos tóxicos reconocidos sobre el moldeo.
- Es un material de alta dureza.
- Su punto de fusión se encuentra en torno a los 1600 °C.
- Resistencia frente a los reactivos químicos.

- Otros tipos de arena:

Aunque las arenas de sílice son las más empleadas en fundición, existen otras clases de arenas de fundición con propiedades diferentes. Si bien el precio que poseen estas arenas especiales es mayor que el de las arenas de silicio, presentan ciertas ventajas con respecto a éstas, como son las siguientes:

- Mayor punto de fusión.
- Mayor resistencia a la penetración del metal.

- Mayor resistencia al calor.
- Mayor capacidad de enfriamiento.

Estas arenas se usan en las zonas de los moldes más susceptibles de sufrir penetraciones o defectos superficiales debido a las altas temperaturas. También se usan a la hora de fabricar machos.

Arena de cromita:

Se trata de un producto muy refractario con una elevada resistencia a la penetración del caldo. Se usa principalmente a la hora de controlar defectos superficiales provocados por las altas temperaturas del metal y frente a las zonas en las cuales se produce la alimentación del metal, las cuales son zonas de una muy alta temperatura. Es la mejor arena para usar en los machos o en las zonas del molde que van a estar expuestas largos periodos a altas temperaturas.

Puede utilizarse en todos los tipos de aceros y es muy apropiada para las piezas de acero al cromo, cromo-níquel y acero al manganeso. En los aceros al manganeso tiene la ventaja sobre la arena de sílice de que es menos reactiva con el óxido de manganeso, reduciendo los problemas de calcinación.

Las arenas de cromita son compatibles con todos los sistemas de moldeo y tienen unos requerimientos de aglomerantes muy bajos.

En comparación con otras arenas provoca que la pieza fundida se enfríe más rápidamente. En las arenas de cromita la dilatación térmica es mucho más baja que en las arenas silíceas, de esta forma se reducen también los problemas derivados de la expansión de la arena.

Arena de circonio:

La arena de circonio presenta excelentes propiedades refractarias, baja dilatación térmica y elevada conductividad térmica. Están formadas por silicato de circonio (ZrSiO_4). Se emplea en la fabricación de machos y moldes sometidos a altas temperaturas como es el caso de piezas de acero y piezas masivas de fundición. Las propiedades de la arena de circonio permiten reducir o eliminar el veining (formación de cristales), evitar las reacciones metal/molde y aumentar la velocidad de enfriamiento.

Arena de olivino:

La arena de Olivino es una arena especial para la fabricación de moldes y machos en la industria de la fundición.

Está formada por rocas volcánicas básicas. En su composición química se distinguen los siguientes componentes: 93,5 % de fosterita (silicato de magnesio Mg_3SiO), un 5,5 % de fayalita (silicato de hierro SiO_4Fe_2), un 0,5 % de cromita y un 0,5 % de talco.

La arena de olivino se usa en piezas que requieren una baja expansión, una buena resistencia a la penetración del metal líquido y buenas propiedades de enfriamiento. Además su carácter básico la hace adecuada en la fabricación de piezas fundidas de acero al manganeso, ya que comparativamente con la arena de sílice es menos reactiva con el óxido de manganeso.

Arena cerabeads:

La arena cerabeads es una arena sintética formada por silicato de alúmina, presenta excelentes propiedades refractarias, una alta permeabilidad y una dilatación térmica similar a la arena de circonio. La arena cerabeads es compatible con todos los procesos químicos de confección y es muy apropiada para piezas de acero aleado o machos sometidos a altas sollicitaciones térmicas como por ejemplo pasos de aceite en motores de combustión.

Arena de bauxita:

Se obtiene por fusión y contiene aproximadamente un 75% de Al_2O_3 . Esta arena sintética presenta excelentes propiedades refractarias, una alta permeabilidad y dilatación térmica similar a la arena de cromita. La arena de bauxita se puede utilizar como sustituta de la arena de circonio y gracias a sus propiedades magnéticas es posible su separación de la arena de sílice. Otra importante característica de la arena de bauxita son las altas resistencias mecánicas que se obtienen en los moldes.

En la actualidad en FAED S.L. se utilizan las arenas del tipo arena de sílice y la arena de cromita.

2. DESARROLLO

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

A continuación se presenta de una forma simple el proceso de fabricación de cualquier pieza fabricada en FAED S.L.

En primer lugar aunque no se trata propiamente del proceso de fabricación el cliente solicita precio para la fabricación de una pieza en FAED. Entonces la oficina técnica estudia el pedido y realiza la oferta. Si la oferta es aceptada por el cliente se comienza con el proceso de fabricación.

- Producción y preparación de modelos:

Los modelos utilizados en fundición deben asemejarse lo más posible a la pieza que se quiere obtener. Estos modelos están fabricados a partir de una gran variedad de materiales, siendo los más comunes de madera o poliestireno. Aunque el diseño de los modelos es competencia de los departamentos de ingeniería de las empresas FAED no los diseña sino que una vez recibidos los planos de la pieza a fundir encarga a talleres especializados en fundición la fabricación de los modelos tanto en madera como en poliestireno.

Madera:

Una vez recibidos los modelos se comprueba su estado, si el estado es el requerido el molde pasa al moldeo calculándose anteriormente el peso de los modelos. En caso de detectarse imperfecciones se devuelven al fabricante.

Poliestireno:

Tras ser recibidos los modelos se comprueban. Si se encuentran defectos pequeños son reparados en FAED mediante cinta adhesiva. Después de la comprobación y arreglo si hiciese falta se pesan para calcular la cantidad de

caldo que será necesaria en la fusión. Por último se pintan los modelos con una pintura refractaria, se dejan secar y se encuentran ya entonces preparados para el moldeo.

- Moldeo

Consiste en la creación de un hueco con la forma de la figura a obtener que se llenará con el metal o aleación líquida hasta su solidificación y enfriamiento para su posterior extracción. Los moldes deben ser rígidos, compactos y resistentes para permitir el llenado correcto por el metal líquido impidiendo fugas y mantener la forma durante la solidificación.

Alimentación y mazarotas:

Las mazarotas son depósitos de metal que suministran caldo a la pieza hasta el final de la solidificación para compensar los rechupes que se producirían. La mazarota según va alimentando a la pieza se vacía generando en ella un rechupe. El rechupe queda en la mazarota sin penetrar en la pieza.

Manguitos:

Existen de dos tipos: exotérmicos y aislantes.

- Manguitos exotérmicos: están fabricados a partir de termita (polvo de aluminio y de óxido de hierro) y un aglomerante recubiertos de polvos exotérmicos gracias a los cuales se disminuye el volumen de la mazarota.
- Manguitos aislantes: la diferencia con los manguitos exotérmicos consiste en que están fabricados con distinto material.

Elementos de moldeo:

Evitan anomalías en zonas delicadas de las piezas a la hora del moldeo, como son:

- Salidas de gases: impiden las sopladuras, que son pequeñas cavidades producidas por los gases que se han desprendido durante el enfriamiento de las piezas, que no pueden llegar a la superficie. Para que los gases puedan salir se realizan pequeños agujeros sobre la superficie superior del molde y alrededor de las mazarotas.

- Enfriaderos: hay dos clases de enfriaderos, que son internos y externos.

Los enfriaderos internos incrementan la superficie efectiva de la zona masiva y disminuyen su módulo de enfriamiento mediante la creación de superficies interiores.

Los enfriaderos externos, al contrario que los internos que quedan fundidos a la pieza mientras solidifica, se separan de la pieza en el desmoldeo.

Para evitar el riesgo de condensación de humedad en el molde generalmente se usan los llamados enfriaderos refractarios, que además presentan la ventaja de su gran moldeabilidad. Por el contrario tienen la desventaja de su conductividad térmica que es menor que la de los enfriaderos metálicos.

- Machos: su función es realizar con éxito las zonas huecas de las piezas. Se colocan en las piezas adecuadas; que son las que sostienen a los machos en la posición correcta. La fabricación de los machos es de las operaciones más delicadas al moldear, debido a su gran importancia para obtener piezas sin defectos.

- Cajas de moldeo: las cajas de moldeo actúan como recipientes albergando la mezcla de arena, catalizador y resina. Para cubrir el molde pueden ser necesarias dos o más cajas, siendo imprescindibles la caja superior y la inferior pudiendo variar en el número o incluso en su utilización las cajas intermedias. Las cajas pueden tener muy distintos tamaños, debido a que deben contener y ajustarse de forma correcta al tamaño y forma de las piezas o modelos a obtener.

- Fusión y colada

Preparación:

Deberán tenerse en cuenta una serie de factores antes de comenzar la operación como son:

- El peso teórico de la pieza fundida.
- La composición del acero.
- El estado del refractario.
- La composición de la chatarra.
- El cálculo de la carga.

La carga empleada se trata de chatarra de acero inservible o sin ninguna utilidad.

Fusión:

Una vez introducida la chatarra en el horno se espera a que vaya reduciendo de tamaño durante la fusión, en este momento se añaden las ferroaleaciones necesarias para lograr la composición deseada. Una vez que los compuestos se hayan transformado en el caldo se retira una muestra del mismo para analizar con el espectrómetro. El espectrómetro determina la composición del caldo, entonces se ajustan los compuestos desajustados de acuerdo a la composición previa conocida. Una vez ajustado si hiciera falta, se comprueba la temperatura y si es correcta se termina la operación.

Colada:

Está formada principalmente por la cuchara y el sistema de colada. Consiste en trasvasar el metal líquido o colada del horno a la cuchara y posteriormente a la caja de moldeo para fundir la pieza. La colada se realiza volcando el horno sobre la cuchara, posteriormente la cuchara es desplazada hasta el molde vertiéndose terminando así la colada.

- Cucharas: son recipientes fabricados de chapa recubiertos de un revestimiento refractario con un orificio para verter el caldo. El tamaño de la cuchara es variable pero debe ser el ideal de acuerdo al peso que se quiera colar.

- Sistema de colada: tiene como misión el llenado de la cavidad del molde. Los elementos que integran el molde son el embudo de colada, el empalme bebedero –canal y la bajada del bebedero.

- Desmoldeo y acabados

Tiempos de enfriamiento:

Los tiempos de enfriamiento son muy importantes para evitar defectos como deformaciones o grietas. Por tanto dependiendo del peso y de la calidad se determina para cada pieza un tiempo mínimo de enfriamiento previo al desmolde.

Desmoldeo:

Consiste en sacar la pieza del molde separando las piezas del molde desecho. En primer lugar se coloca el molde en un contenedor donde sufre golpes que producen su agrietamiento y rotura. Posteriormente se acaba de romper el molde extrayendo las piezas quedando en el contenedor los restos de arena del molde que son trasladados a la recuperadora de arenas mientras que las piezas son desplazadas al taller de acabados.

Recuperación de la arena:

La recuperadora de arenas está formada por varias secciones. En primer lugar está la desterronadora compuesta por dos cilindros paralelos de superficie rugosa en la cual los terrones de arena procedentes del desmoldeo adquieren tamaño de grano. Posteriormente la arena pasa a través de una cinta transportadora quedando retenidas pequeñas impurezas

en el separador magnético. La cinta lleva la arena hasta una criba que separa los elementos ferrosos. Finalmente la arena pasa a un ventilador que separa los granos de arena gruesos de los granos de arena finos. La arena recuperada se mezcla con la arena nueva en una proporción de arena nueva 30 %, arena recuperada 70%.

Desmazarotado:

Consiste en separar de las piezas, el bebedero y las mazarotas una vez moldeado.

Desbarbado:

Esta operación se realiza en el taller de rebarba. Mediante una amoladora de disco abrasivo se repasa la superficie de las piezas obtenidas con el fin de eliminar las costras y rebabas consiguiendo así una superficie limpia de defectos.

Granallado:

Éste paso es realizado por la granalladora que se trata de una máquina que impulsa y lanza mediante un chorro de aire a presión granalla sobre la superficie de la pieza que se desea limpiar de la arena que haya quedado adherida a ella después del desmoldeo. La granalla son bolas de hierro o acero utilizadas como abrasivo.

- Tratamientos térmicos:

En FAED S.L. se realizan 4 tratamientos térmicos que son los siguientes:

Normalizado:

Se calienta a unos 35 °C por encima de la temperatura crítica superior, se mantiene un tiempo, y finalmente se enfría en aire hasta temperatura ambiente, consiguiendo un acero más duro y resistente.

Recocido:

Se trata de un tratamiento orientado a disminuir la dureza para facilitar el posterior mecanizado. Consiste en un calentamiento a una temperatura adecuada con una duración determinada seguido de un lento enfriamiento de las piezas.

Revenido:

Tiene como objetivo mejorar la tenacidad de los aceros templados a costa de disminuir su resistencia mecánica y su límite elástico. También consigue eliminar las tensiones internas del material, producidas en el temple.

Temple:

Tiene la finalidad de transformar el acero primero en austenita mediante un calentamiento y posteriormente en martensita gracias a un enfriamiento rápido. El objetivo de conseguir esta transformación en el acero es aumentar la dureza, la resistencia mecánica y el límite elástico.

- Mecanizado:

El mecanizado tiene como finalidad dar a la pieza las dimensiones exactas con las que fue diseñada originalmente mediante la utilización de una herramienta de corte. La acción de la herramienta de corte provoca la rotura de la viruta de la pieza, la cual al ser retirada queda expuesta la nueva superficie. En FAED S.L. no se mecaniza ninguna pieza, sino que envía directamente a talleres especializados las piezas a mecanizar.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO ANALÍTICO

De entre los muchos parámetros posibles que se pueden controlar en las arenas de fundición, se han seleccionado únicamente aquellos que se consideran más importantes. Éstos tienen una fuerte influencia en el proceso y en la calidad del acero, por lo que su medición y control, puede suponer la diferencia entre cumplir con los requisitos esperados y exigidos o no cumplir.

Los parámetros estudiados son:

- Demanda de ácido (Acid Demand Value) – ADV
- Potencial de hidrógeno – pH
- Granulometría (American Foundry Association) – AFA
- Suma o porcentaje de finos.

Para el análisis de los distintos factores será necesario la utilización de guantes de latex, gafas de seguridad y bata de laboratorio.

- Demanda de ácido (Acid Demand Value) - ADV

Objeto:

El objeto de éste procedimiento es el de definir la sistemática a emplear para la determinación de la demanda de ácido (ADV) de una muestra de arena.

Campo de aplicación:

Éste procedimiento es aplicable a arenas de fundición nuevas ya sean de sílice, olivino, cromita, zirconio, etc., arenas recuperadas, y microesferas. En el presente proyecto el procedimiento se aplica a arena mezcla de recuperada 70 % y nueva 30%.

Método operativo:

Definición:

El método mide la cantidad de componentes susceptibles de reaccionar con ácidos, contenidos en las arenas de fundición, en tanto por ciento. Estos son compuestos que influyen en la reacción de la mezcla de resina y arena y el grado de polimerización de la misma, pero que pueden no ser puestos de manifiesto en una simple determinación del pH de la arena. En resumen, se trata de un indicador de la pureza de la arena. Cuantas más impurezas contenga la arena, más alto será este índice, por lo que convendrá que el ADV sea lo más bajo posible. Los componentes que pueden hacer que la arena tenga un ADV alto son los finos, y toda sustancia orgánica que se encuentre. Este parámetro por tanto es uno de los más importantes a controlar ya que es un indicador rápido de la calidad de la arena. Los problemas que se pueden derivar de un ADV alto son arrastres y porosidades por gases. Los arrastres pueden venir producidos porque con un alto ADV la resina necesaria para obtener una resistencia más óptima debe ser mayor, ya que aumenta la superficie específica de la arena. Esto genera que la arena tenga menos resistencia y pueda desprenderse con

facilidad. Además se pueden producir porosidades por gases, ya que el permeado de los mismos en el molde es peor con un ADV alto.

La determinación se realiza poniendo en contacto una determinada cantidad de arena con una cantidad medida de ácido clorhídrico (HCl) 0,1N. La arena consumirá una determinada cantidad de ácido y el exceso del mismo se valora con una solución de hidróxido potásico (KOH) 0,1N. El consumo de ácido hallado se expresa en % sobre la arena.

Materiales y reactivos:

Balanza, sensibilidad 0,1grs.

Agitador magnético.

Espátula.

Barras agitadoras recubiertas de teflón.

Vaso de precipitado de 150mL. con vidrio de reloj para cubrir.

Temporizador.

Bureta de 50mL.

Probeta de 50mL.

Agua desionizada

Acido clorhídrico 0,1N.

Hidróxido potásico 0,1N.

Frasco lavador.

Solución indicadora de fenolftaleína.

Procedimiento:

Pesar utilizando una balanza, 50,0 grs. de arena mezcla en un vaso de precipitado de 150mL.

Añadir una barra agitadora en el vaso de precipitado.

Añadir con probeta 50mL. de agua desionizada en el vaso de precipitado.

Añadir con bureta 50mL. de solución de ácido clorhídrico 0,1N en el vaso de precipitado.

Tapar el vaso de precipitado con un vidrio de reloj y colocar en el agitador magnético.

Mantener en agitación intensa (1000-1200 rpm.) durante 2 horas

Transcurrido el tiempo añadir unas gotas de fenolftaleína y valorar con solución de hidróxido potásico 0,1N hasta viraje a rosa de fenolftaleína estable.

El último paso se realizará de dos formas distintas para observar las posibles diferencias existentes entre ellas y elegir el mejor procedimiento de los dos:

- 1- Valoración separando el vaso de precipitado del agitador.
- 2- Valoración manteniendo la agitación.

Cálculos:

Demanda de acido (ADV) % = $((50 - A)/W) \cdot 100$

A= volumen en mL. de solución de KOH 0,1N gasta hasta viraje.

W= peso tomado de arena (50 gr.).

Nota:

Las unidades de ADV son mL/gr.

- Potencial de hidrógeno - pH

Objeto:

El objeto de este procedimiento es definir la sistemática a emplear para la determinación del pH de una muestra de arena.

Campo de aplicación:

Arenas de fundición nuevas o recuperadas. En el presente proyecto el procedimiento se aplica a arena mezcla de recuperada y nueva (70% -30%).

Método operativo:

Definición:

El método mide el pH de una determinada mezcla de arena y agua desionizada bajo las condiciones del ensayo. El pH da una idea del nivel de contaminación que puede tener la arena. Ésta estrechamente relacionado con el ADV.

Materiales y reactivos:

Balanza, sensibilidad 0,1grs.

Agitador magnético.

Espátula.

Barras agitadoras recubiertas de teflón.

Vaso de precipitado de 150mL. con vidrio de reloj para cubrirlos.

Probeta graduada de 100mL.

Phómetro (medidor de pH).

Solución calibradora de pH=7.

Solución calibradora de pH=9,21.

Temporizador.

Agua desionizada.

Frasco lavador.

Procedimiento:

Pesar $50,0 \pm 0,5$ grs. de arena en un vaso de precipitados de 150 mL.

Añadir una barra agitadora.

Añadir 100mL. de agua desionizada.

Tapar el vaso de precipitado y colocar en el agitador magnético.

Mantener en agitación intensa (1000-1200 rpm.) durante una hora.

Transcurrido el tiempo parar el agitador y dejar reposar.

Calibrar el pHmetro con las soluciones calibradoras de pH=7 y pH=9,2.

Tras el calibrado, medir el pH de la disolución.

Cálculos:

Anotar el valor del pH indicado en el pHmetro con dos decimales.

Nota:

El pH es adimensional.

- Granulometría (American Foundry Association) – AFA y porcentaje de finos

Objeto:

El objeto de este procedimiento es definir la sistemática a emplear para la determinación del AFA y el % de finos de una muestra de arena.

Campo de aplicación:

Éste procedimiento es aplicable a arenas de fundición nuevas ya sean de sílice, olivino, cromita, zirconio, etc., arenas recuperadas, y microesferas. En el presente proyecto el procedimiento se aplica a arena mezcla de recuperada 70% y nueva 30%.

Método operativo:

Definición:

La granulometría es una característica que indica el tamaño y la distribución del tamaño del grano de la arena. Está determinado mediante la prueba de análisis de malla y se denomina tamaño de grano AFA. El AFA proporciona datos de % de finos en la arena, granulometría, siendo una prueba relativamente sencilla y proporcionando una gran cantidad de información. Los problemas de granulometría en la arena pueden generar los mismos problemas que el ADV alto, aunque por lo general son más probables las gasificaciones en el metal debido a una incorrecta granulometría que los arrastres.

Materiales y reactivos:

Espátula.

Vaso de precipitados de 50 mL.

Balanza, sensibilidad 0,1grs.

Tamizadora vibrante.

Procedimiento:

Pesar aproximadamente 50 grs. de arena en un vaso de precipitados de 150 mL. (la cantidad de arena que se coloque en el vaso de precipitado no es influyente a la hora de realizar el análisis ya que el cálculo final se basa en porcentajes).

Añadir la arena del vaso de precipitados en la tamizadora y dejar funcionar durante 10 minutos.

Pesar los distintos tamices de la tamizadora en la balanza.

Vaciar y limpiar los tamices de la arena para su posterior utilización.

Cálculos:

La tamizadora consta de 8 tamices de distinta luz de malla expresada en milímetros: 0,71mm., 0,5mm., 0,355mm., 0,25mm., 0,18mm., 0,125mm., 0,09mm., 0,063mm. además de la bandeja.

Los tamices y la bandeja tienen un peso conocido: 176,81gr., 165,87gr., 160,25gr., 155,79gr., 154,04gr., 150,83gr., 148,56gr., 147,39gr., y 244,94gr.

Además los tamices y la bandeja tienen un factor, estipulado por la American Foundry Association, y estos factores son: 15, 25, 35, 45, 60, 81, 118, 164, 275.

En la siguiente tabla se muestra la manera de calcular tanto el AFA como el porcentaje de finos en la arena:

TAMIZ (mm.)	Peso del Tamiz (gr.)	Retenido [R] (gr.)	Retenido %	FACTOR	R x Factor (gr.)
0.71				15	
0.5				25	
0.355				35	
0.250				45	
0.18				60	
0.125				81	
0.09				118	
0.063				164	
BANDEJA				275	
TOTAL					

La primera columna contiene los milímetros de los 8 tamices ordenados descendientemente de mayor a menor luz de malla.

En la segunda columna se van añadiendo por orden los distintos pesos de los tamices una vez pesados después de dejar actuar la tamizadora durante los 10 minutos.

La tercera columna contiene la diferencia de peso existente en el tamiz después del proceso de tamizado (columna 2) y el peso de cada tamiz conocido previamente antes de tamizar, dicho de otro modo, contiene la cantidad de arena contenida en cada tamiz. Las distintas diferencias de peso de cada tamiz se suman para dar el total de arena retenida en los tamices. Por ejemplo, para el tamiz de 0,71mm. se calcula como: "Peso del Tamiz de 0,71mm. después de tamizado" (columna 2) – 176,81gr.

La cuarta columna contiene el porcentaje de arena sobre el total que ha quedado retenido en cada tamiz. Por ejemplo, para el tamiz de 0,71mm. se calcula como: ("Retenido [R] del Tamiz de 0,71mm. después de tamizado"/ TOTAL Retenido [R]) * 100.

La quinta columna contiene los factores estipulados por la American Foundry Asociation para cada tamiz.

La sexta columna se calcula como el peso retenido [R] * el factor de cada tamiz. Por ejemplo, para el tamiz de 0,71mm. se calcula como: ("Retenido [R] del Tamiz de 0,71mm. después de tamizado") * 15. El total se obtiene con la suma de cada uno.

El AFA se calcula como: ("TOTAL R x Factor")/ ("TOTAL Retenido [R]")

El porcentaje de la suma de finos se calcula como la suma del porcentaje retenido ("Retenido %") de los 3 últimos tamices, es decir 0,09mm., 0,063mm. y la bandeja.

Nota:

Tanto el AFA como el porcentaje de la suma de finos son adimensionales.

2.3 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO ESTADÍSTICO

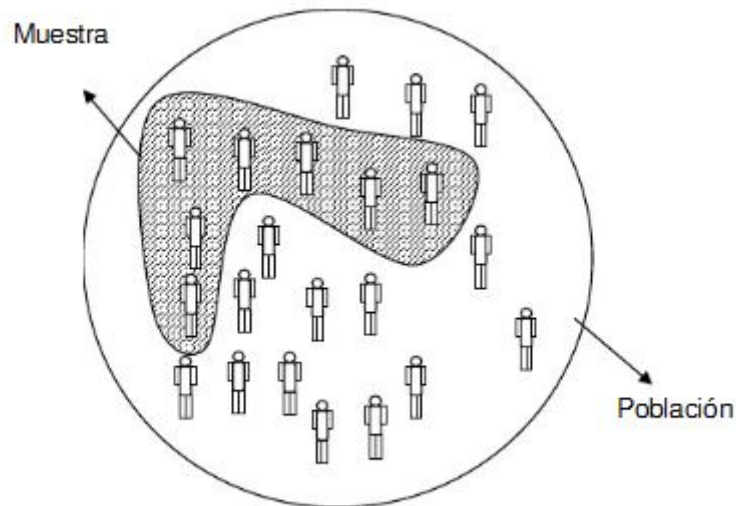
En estadística los datos pueden provenir de una población o de una muestra. Es imprescindible conocer su procedencia para calcular los distintos parámetros estadísticos de la forma correcta. Los datos deben ser además cuantitativos, para así poder aplicar sobre ellos, operaciones aritméticas.

De este modo, población se define como un conjunto de todos los elementos que estamos estudiando, acerca de los cuales intentamos sacar conclusiones. Según el número de elementos la población puede ser finita o infinita. Cuando el número de elementos que integra la población es muy grande, se puede considerar a esta como una población infinita a efectos prácticos.

Por otra parte, se define muestra como un subconjunto de una población. Una muestra será además representativa cuando los elementos sean seleccionados de tal forma que pongan de manifiesto las características de una población. La selección de los elementos que conforman una muestra pueden ser realizados de forma probabilística o aleatoria (al azar), o no.

En el caso del presente proyecto los resultados obtenidos en los análisis de la arena recogida serán considerados datos provenientes de una muestra, ya que como es evidente resultaría imposible realizar un análisis de la cantidad total de arena susceptible de ser analizada existente en FAED que sería la población, además se tratará de una muestra probabilística o al azar, ya que cualquier grano de la arena objeto de estudio puede ser escogido en la muestra.

En el siguiente dibujo se aprecia de una forma clara la relación entre la muestra y la población:



Además de conocer si los datos provienen de una muestra o de una población, es necesario saber como están tratados los datos. Existen dos clases:

- Datos no agrupados.
- Datos agrupados.

En el caso de datos no agrupados los datos son brutos (es decir, no se presentan clasificados), La razón de no clasificar los datos es que no tiene mucho sentido ya que los datos no son especialmente repetitivos. De forma general si se trata de un número de datos inferior a 20 se toman como datos no agrupados.

Los datos agrupados por su parte tienen como finalidad resumir la información. El número de elementos es elevado por lo cual requieren ser agrupados, esto implica: ordenar, clasificar y expresarlos en una tabla de frecuencias. Se agrupa a los datos, si se cuenta con 20 o más elementos, pero deberá verificarse que los datos sean repetitivos.

Para realizar los cálculos estadísticos se considerarán datos no agrupados ya que si bien es cierto que el número de datos es mayor que 20 (según lo cual en principio deberían tratarse como datos agrupados), estos datos no

son en absoluto repetitivos por lo que no se pueden clasificar de forma realista.

Los parámetros estadísticos que se estudiarán son:

- Media aritmética [X]: la media aritmética de un conjunto finito de números se obtiene a partir de la suma de todos sus valores dividida entre el número de sumandos.

Dados los n números $\{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, la media aritmética se define como:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n a_i = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{n}$$

Una de las limitaciones de la media aritmética es que se trata de una medida muy sensible a los valores extremos; valores muy grandes tienden a aumentarla mientras que valores muy pequeños tienden a reducirla, lo que implica que puede dejar de ser representativa de la muestra.

- Elemento máximo: se define como aquel valor tal que cualquier otro es menor o igual que él, es decir, el elemento con el valor más alto del conjunto.

- Elemento mínimo: se define como aquel valor tal que cualquier otro es mayor o igual que él, es decir, el elemento con el valor más bajo del conjunto.

- Rango estadístico [R]: es igual a la diferencia entre el elemento máximo y el elemento mínimo. Permite obtener una ligera idea de la dispersión de los datos, cuanto mayor es el rango, más dispersos están los datos dentro del conjunto.

El rango estadístico se define como:

$[R] = \text{Elemento máximo} - \text{elemento mínimo}$.

- Varianza $[S^2]$: la varianza $[S^2]$, se define como la media de las diferencias cuadráticas de n elementos con respecto a su media aritmética.

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$$

- Desviación típica: se trata de una medida del grado de dispersión de los datos con respecto al valor promedio. Dicho de otra manera, la desviación estándar es simplemente el "promedio" o variación esperada con respecto a la media aritmética. Se define como la raíz cuadrada de la varianza, es decir:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

- Coeficiente de variación: su ecuación expresa la desviación típica como porcentaje de la media aritmética, mostrando una mejor interpretación porcentual del grado de variabilidad que la desviación típica o estándar. Generalmente viene expresada en tanto por ciento. Se emplea para comparar la dispersión de conjuntos de valores sobre distinta escala. Se define como la desviación típica entre la media.

$$C.V. = \frac{S}{\bar{X}} * 100$$

Cuando la media está muy próxima al cero afecta mucho al coeficiente, aumentando mucho su valor.

2.4 RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación se presentan en forma de tablas los resultados obtenidos a partir de los análisis realizados de la arena en los días que aparecen señalados para los parámetros que se desean estudiar:

- ADV:
 - Sin agitación.
 - Con agitación.
- pH
- AFA
- Suma de finos

- ADV

Los resultados que aparecen a continuación corresponden al análisis del ADV siguiendo el procedimiento que aparece detallado en el método analítico de acuerdo a las dos posibilidades a estudiar (valoración sin agitación y valoración con agitación); además se muestra la cantidad en mL. de KOH necesario para la valoración.

Valoración separando el vaso de precipitado del agitador (no agitación):

Los mL gastados de KOH para valorar la disolución, se muestran ordenados en la siguiente tabla:

FECHA	mL KOH
05/01/2012	37,9
12/01/2012	38,7
19/01/2012	35,5
26/01/2012	38,5
02/02/2012	40,6
09/02/2012	38,8
16/02/2012	38
23/02/2012	39,3
01/03/2012	39,5
08/03/2012	40
15/03/2012	38,3
22/03/2012	38,7
28/03/2012	39,5
04/04/2012	40
12/04/2012	40,7
19/04/2012	39,8

Con los datos obtenidos de mL de KOH mostrados en la tabla anterior se calcula el ADV por medio de la ecuación descrita en el método analítico:

FECHA	mL KOH	ADV (mL/gr.)
05/01/2012	37,9	24,2
12/01/2012	38,7	22,6
19/01/2012	35,5	29
26/01/2012	38,5	23

02/02/2012	40,6	18,8
09/02/2012	38,8	22,4
16/02/2012	38	24
23/02/2012	39,3	21,4
01/03/2012	39,5	21
08/03/2012	40	20
15/03/2012	38,3	23,4
22/03/2012	38,7	22,6
28/03/2012	39,5	21
04/04/2012	40	20
12/04/2012	40,7	18,6
19/04/2012	39,8	20,4

Valoración manteniendo la agitación:

Los mL gastados de KOH para valorar la disolución de arena, se muestran ordenados en la siguiente tabla:

FECHA	mL KOH
26/04/2012	42,4
04/05/2012	41,1
11/05/2012	41,85
17/05/2012	43,4
25/05/2012	43,7
31/05/2012	42,3
07/06/2012	41,6
14/06/2012	42,2
21/06/2012	42,7
28/06/2012	43,1
05/07/2012	42,1
12/07/2012	47,1
19/07/2012	42,6
26/07/2012	45,9
02/08/2012	42,8
23/08/2012	44,1
30/08/2012	44,3
06/09/2012	43,5

Con los datos obtenidos de mL de KOH mostrados en la tabla anterior se calcula el ADV por medio de la ecuación descrita en el método analítico:

FECHA	mL KOH	ADV (mL/gr.)
26/04/2012	42,4	15,2
04/05/2012	41,1	17,8

11/05/2012	41,85	16,3
17/05/2012	43,4	13,2
25/05/2012	43,7	12,6
31/05/2012	42,3	15,4
07/06/2012	41,6	16,8
14/06/2012	42,2	15,6
21/06/2012	42,7	14,6
28/06/2012	43,1	13,8
05/07/2012	42,1	15,8
12/07/2012	47,1	5,8
19/07/2012	42,6	14,8
26/07/2012	45,9	8,2
02/08/2012	42,8	14,4
23/08/2012	44,1	11,8
30/08/2012	44,3	11,4
06/09/2012	43,5	13

- pH

Los resultados que aparecen a continuación corresponden al análisis del pH siguiendo el procedimiento que aparece detallado en el método analítico:

FECHA	PH
05/01/2012	7,57
12/01/2012	9,41
19/01/2012	9,9
26/01/2012	10,53
02/02/2012	7,72
09/02/2012	9,88
16/02/2012	8,42
23/02/2012	8,67
01/03/2012	10,11
08/03/2012	9,48
15/03/2012	8,7
22/03/2012	9,82
28/03/2012	10,48
04/04/2012	10,32
12/04/2012	10,59
19/04/2012	10,88
26/04/2012	10,25
04/05/2012	10,94
11/05/2012	10,61
17/05/2012	10,66
25/05/2012	10,75
31/05/2012	10,29
07/06/2012	10,93
14/06/2012	10,81
21/06/2012	10,63
28/06/2012	10,52
05/07/2012	10,86
12/07/2012	7,55
19/07/2012	10,52
26/07/2012	7,85
02/08/2012	10,26
23/08/2012	10,07
30/08/2012	9,77
06/09/2012	10,17

- AFA

Los resultados que aparecen a continuación corresponden al análisis del AFA siguiendo el procedimiento que aparece detallado en el método analítico.

FECHA	AFA
05/01/2012	38,94
12/01/2012	41,13
19/01/2012	38,28
26/01/2012	37,96
02/02/2012	38,49
09/02/2012	41,11
16/02/2012	42,42
23/02/2012	39,79
01/03/2012	42,05
08/03/2012	40,69
15/03/2012	41,04
22/03/2012	40,67
28/03/2012	36,63
04/04/2012	38,27
12/04/2012	38,31
19/04/2012	39,25
26/04/2012	38,77
04/05/2012	41,23
11/05/2012	40,47
17/05/2012	40,07
25/05/2012	39,89
31/05/2012	40,09
07/06/2012	40,12
14/06/2012	38,4
21/06/2012	40,83
28/06/2012	40,38
05/07/2012	41,38
12/07/2012	42,14
19/07/2012	42,25
26/07/2012	42,11
02/08/2012	41,31
23/08/2012	40,07
30/08/2012	41,83
06/09/2012	40,17

- Suma de finos

Los resultados que aparecen a continuación corresponden al análisis de la suma de finos siguiendo el procedimiento que aparece detallado en el método analítico.

FECHA	SUMA DE FINOS
05/01/2012	0,22
12/01/2012	0,8
19/01/2012	0,45
26/01/2012	0,28
02/02/2012	0,41
09/02/2012	0,53
16/02/2012	1,28
23/02/2012	0,59
01/03/2012	1,2
08/03/2012	0,51
15/03/2012	0,49
22/03/2012	0,78
28/03/2012	0,25
04/04/2012	0,29
12/04/2012	0,24
19/04/2012	0,39
26/04/2012	0,25
04/05/2012	0,76
11/05/2012	0,4
17/05/2012	0,53
25/05/2012	0,43
31/05/2012	0,36
07/06/2012	0,56
14/06/2012	0,39
21/06/2012	0,44
28/06/2012	0,55
05/07/2012	0,38
12/07/2012	0,36
19/07/2012	0,33
26/07/2012	0,48
02/08/2012	0,69
23/08/2012	0,38
30/08/2012	1,02
06/09/2012	0,27

2.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

- ADV

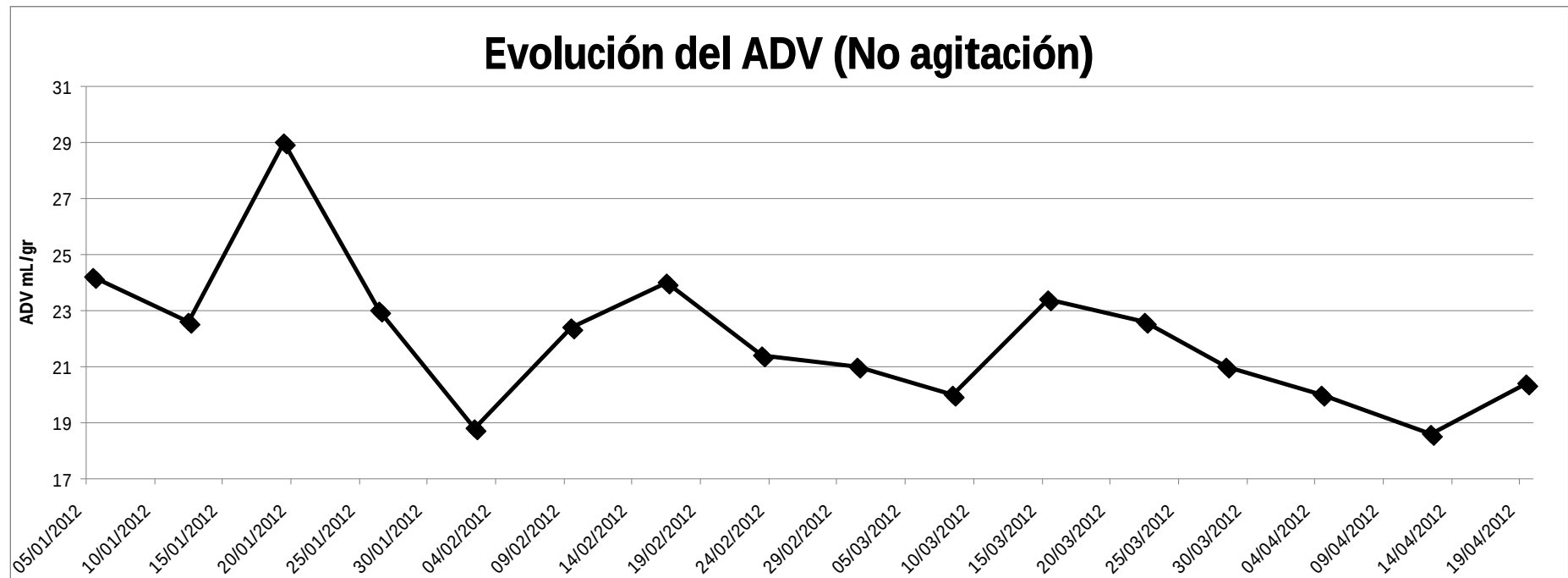
El análisis de los resultados obtenidos del ADV consistirá en establecer una comparación entre los dos métodos posibles para determinar el ADV, como son el método de análisis en agitación y el método de análisis sin agitación, determinar cual de los dos es el más efectivo en base a los resultados obtenidos y justificar la elección de un método u otro para los siguientes análisis a realizar.

Análisis sin agitación:

En primer lugar será necesario graficar los valores obtenidos para poder así interpretarlos de una forma sencilla, ver la tendencia seguida y analizar de una forma general los valores en que se puede mover el ADV.

La gráfica constará de dos ejes, en el eje de ordenadas o eje vertical se mostrarán los valores del ADV en su unidad correspondiente (mL/gr) y en el eje de ordenadas o eje horizontal aparecerán las fechas correspondientes de los análisis. La gráfica tomando todos los valores desde el inicio de los análisis hasta el final es la siguiente:

ADV INICIAL



A simple vista se observan dos situaciones concretas; la primera es el valor de ADV de 29 obtenido el 19/01/2012, ya que como se puede ver este valor es especialmente alto con respecto al resto de los valores y una segunda situación al variar los valores entre 23 y 19 lo cual invita a pensar que se tratará de un análisis con una dispersión no muy elevada. Para asegurar o corregir ésta hipótesis inicial se calculan los parámetros estadísticos señalados para el estudio de éste análisis:

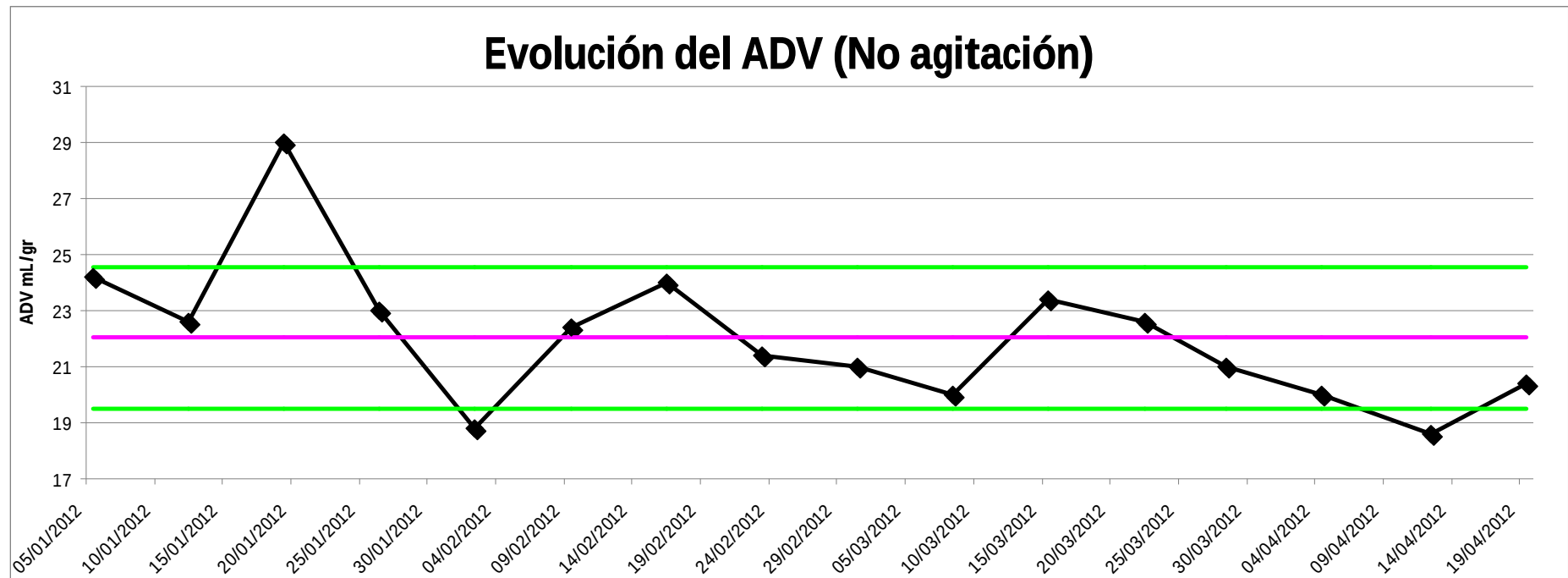
- Valor mínimo = 18,60 mL/gr
- Valor máximo = 29,00 mL/gr
- Rango = 10,4 mL/gr
- Media = 22,025 mL/gr
- Varianza = 6,426 mL²/gr²
- Desviación típica = 2,534955621 mL/gr
- Coeficiente de variación = 0,115094466
- Coeficiente de variación (%) = 11,50944663 %

Con éstos datos obtenidos se puede sacar una conclusión clara respecto al rango y es que se encuentra algo desvirtuado debido al anteriormente comentado valor puntual máximo de ADV de 29 por tanto los parámetros estadísticos no serán del todo confiables. Para representar los límites en los que la dispersión estaría aceptada se utiliza la media y la desviación típica de la forma:

- Media + desviación típica = 24,55995562 mL/gr
- Media - desviación típica = 19,49004438 mL/gr

Se realiza una nueva gráfica con los datos obtenidos que aparecen en la gráfica anterior de la evolución de ADV inicial a la que se añadirá los límites permitidos superior e inferior calculados que se corresponderán con dos líneas verdes horizontales, y además se añadirá también el valor medio de ADV calculado. El objetivo de ésta nueva gráfica será observar a simple vista aquellos valores que se encuentren muy alejados de la media, es decir aquellos valores que presentan una mayor dispersión:

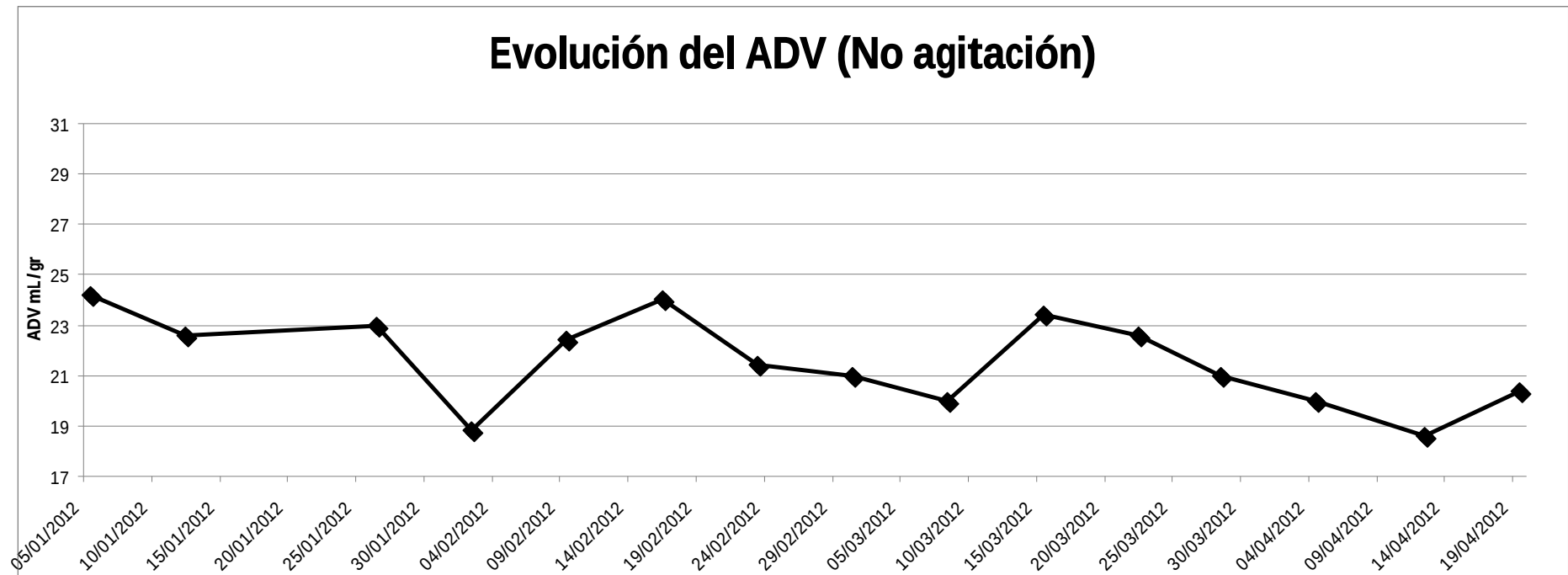
ADV INICIAL CON PARAMETROS ESTADISTICOS



Como era de esperar el valor de ADV de 29 obtenido el 19/01/2012 se encuentra muy disperso provocando un gran aumento de la desviación típica. Este valor tan elevado y único no puede ser comparado con ningún otro, además no se conoce con exactitud el motivo por el cual es tan elevado por lo que se plantearán varias posibilidades para encontrar su explicación: en primer lugar puede haber ocurrido que la arena mezcla tenga una elevada cantidad de arena recuperada, eso significa que la arena tendrá una gran cantidad de impurezas por lo que se necesitará una cantidad más reducida de KOH hasta llegar al punto de viraje de la disolución de arena, otra posibilidad simplemente es un fallo en el método analítico y otra posibilidad para tener un ADV alto es que exista en la arena un alto porcentaje de finos.

De las 3 posibilidades queda descartada completamente la tercera puesto que el porcentaje de finos en el análisis de ese día no señaló la presencia de un gran porcentaje de finos. Analizando los demás factores de la arena en ese día no parece probable una alta contaminación de la arena ya que el valor de pH no sufrió un cambio muy significativo. Por tanto la opción más probable de ése resultado tan disperso es que se haya cometido un error en el método analítico. Este posible error en el método analítico provoca que la evolución no sea realista, por tanto para comprobar como afecta ese dato en el control real del ADV se elimina el dato equívoco de $ADV = 29$ y se obtiene una nueva gráfica corregida más realista:

ADV CORREGIDO



De entrada se sabe que el control ha mejorado debido a la disminución del rango que provoca la eliminación del valor de ADV de 29. Se calculan los nuevos parámetros estadísticos para la gráfica corregida sin el valor puntual de ADV de 29 obteniendo:

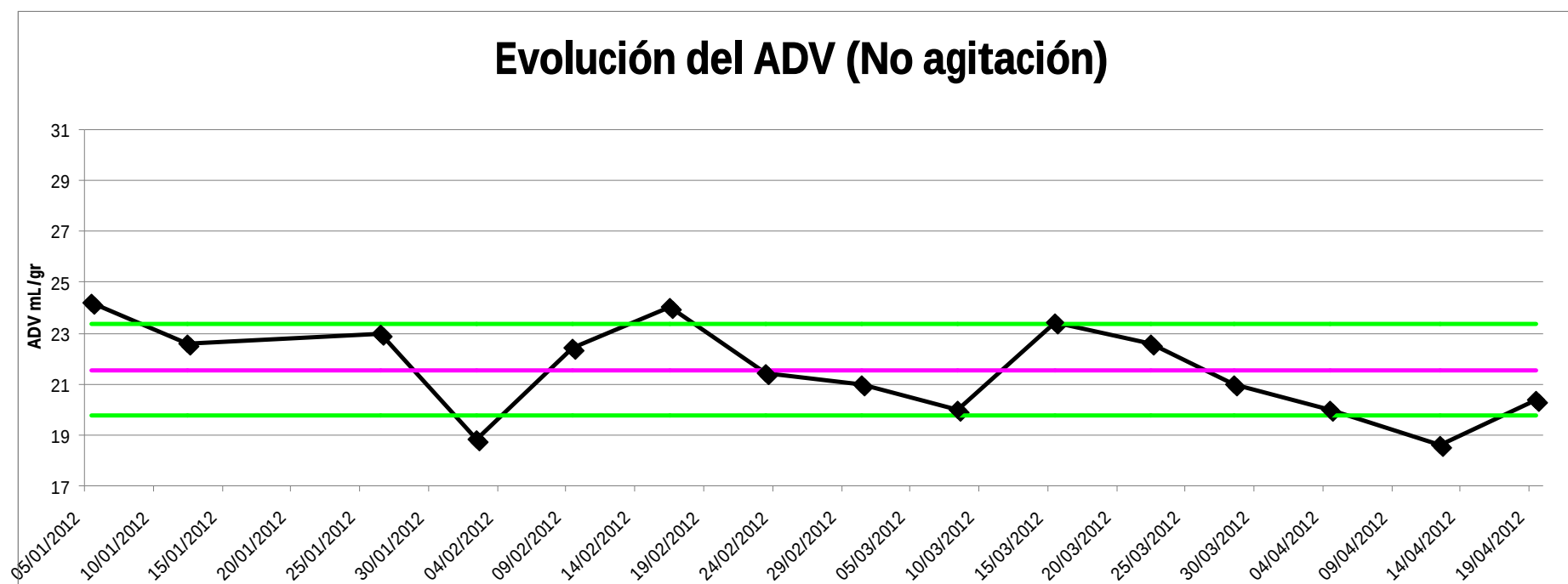
- Valor mínimo = 18,60 mL/gr
- Valor máximo = 24,20 mL/gr
- Rango = 5,6 mL/gr
- Media = 21,56 mL/gr
- Varianza = 3,178285714 mL² /gr²
- Desviación típica = 1,782774723 mL/gr
- Coeficiente de variación = 0,082688995
- Coeficiente de variación (%) = 8,268899459 %

y se recalculan de nuevo los límites permitidos para la dispersión:

- Media + desviación típica = 23,34277472 mL/gr
- Media - desviación típica = 19,77722528 mL/gr

Sobre la gráfica corregida anterior, se añaden los valores de [media + desviación típica], [media – desviación típica] que corresponden a los límites permitidos superior e inferior obtenidos anteriormente y la media.

ADV CORREGIDO CON PARAMETROS ESTADISTICOS

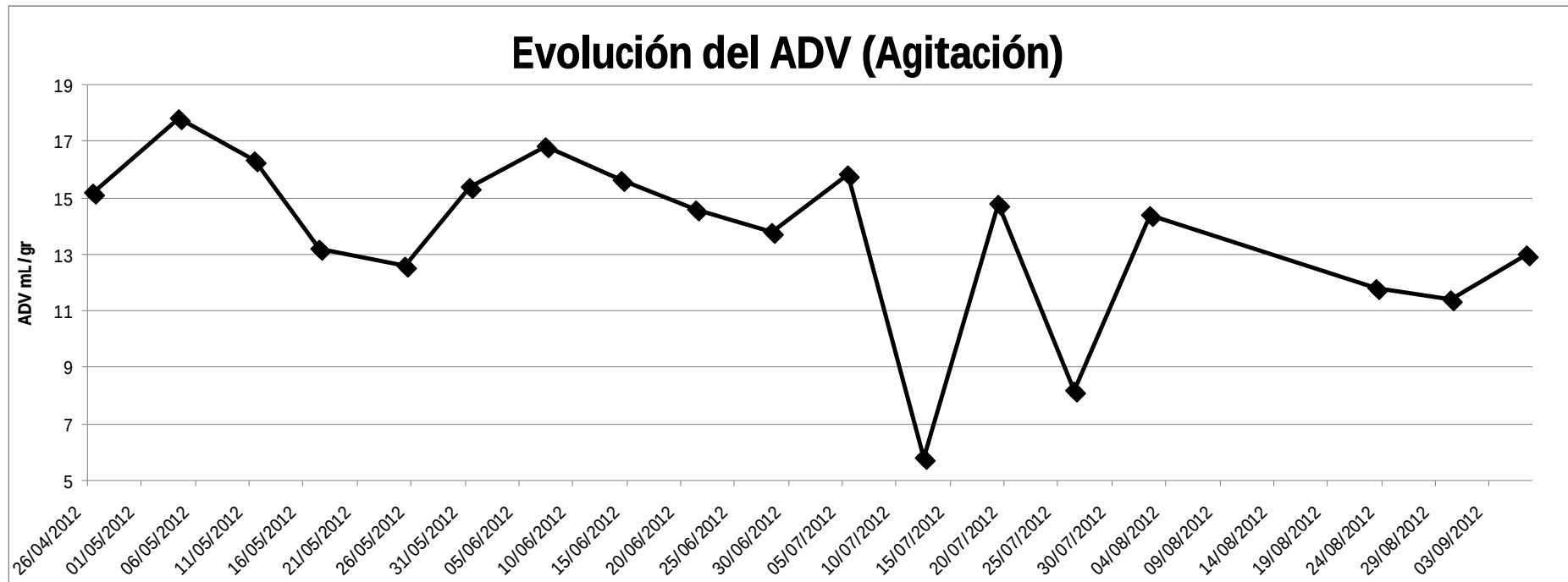


Comparando ambos estadísticos se puede observar que al recalcular los límites aceptados de dispersión el coeficiente de variación se reduce de 11,50944663 % en la situación inicial a 8,268899459 % en la situación corregida lo que significa que la evolución del ADV se ve claramente afectada por el error de medida del ADV de 29. Otra forma de clara de ver la mejoría experimentada está al observar la distancia entre las dos líneas horizontales de los límites de dispersión pasando de inicialmente 5,06991124 mL/gr a 3,56554945 mL/gr en la gráfica recalculada.

Análisis con agitación:

Realizado el análisis sin agitación es necesario comparar el resultado con el que se obtiene mediante el método de análisis con agitación. La comparación será aproximada ya que mientras el método de análisis sin agitación se trata del único método que se ha empleado con anterioridad para el control del ADV, el método de análisis con agitación se trata de un método que se comenzará a realizar en este proyecto, motivo éste por el cual los resultados podrán ser comparados solo mínimamente ante la falta de experiencia del nuevo método. El procedimiento para analizar la variación es el mismo que el anterior, comenzando por mostrar en la siguiente gráfica los valores obtenidos:

ADV INICIAL



Lo primero a destacar viendo únicamente los valores representados son los dos valores inferiores obtenidos los días 12/07/2012 y 26/07/2012 de 5,8 y 8,2. El descenso en estos valores tiene una clara explicación conocida ya que se produjo un incremento en la cantidad de arena nueva en la tolva, lo cual ya era previamente conocido y se esperaban unos valores de ADV más bajos. Estos dos valores de ADV tan bajos en estas dos fechas coinciden con los bajos valores obtenidos de pH por lo que no existe duda de la causa de la existencia de estos datos. Será necesario obtener los parámetros estadísticos para afinar más en el análisis:

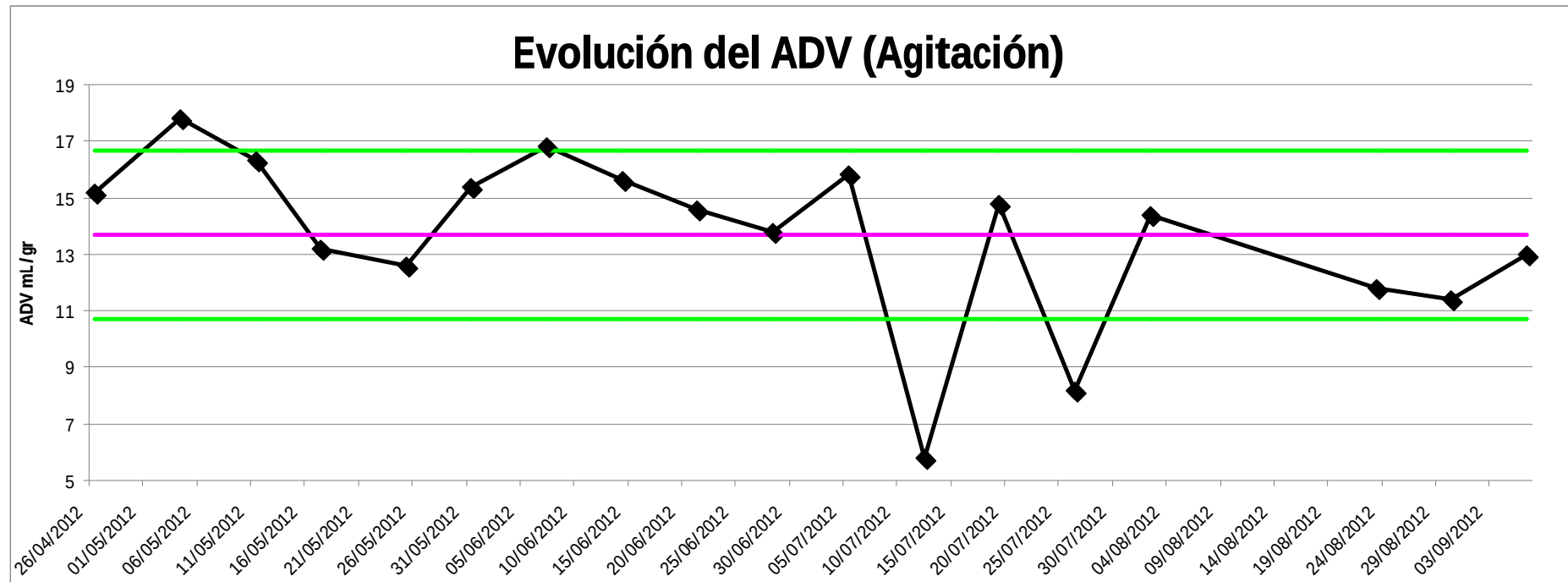
- Valor mínimo = 5,80 mL/gr
- Valor máximo = 17,80 mL/gr
- Rango = 12 mL/gr
- Media = 13,69444444 mL/gr
- Varianza = 8,962908497 mL² /gr²
- Desviación típica = 2,9938117 mL/gr
- Coeficiente de variación = 0,218615053
- Coeficiente de variación (%) = 21,86150532 %

con estos parámetros se calculan como en el método sin agitación los límites permitidos para la dispersión de valores:

- Media + desviación típica = 16,68825614 mL/gr
- Media - desviación típica = 10,70063274 mL/gr

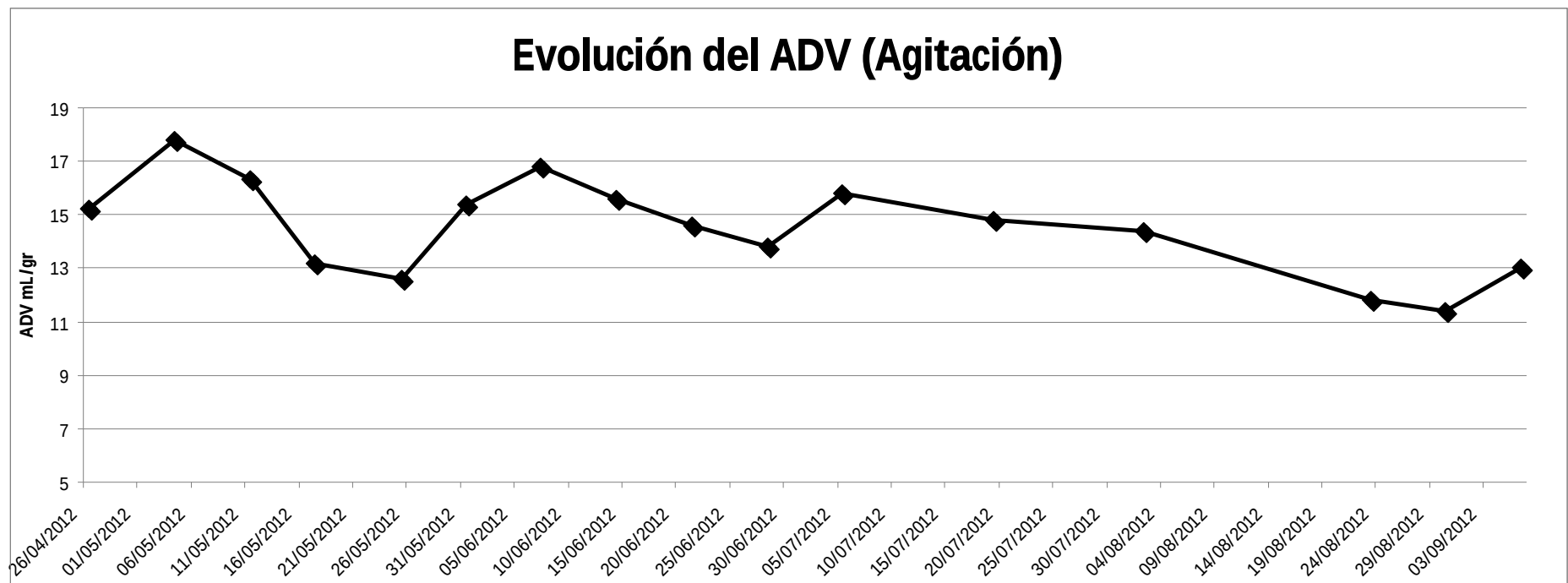
y se realiza una nueva gráfica para su interpretación en la que aparecen los límites superior e inferior de control y la media:

ADV INICIAL CON PARAMETROS ESTADISTICOS



Como era de esperar los valores de ADV obtenidos los días 12/07/2012 y 26/07/2012 de 5,8 y 8,2 respectivamente se encuentran muy dispersos provocando una notable alteración de los parámetros estadísticos obtenidos. La influencia de estos valores en el control de la evolución será muy importante, para evitar su influencia se eliminan esos valores ya que no corresponden a las condiciones requeridas de arena para realizar el análisis correcto. La nueva representación gráfica corregida se muestra a continuación:

ADV CORREGIDO



Se calculan nuevamente los parámetros estadísticos de la gráfica anterior de ADV corregido:

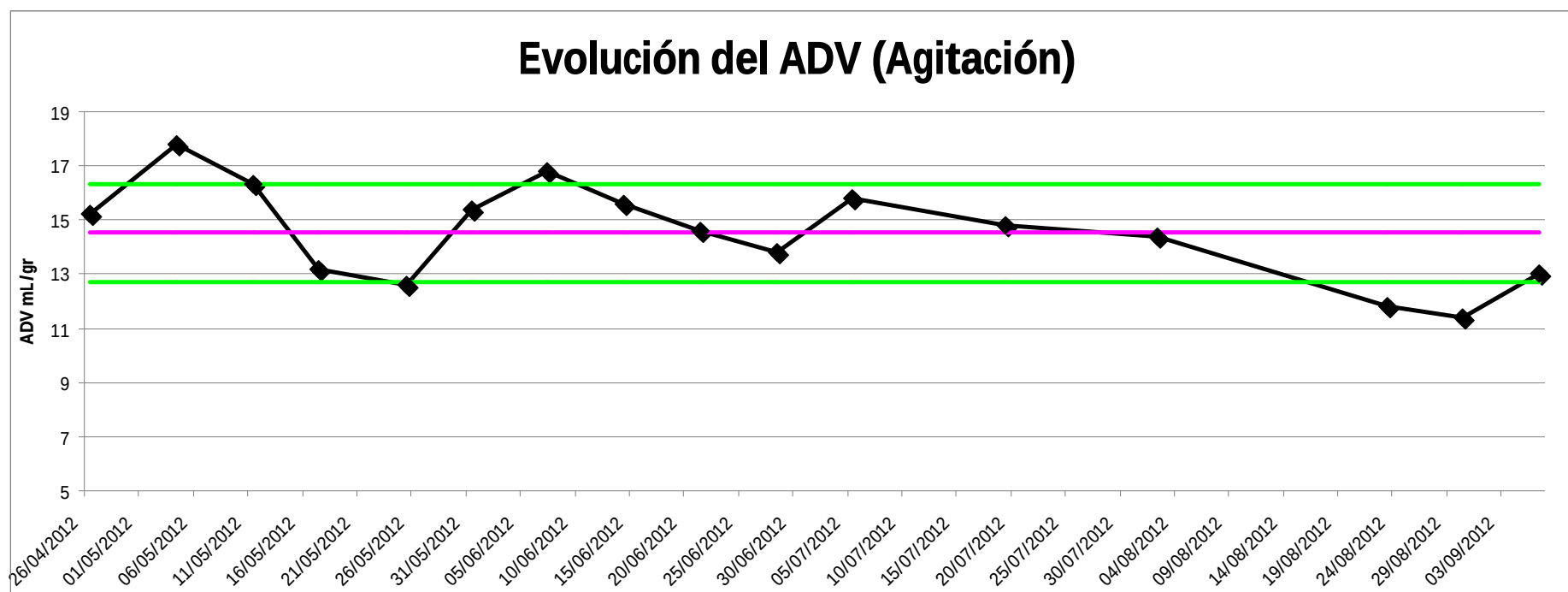
- Valor mínimo = 11,40 mL/gr
- Valor máximo = 17,80 mL/gr
- Rango = 6,4 mL/gr
- Media = 14,53125 mL/gr
- Varianza = 3,243625 mL²/gr²
- Desviación típica = 1,801006663 mL/gr
- Coeficiente de variación = 0,123940243
- Coeficiente de variación (%) = 12,39402435 %

y se buscan de nuevo los límites permitidos para la dispersión:

- Media + desviación típica = 23,34277472 mL/gr
- Media - desviación típica = 19,77722528 mL/gr

representadose nuevamente en la gráfica anterior los límites para la dispersión mediante líneas horizontales de color verde y el valor medio obtenido mediante una línea horizontal de color rosa:

ADV CORREGIDO CON PARAMETROS ESTADISTICOS



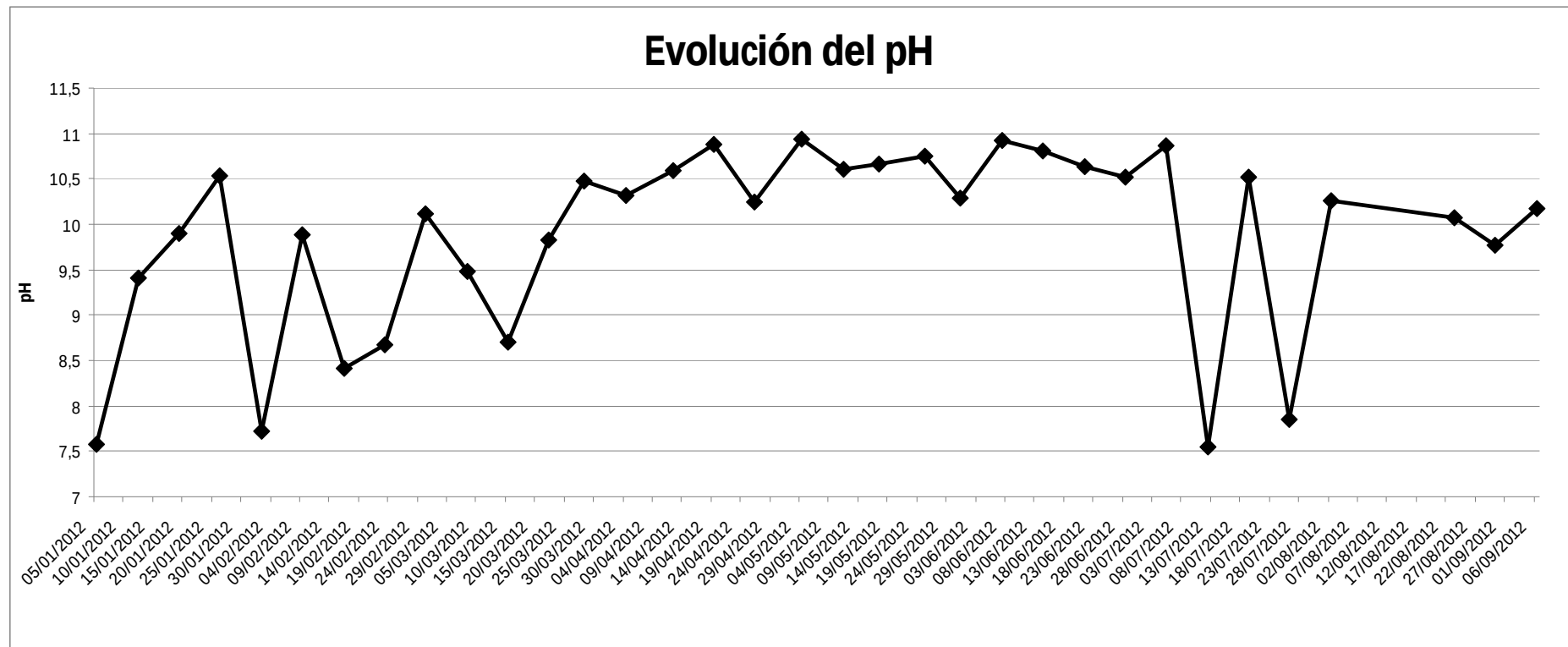
Comparando ambos estadísticos se observa que al recalcular los límites aceptados de dispersión el coeficiente de variación se reduce de 21,86150532 % en la situación inicial a 12,39402435 % en la situación corregida lo que significa que la evolución del ADV se ve claramente afectado por los valores puntuales de 5,8 y 8,2. Se observa también como la evolución del ADV está disminuyendo en los últimos análisis lo cual siempre será mejor ya que indicará mayor calidad de la arena. A partir del último valor de ADV obtenido el día 06/09/2012 será especialmente importante seguir realizando el análisis para comprobar si la tendencia hacia valores más bajos se mantiene.

- pH

La mejor forma de ver fácilmente la variación de los datos de pH obtenidos durante el período en que han sido realizados los análisis es mediante una representación gráfica de los valores obtenidos de pH de acuerdo a los días en que fue realizado el análisis.

De acuerdo con ésta premisa la representación gráfica constará de dos ejes, el eje de ordenadas o eje vertical que será la escala de medición del pH y el eje de abscisas o eje horizontal que será el eje en el cual aparecerán las fechas desde el inicio de los análisis hasta el final. La representación gráfica será por lo tanto la siguiente:

pH INICIAL



A simple vista se pueden diferenciar claramente dos grupos de valores, por un lado una primera zona desde el 05/01/2012 hasta el 28/03/2012 en la que existe una clara dispersión de valores, por otro lado desde el 28/03/2012 hasta el 05/07/2012 se puede observar como existe un grupo de valores en los cuales el pH adquiere una cierta estabilidad de entre 10 y 11 sufriendo apenas variaciones considerables a tener en cuenta. Conviene destacar también como en ocasiones puntuales los valores bajan drásticamente hasta situarse en aproximadamente 7,5.

Para realizar un análisis más a fondo y controlar estas variaciones al detalle conociendo con exactitud lo que puede estar ocurriendo, se calculan los parámetros estadísticos definidos anteriormente que servirán de ayuda en ésta tarea:

- Valor mínimo= 7,55
- Valor máximo = 10,94
- Rango= 3,39
- Media= 9,88
- Varianza= 1,07183636
- Desviación típica= 1,0352953
- Coeficiente de variación= 0,10478697
- Coeficiente de variación (%) = 10,4786974%

Principalmente importantes son los parámetros estadísticos de la media y la desviación típica pues ayudan a detectar las posibles dispersiones de los valores.

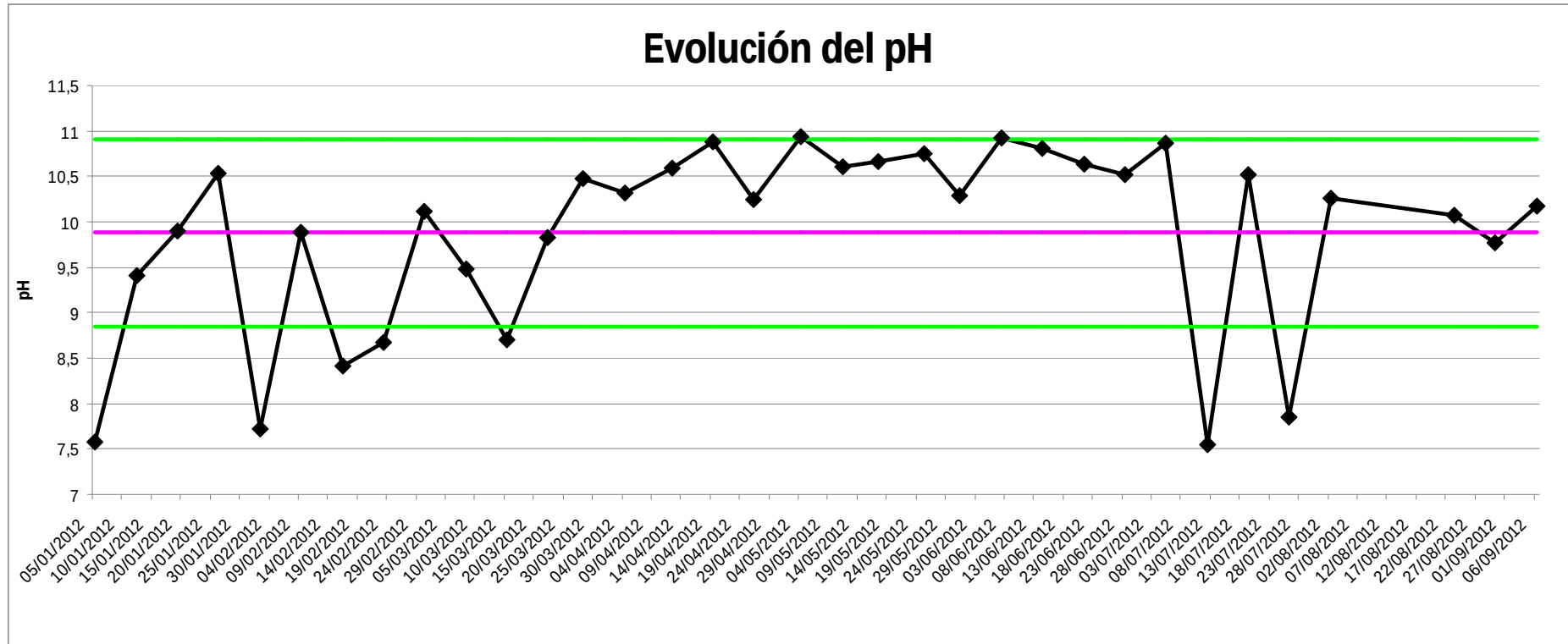
Conociendo por tanto los valores de la media y la desviación típica se realiza una nueva gráfica representando la media como una línea horizontal de color rosa, y los límites permitidos para la dispersión de los datos que se calcularán como:

- Media + desviación típica = 10,92

- Media - desviación típica = 8,84

los cuales serán representados mediante líneas horizontales de color verde resultando la siguiente representación gráfica:

pH CON LIMITES DE DISPERSION



Esta representación gráfica aporta mucha más información al mostrar en la misma gráfica los límites para los cuales se considerarán aceptables las desviaciones de los valores obtenidos. Es decir, los valores que se encuentren dentro del rango:

$[Media + \text{desviación típica}] - [Media - \text{desviación típica}]$ serán los más favorables.

El valor tan elevado del rango ya es un indicador de primera mano de que el proceso no está siendo muy bien controlado, lo cual es una aproximación a conocer que existirán valores con una clara dispersión. Una circunstancia interesante es que el valor más alto como es 10,94 se encuentra a una distancia del pH medio de tan sólo 1,06 mientras que el valor más bajo de 7,55 está relativamente separado de la media en un valor de 2,33 lo cual será un indicador de que las mayores dispersiones se producirán por debajo de la media, lo cual se puede comprobar en la gráfica viendo como existen 4 valores cuyo pH se encuentra comprendido entre 7,5 y 8.

Mediante esta nueva gráfica se ve como los valores que se encuentran entre 10,92 y 8,84, los cuales calculados anteriormente corresponden a los límites para los cuales serán aceptables los datos, se encuentran a una distancia de la media menor que el valor de la desviación típica por lo tanto se encontrarían dentro del control, es decir se considerarían como aceptables.

Los valores puntuales que se encuentran fuera de los límites de control están la mayoría por debajo de la media lo cual es un claro indicador como se anticipó antes, de que la dispersión para el pH tiende a valores por debajo del límite inferior de control. Estos valores son los siguientes:

05/01/2012	7,57
02/02/2012	7,72
16/02/2012	8,42
23/02/2012	8,67
15/03/2012	8,7
04/05/2012	10,94

07/06/2012 10,93

12/07/2012 7,55

26/07/2012 7,85

Algunos de estos valores tienen fácil explicación para su dispersión, como es el caso de los valores obtenidos el 05/01/2012 y el 02/02/2012; 7,57 y 7,72 respectivamente, pues el método analítico no se realizó correctamente al no realizarse la agitación durante una hora como estaba previsto.

Otros valores dispersos como son el 12/07/2012 y el 26/07/2012, 7,55 y 7,85 respectivamente se deben a un incremento en la cantidad de arena nueva en la tolva, lo cual ya era previamente conocido y se esperaban unos valores de pH tan bajos como los que así ocurrieron.

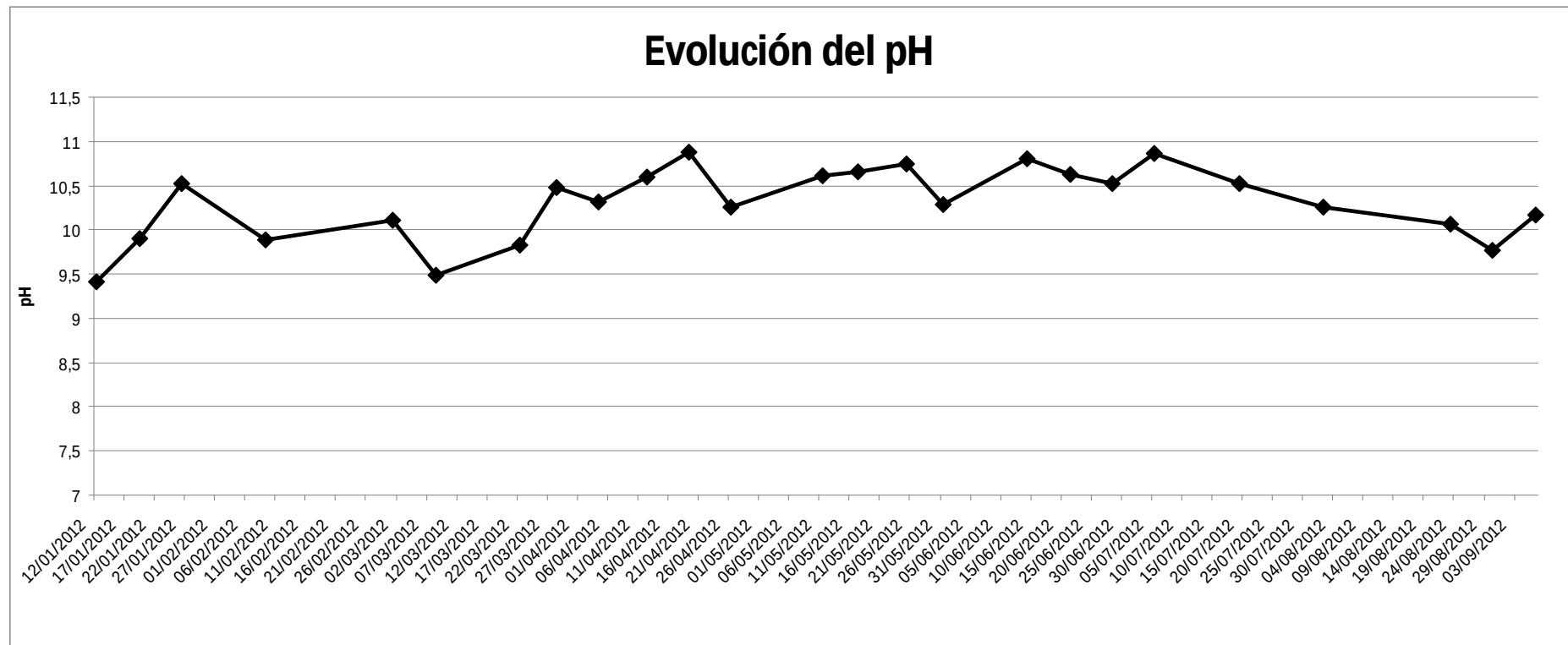
Los tres valores analizados los días 16/02/2012, 23/02/2012 y 15/03/2012 no tienen tanta importancia como los 4 datos anteriores ya que no están especialmente alejados del valor medio, y serán causa en su mayoría de los recuperadores de arena existiendo algo más de arena nueva, que tiene un pH más ácido, de la cantidad normal.

Los valores 04/05/2012 - 10,94 y 07/06/2012 - 10,93 presentan una dispersión mínima por lo que no se considerarán.

Durante principios de agosto se paró durante tres semanas la producción para vaciar las tolvas y rellenarlas con arena nueva notándose un claro descenso del pH como se ve en la gráfica.

Debido a los 9 valores anteriormente expuestos que se encuentran fuera de los límites de control, el análisis de los resultados no es del todo realista porque no se cumplen las condiciones necesarias para el correcto análisis del pH de la arena objeto de estudio, entonces se eliminan esos datos para adecuarlo a la realidad obteniendo la gráfica que viene a continuación:

pH CORREGIDO



A partir de ésta nueva gráfica se recalculan los parámetros estadísticos anteriores:

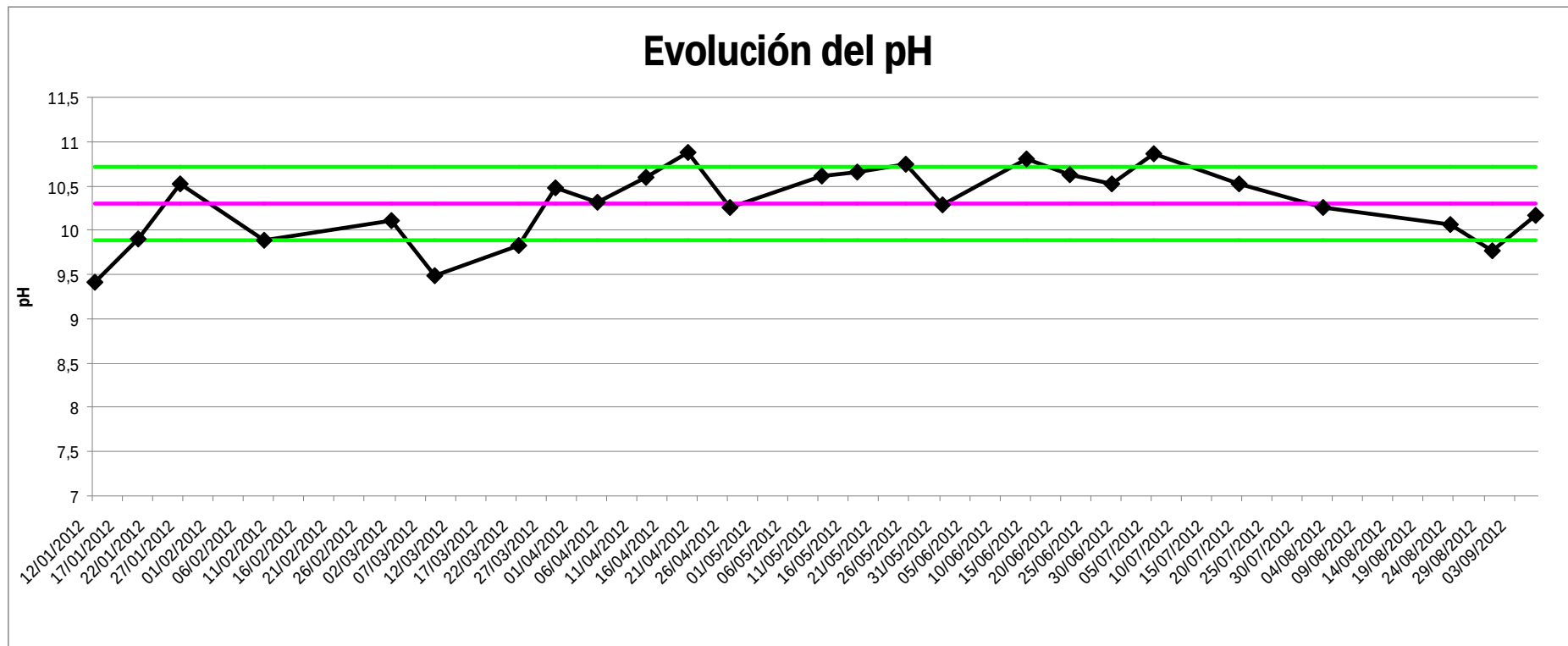
- Valor mínimo = 9,41
- Valor máximo = 10,88
- Rango = 1,47
- Media = 10,30
- Varianza = 0,17232933
- Desviación típica = 0,41512568
- Coeficiente de variación = 0,04029251
- Coeficiente de variación (%) = 4,02925111%

Con los nuevos parámetros recalculados se recalculan los nuevos límites permitidos para la dispersión de los datos que se calcularán como anteriormente y los cuales se tomarán como más reales en cuanto al estudio:

- Media + desviación típica = 10,72
- Media - desviación típica = 9,89

los cuales serán representados mediante líneas horizontales de color verde resultando la nueva representación gráfica siguiente:

pH CORREGIDO CON LIMITES DE DISPERSIÓN

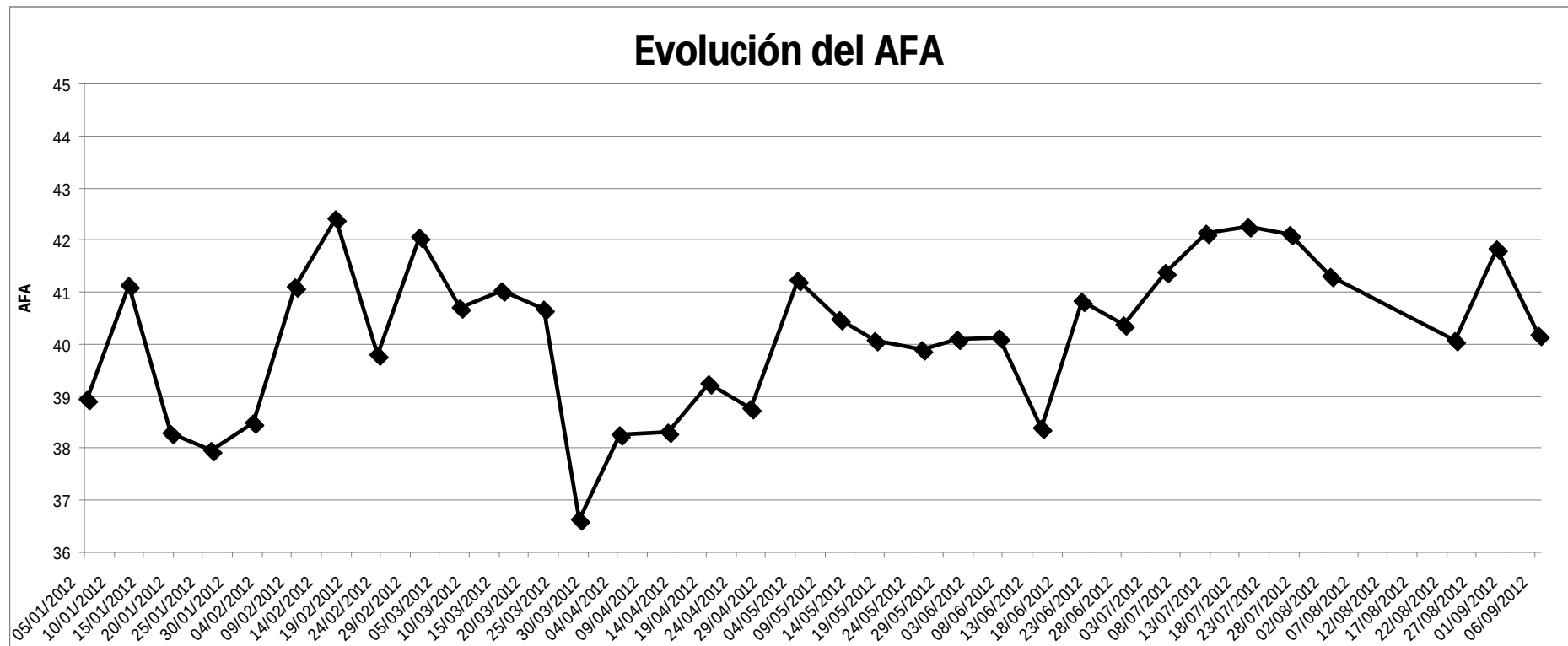


Al recalcular los parámetros estadísticos para ajustar el análisis a la realidad se comprueba que el control mejora sustancialmente, por un lado el rango se ve reducido desde 3,39 hasta 1,47, y atendiendo al coeficiente de variación se observa sin ninguna duda la mejora en el control ya que pasa de 10,4786974 % a 4,02925111%, lo cual se trata de una notable mejoría.

- AFA

La forma más sencilla de analizar la evolución del AFA durante el tiempo que ha durado el estudio es representar los valores del AFA obtenidos en una gráfica para ver fácilmente la evolución seguida del mismo. El análisis de los resultados del AFA obtenidos se analizarán de la siguiente forma: se estudiarán esos valores representados en la gráfica que estará formada por un eje vertical o eje de ordenadas que señala el valor del AFA y por un eje horizontal o eje de abscisas que indicará la fecha de medición del valor de AFA; a partir de ésta gráfica y utilizando los parámetros estadísticos previstos se calculará la dispersión del conjunto de datos.

AFA INICIAL



Observando la gráfica se puede ver como del 05/01/2012 hasta el 26/04/2012 existe una mayor dispersión de valores de AFA, además en éste periodo se alcanzan los valores mínimo y máximo lo que viene a confirmar la mayor dispersión. Entre el 04/05/2012 y el 06/09/2012 sin embargo la dispersión de los valores obtenidos es más reducida viendo como oscila entre aproximadamente 39 y 42 existiendo un mínimo visible el día 14/06/2012. Ahora se calculan los parámetros estadísticos para conocer la dispersión del AFA:

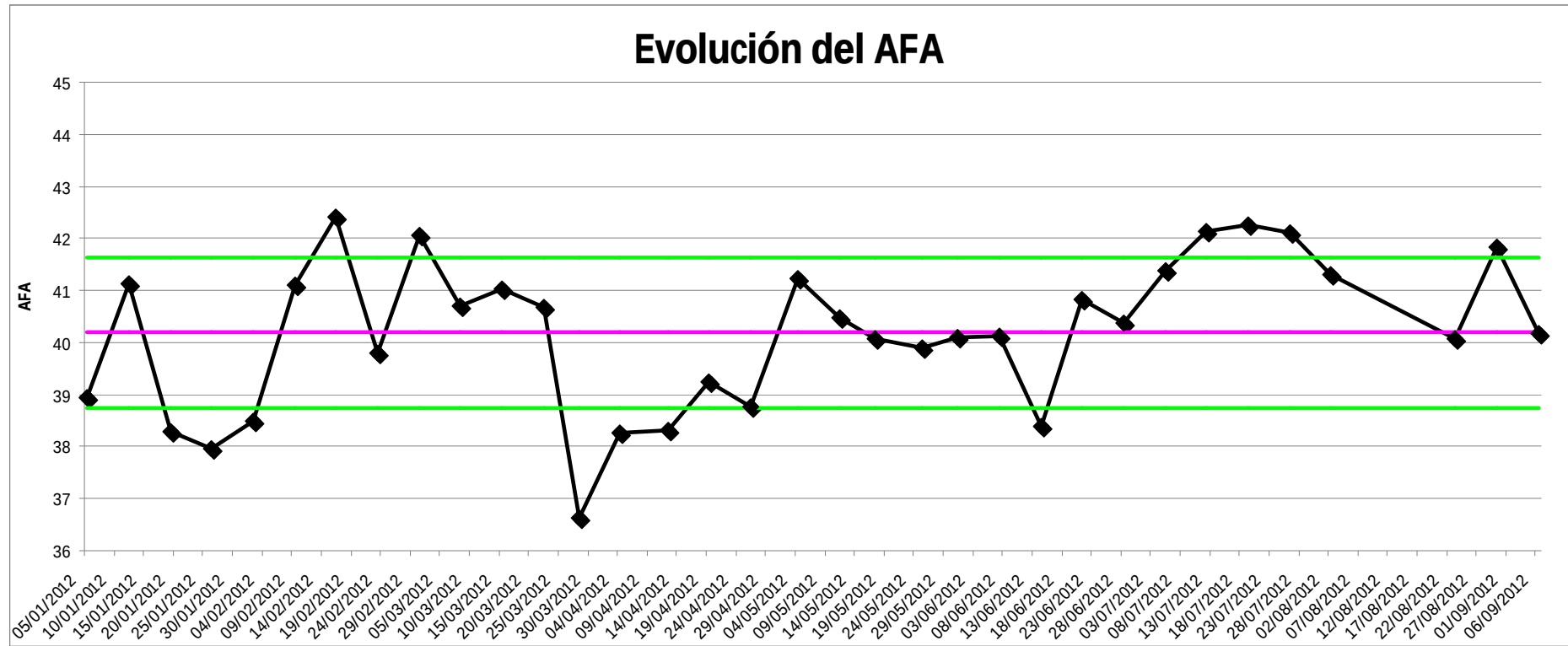
- Valor mínimo= 36,63
- Valor máximo= 42,42
- Rango= 5,79
- Media=40,19
- Varianza =2,10392763
- Desviación típica=1,4504922
- Coeficiente de variación=0,03608876
- Coeficiente de variación (%) = 3,60887606 %

El valor bajo del coeficiente de variación indica que se trata de un proceso bastante controlado. Se calculan los límites para los que se consideraría aceptable la dispersión utilizando la media y la desviación típica que serán los parámetros estadísticos que más información aportan a simple vista de la forma:

- Media + desviación típica = 41,64
- Media - desviación típica = 38,74

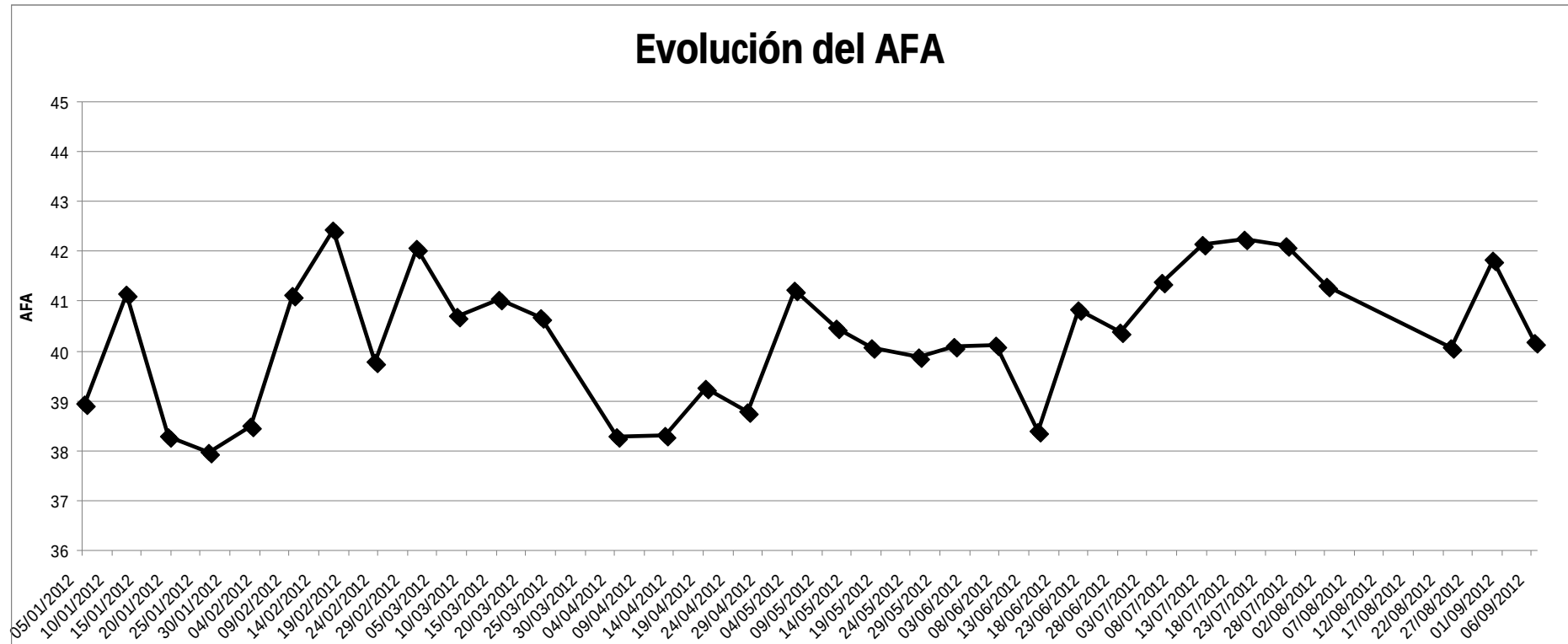
y se representa nuevamente la gráfica anterior del AFA con los límites:

AFA INICIAL CON PARAMETROS ESTADISTICOS



Se observa como el 28/03/2012 se alcanza el valor de 36,63. La existencia de este valor tan bajo e impuntual no se conoce con exactitud, sin embargo se sabe que se trata de un valor erróneo dada su infrecuencia por lo que se elimina para no alterar la evolución real seguida del AFA representándose en una nueva gráfica.

AFA CORREGIDA



A partir de ésta nueva gráfica se recalculan los parámetros estadísticos anteriores:

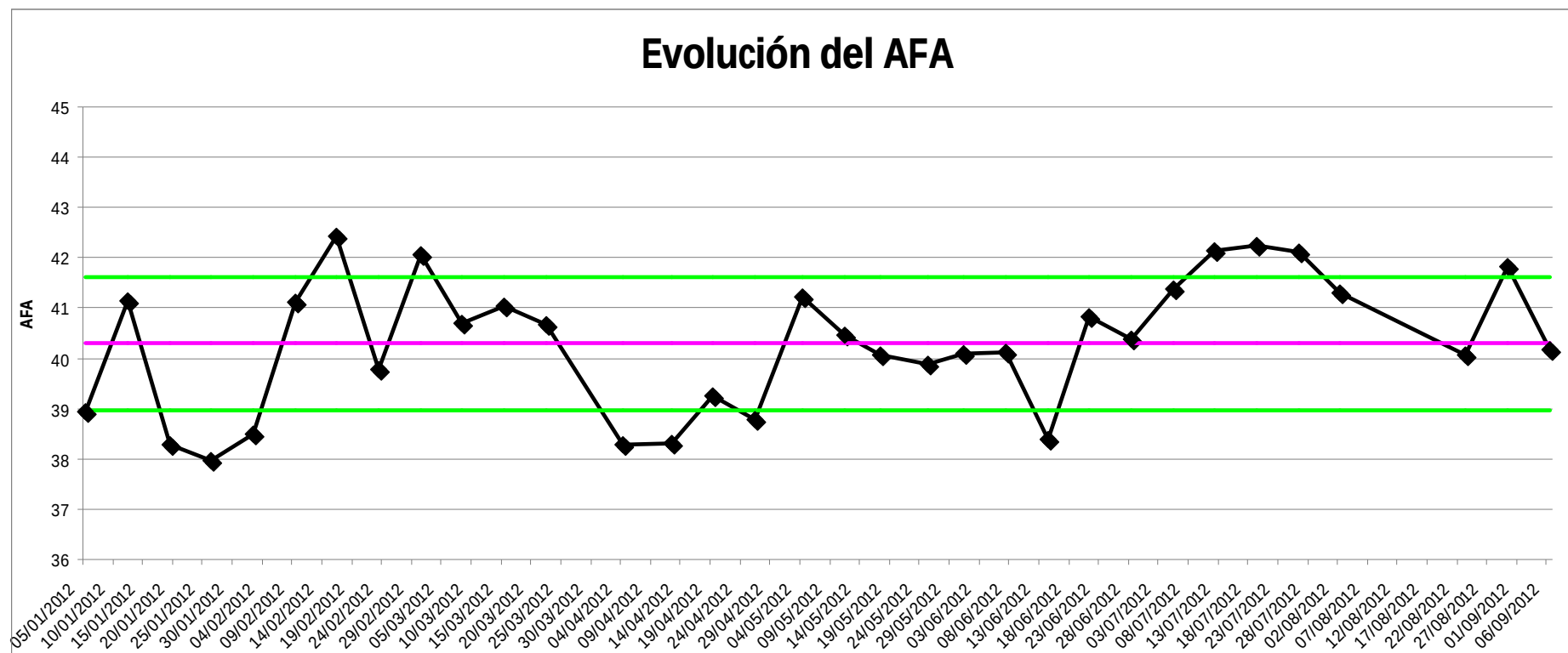
- Valor mínimo = 37,96
- Valor máximo = 42,42
- Rango = 4,46
- Media = 40,30
- Varianza = 1,76108428
- Desviación típica = 1,32705851
- Coeficiente de variación = 0,03292924
- Coeficiente de variación (%) = 3,29292439 %

Se calculan nuevamente los límites para los que se consideraría aceptable la dispersión utilizando la media y la desviación típica que serán los parámetros estadísticos que más información aportan a simple vista de la forma:

- Media + desviación típica = 41,63
- Media - desviación típica = 38,97

y se representa nuevamente la gráfica anterior del AFA con los límites:

AFA CORREGIDO CON PARÁMETROS ESTADÍSTICOS



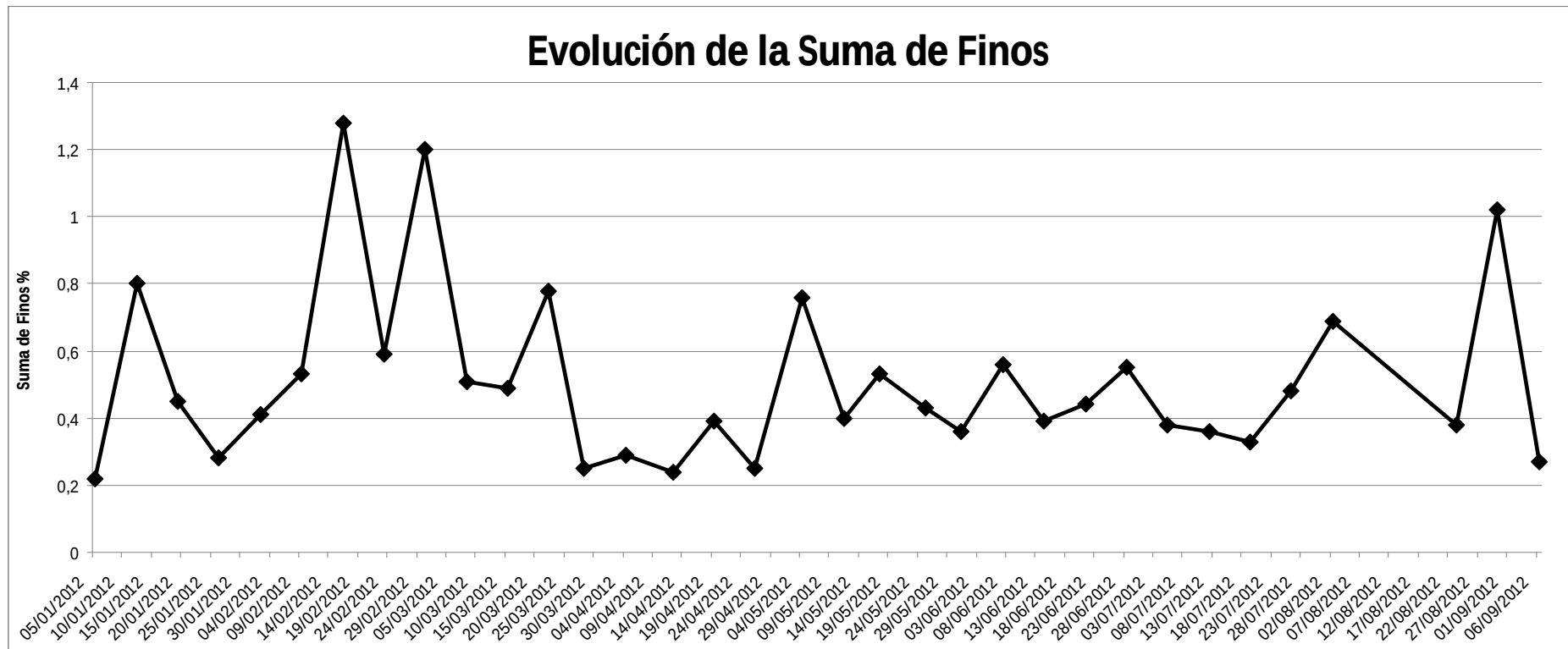
Se observa que se trata de un proceso muy controlado ya que la evolución del AFA tiene un coeficiente de variación mínimo. La eliminación del valor del 28/03/2012 de 36,63 reduce el coeficiente de variación de 3,60887606 % hasta 3,29292439 %

- Suma de finos

Para analizar la variación de los valores obtenidos de la suma de finos a lo largo del periodo de análisis se presentarán todos ellos en una gráfica, de modo que a simple vista se pueda observar su evolución.

La gráfica para mostrar la evolución estará formada por dos ejes: el eje vertical o eje de ordenadas corresponde al valor de la suma de finos en el día de análisis en tanto por ciento (%) y el eje horizontal o eje de abscisas corresponde a la fecha de análisis desde el comienzo del estudio. La representación gráfica de los valores de suma de finos obtenidos es la siguiente:

SUMA DE FINOS INICIAL



Analizando la gráfica de una manera rápida se pueden observar dos zonas muy diferenciadas. En primer lugar una zona desde el 05/01/2012 hasta el 04/05/2012 en la que los valores se encuentran muy dispersos. La segunda zona es desde el 11/05/2012 hasta el 06/09/2012 en la que se observa un mayor control del resultado. Cabe destacar también la existencia de 3 resultados puntuales de valores muy elevados como son los obtenidos los días 16/02/2012, 01/03/2012 y 30/08/2012 de valores 1,28 %, 1,2 % y 1,02 % respectivamente. Se tratan de valores ocasionales cuya procedencia probablemente se deba a un fallo en la aspiración de la arena que permita la existencia de dichos valores. Para conocer de que modo afectan estos tres valores a la dispersión se calculan los parámetros estadísticos definidos:

- Valor máximo = 1,28 %
- Valor mínimo = 0,22 %
- Rango = 1,06 %
- Media = 0,51 %
- Varianza = 0,067322014 %²
- Desviación típica = 0,259464861 %
- Coeficiente de variación = 0,51022587
- Coeficiente de variación (%) = 51,02258696 %

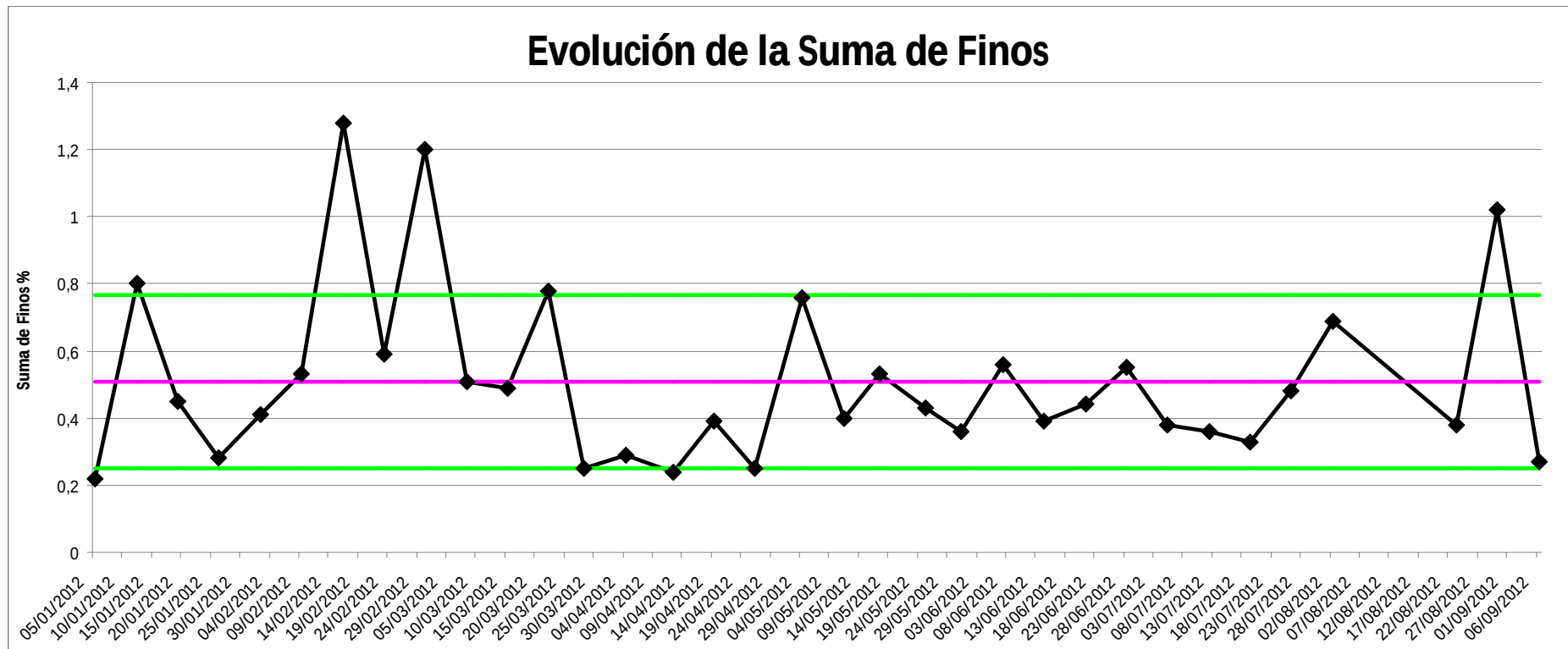
se calculan además los límites para la dispersión permitidos utilizando la media y la desviación típica de la forma:

- Media + desviación típica = 0,77 %

- Media - desviación típica = 0,25 %

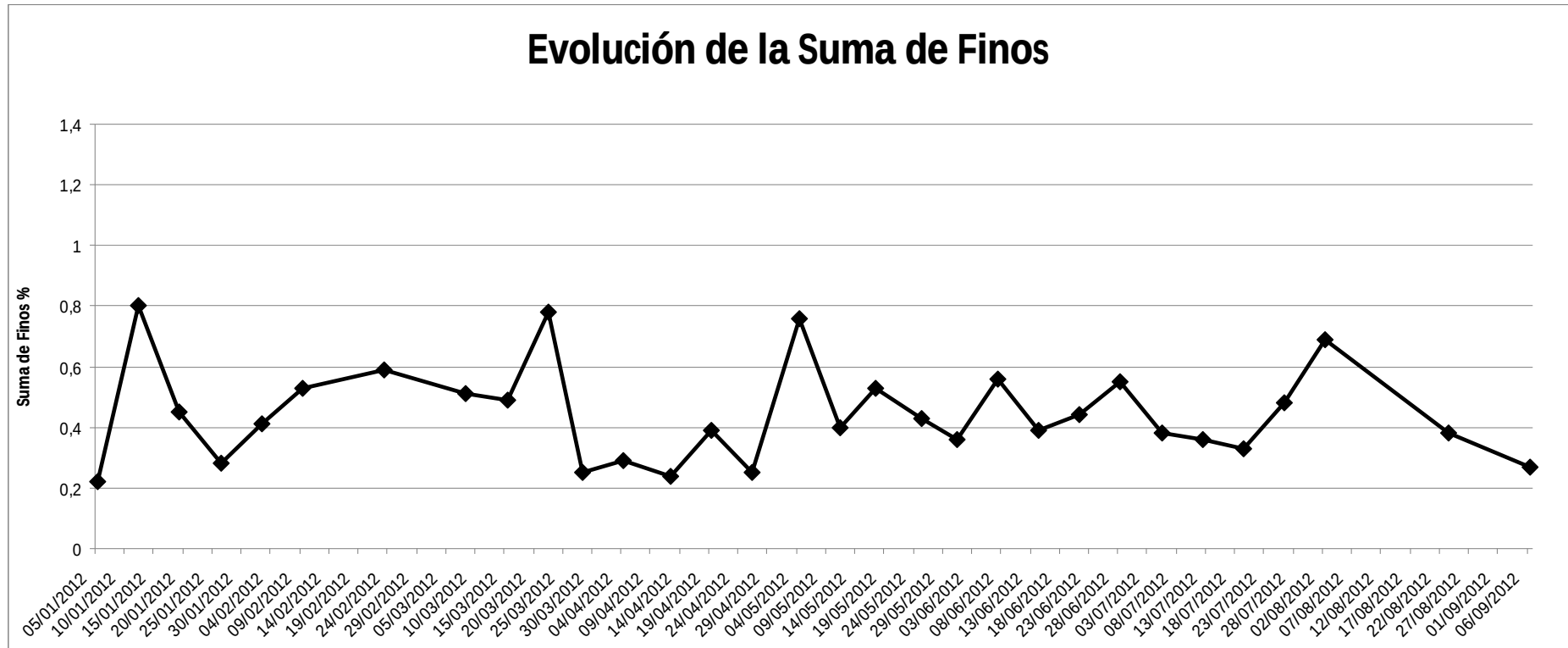
y se representan en la gráfica anterior los límites calculados para la dispersión mediante líneas horizontales de color verde y la media en una línea horizontal de color rosa:

SUMA DE FINOS CON PARÁMETROS ESTADÍSTICOS



Se observa claramente como los valores máximos que ocurrieron por errores puntuales se encuentran muy alejados del límite superior permitido desajustando la evolución real de la suma de finos obtenida. Se confirma además como los valores obtenidos del 11/05/2012 hasta el 06/09/2012 presentan una mayor estabilidad lo que conducirá a un mayor control del proceso. Para ajustar la evolución obtenida se eliminan los 3 valores que se encuentran por encima de 1% que debido a situaciones puntuales no deben ser tenidos en cuenta en el análisis, y se realiza una nueva gráfica:

SUMA DE FINOS CORREGIDA



Se obtiene una gráfica corregida de acuerdo al análisis real en la que la mejora experimentada eliminando los valores puntuales altos se observa claramente siendo necesario recalcular nuevamente los parámetros estadísticos:

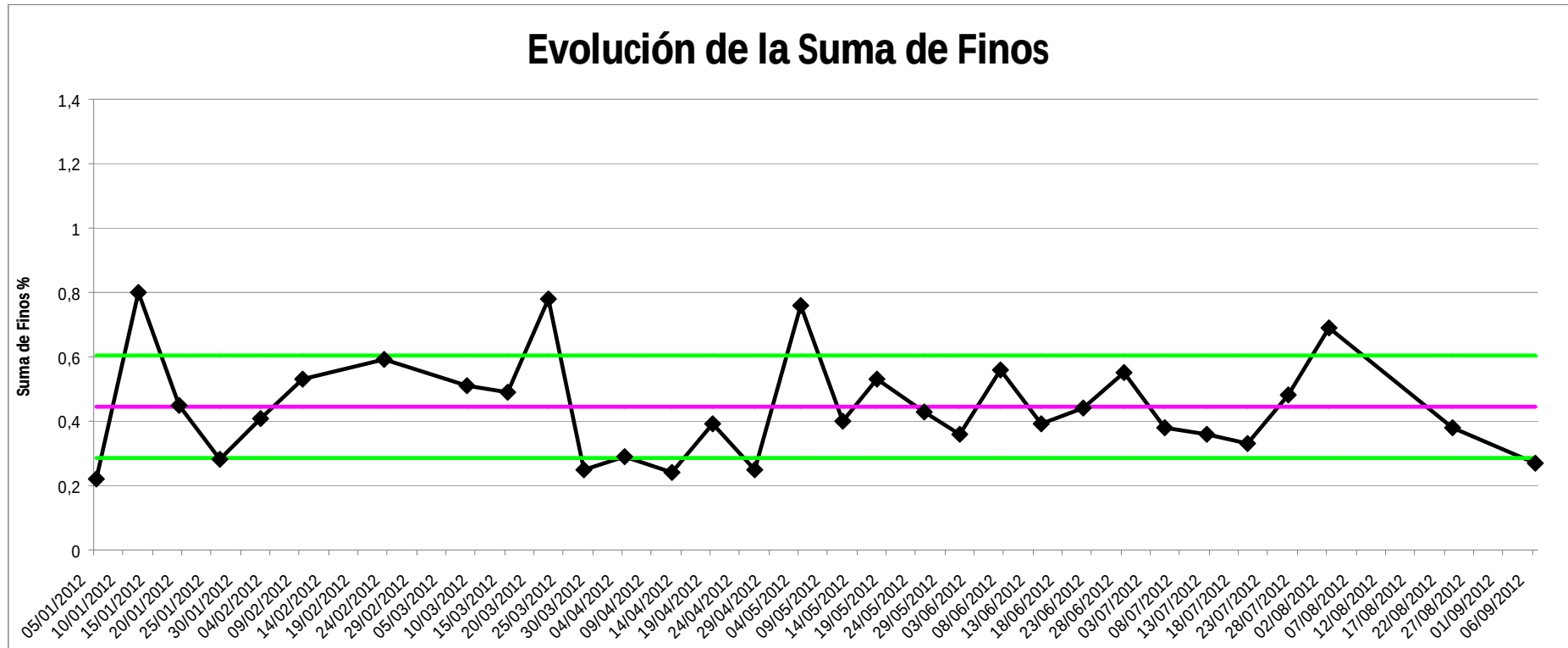
- Valor máximo = 0,80 %
- Valor mínimo = 0,22 %
- Rango = 0,58 %
- Media = 0,44 %
- Varianza = 0,025365806 %²
- Desviación típica = 0,159266464 %
- Coeficiente de variación = 0,358031934
- Coeficiente de variación (%) = 35,80319343 %

y se recalculan nuevamente los límites permitidos para la dispersión utilizando la media y la desviación típica recalculadas:

- Media + desviación típica = 0,6 %
- Media - desviación típica = 0,29 %

representándose en la gráfica anterior los límites recalculados para la dispersión:

SUMA DE FINOS CORREGIDA CON PARAMETROS ESTADISTICOS



Recalculando los parámetros se obtiene una mejoría importante que se puede notar en la reducción del rango pasando de 1,06 % a 0,58 % lo que será una señal inequívoca del estrechamiento de los valores que beneficiará al control. El coeficiente de variación además se reduce del 51,02258696 % hasta el 35,80319343 % lo cual es una gran mejoría. El aparentemente coeficiente de valor tan elevado se debe a una de las propiedades del coeficiente de variación que aparece en el análisis del método estadístico por la cual el coeficiente de variación se ve muy afectado por valores muy próximos a 0. Se debe seguir controlando la suma de finos para controlar el descenso producido en el último mes de análisis.

3. CONCLUSIONES

- ADV

Para analizar las conclusiones del estudio realizado del ADV se realizarán dos comparaciones:

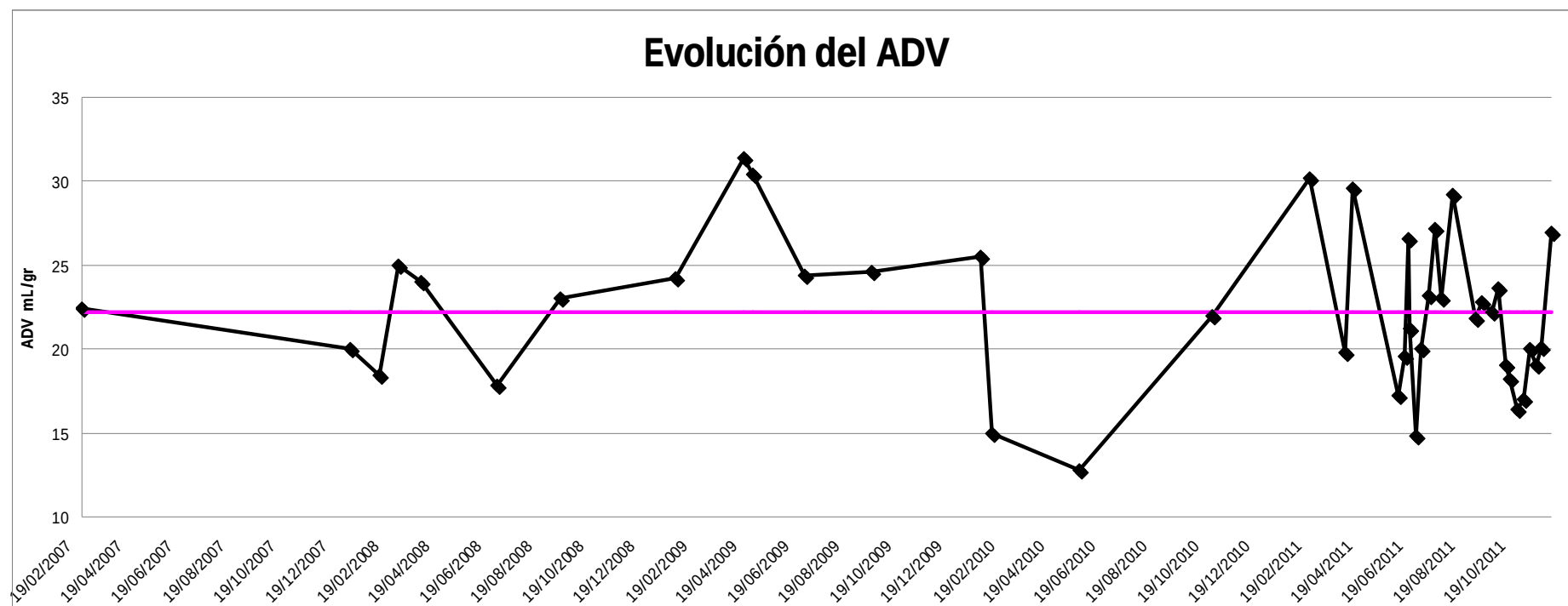
1- Comparación de la evolución histórica anterior a dicho estudio proporcionada por FAED con la evolución del ADV obtenida en el análisis de resultados. Antes de este estudio únicamente se estudiaba la evolución del ADV mediante el método sin agitación por lo que entonces será este método el que será comparado.

2- Comparación de los dos métodos de análisis estudiados, es decir el método sin agitación y el método con agitación para los análisis realizados.

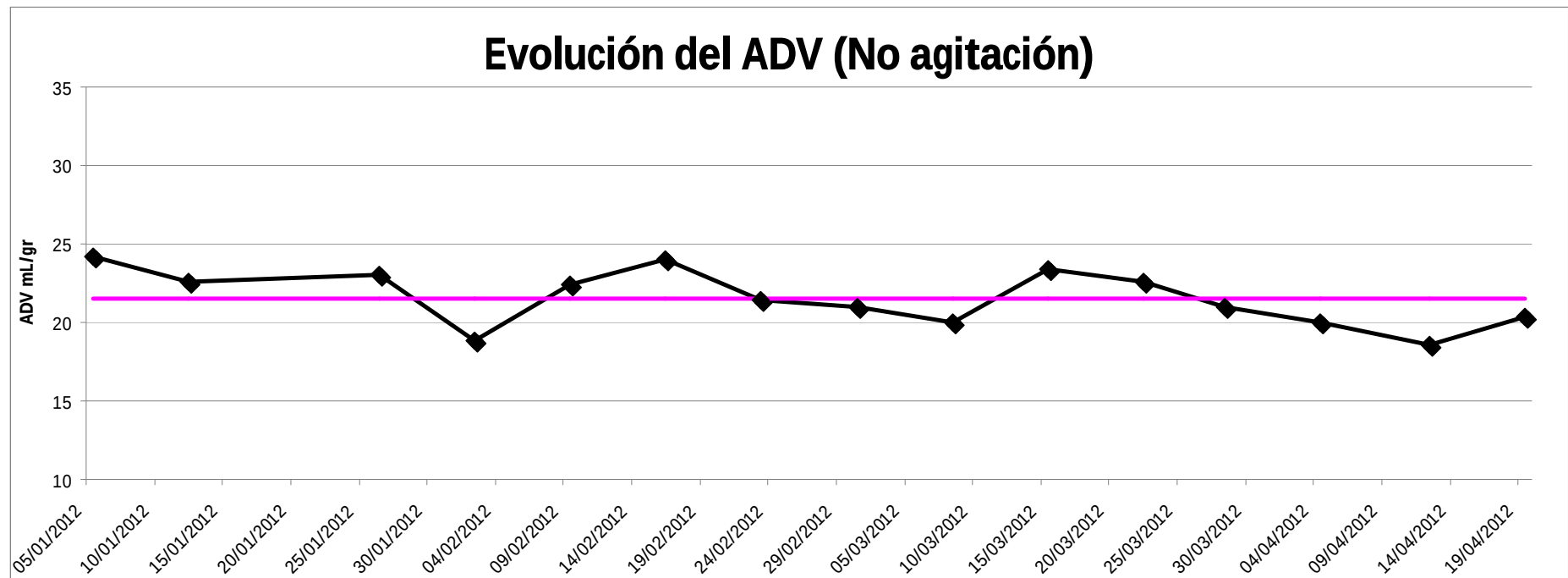
Evolución histórica vs evolución obtenida:

A continuación se muestra la gráfica de la evolución anterior al estudio y posteriormente se muestra la gráfica de la evolución obtenida en el estudio mediante el método de análisis sin agitación. En ambas gráficas se representa la media mediante una línea horizontal de color rosa:

EVOLUCIÓN PREVIA AL ESTUDIO



EVOLUCIÓN ESTUDIADA



Para la gráfica de evolución previa al estudio, los parámetros estadísticos del rango, la media, la desviación típica y el coeficiente de variación son los siguientes:

- Rango = 18,60 mL/gr

- Media = 22,18 mL/gr

- Desviación típica = 4,503171 mL/gr

- Coeficiente de variación (%) = 20,299496 %

los parámetros del rango, la media, la desviación típica y el coeficiente de variación para la evolución estudiada son los que aparecen indicados en el análisis de resultados:

- Rango = 5,6 mL/gr

- Media = 21,56 mL/gr

- Desviación típica = 1,782774723 mL/gr

- Coeficiente de variación (%) = 8,268899459 %

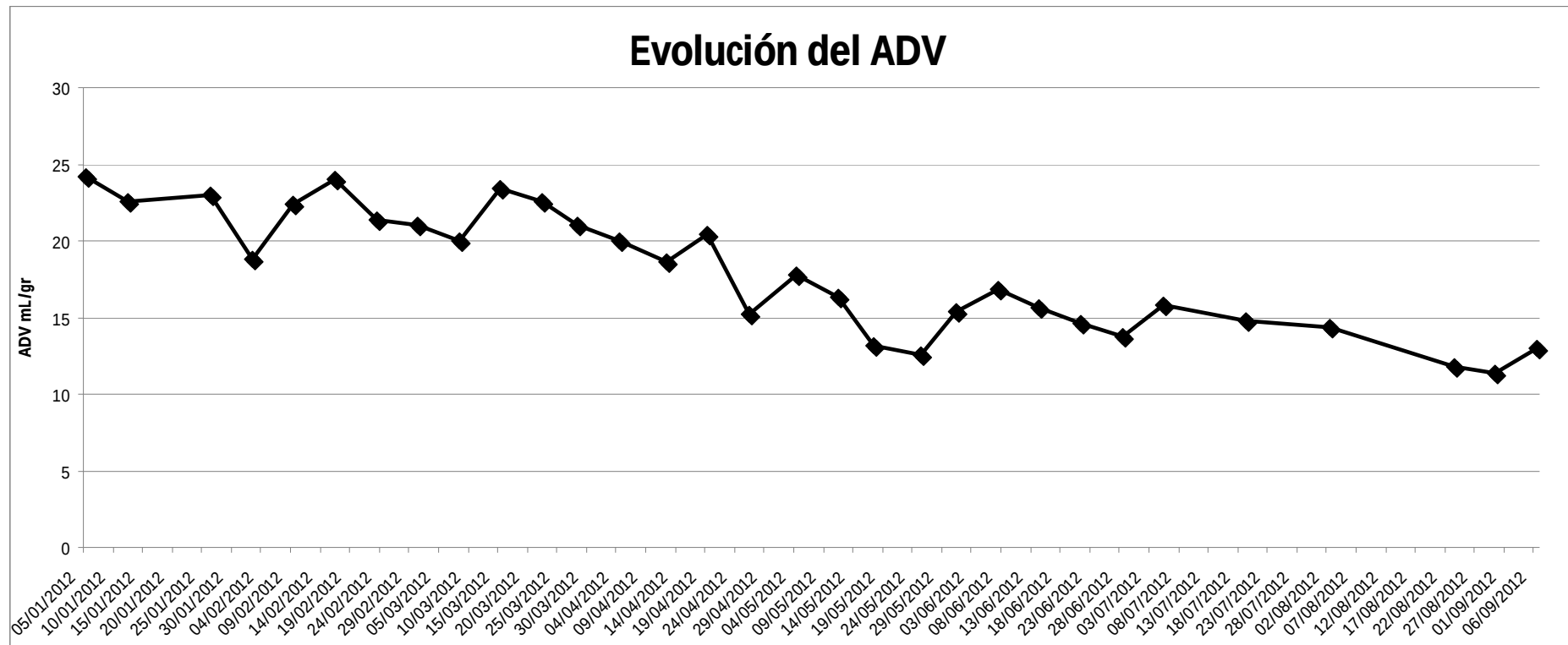
En ambos casos la media de los valores de ADV se mantiene alrededor de 22 mL/gr pero observando los dos coeficientes de variación se observa que la dispersión de los valores del ADV se reduce notablemente al disminuir el tiempo entre la realización de los análisis lo cual indudablemente repercutirá en un control más efectivo.

Comparación entre métodos:

Para comparar ambos métodos lo mejor es representar en una misma gráfica, las gráficas corregidas para el ADV tanto con el método sin agitación

como con agitación para ver de una forma clara la evolución seguida de los valores:

COMPARACION DE METODOS



Se observa claramente la diferencia entre los dos métodos seguidos:

- 1. Del 05/01/2012 al 19/04/2012 se obtienen valores más altos de ADV que corresponden al análisis por el método sin agitación.

- 2. Del 26/04/2012 al 06/09/2012 se obtienen valores más bajos de ADV que corresponden al análisis por el método con agitación.

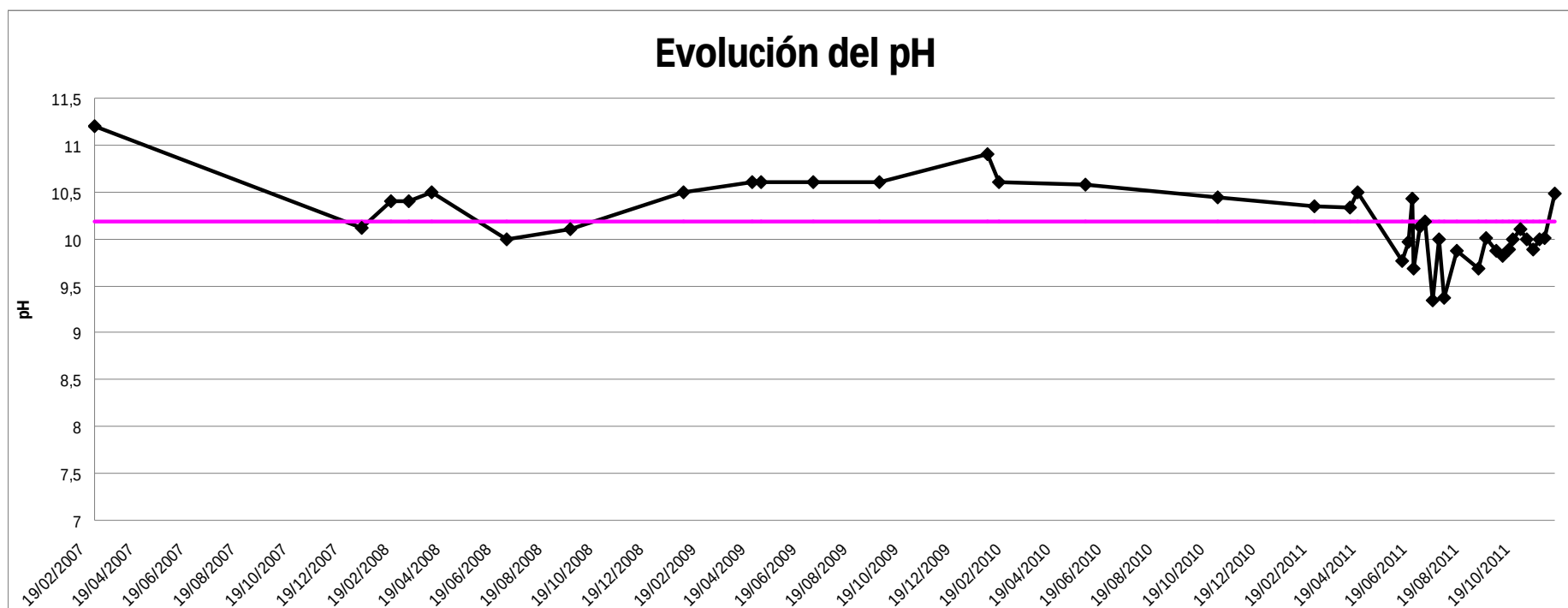
Comparando los coeficientes de variación de los métodos que aparecen en el análisis de resultados, se tiene un coeficiente de variación de 8,268899459 % para el método sin agitación y un coeficiente de variación de 12,39402435 % para el método con agitación. La diferencia consiste en que el método sin agitación se llevaba más tiempo utilizando y se conoce mejor, en cambio el método con agitación se introdujo para éste estudio y la experiencia por tanto es más reducida. Esta experiencia será fundamental a la hora de detectar el viraje en el método con agitación puesto que para el método sin agitación el color rosa del viraje se detecta fácilmente ya que el color rosa del viraje aparece únicamente en la superficie de la disolución mientras que para el viraje por el método con agitación se necesita una especial atención para advertirlo. El color rosa del viraje aparecerá en toda la disolución siendo necesario por tanto una mayor cantidad de KOH para su valoración, motivo éste que justifica por que se obtienen valores de ADV más bajos.

La implantación del método de análisis en agitación supone un gran avance de acuerdo a los resultados por lo que, en éste caso FAED deberá apostar decididamente por el método de análisis con agitación ya que se trata de un método para medir el ADV más realista.

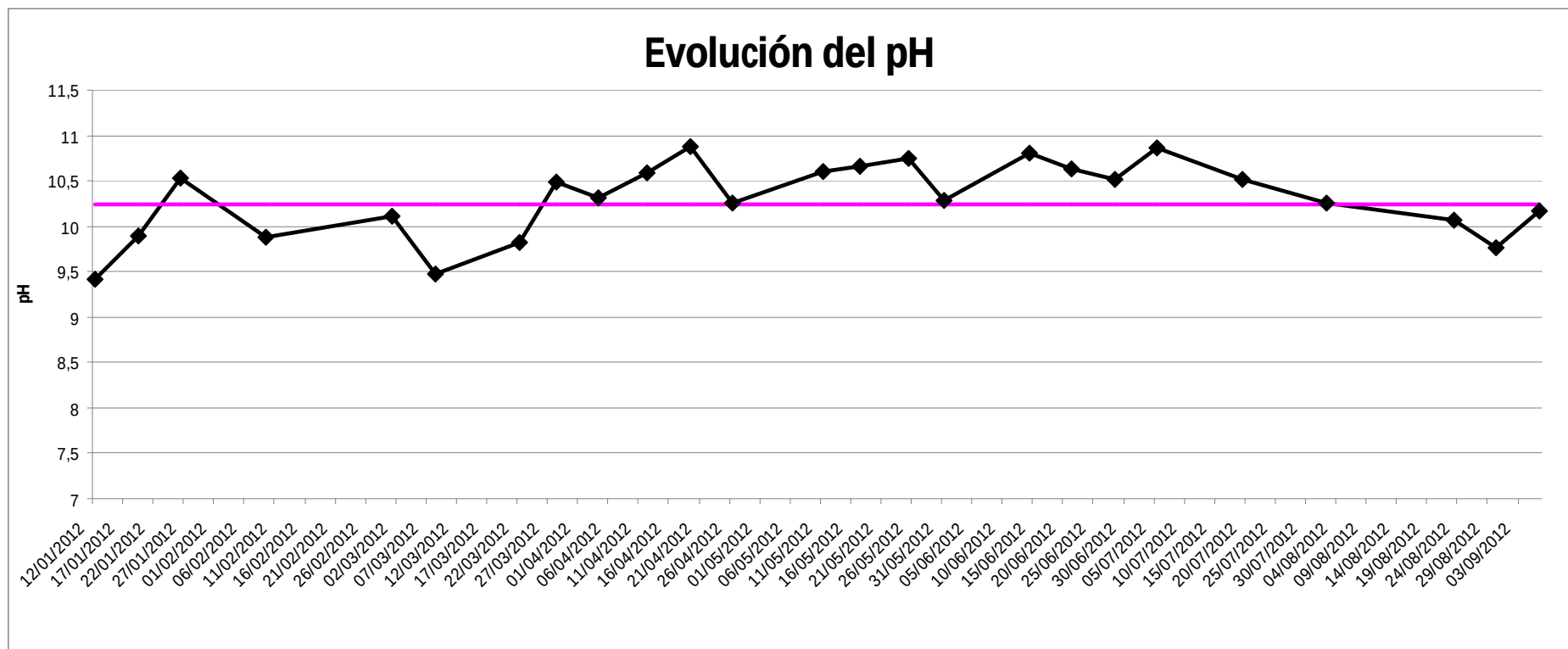
- pH

En el análisis de resultados se han analizado los resultados obtenidos graficando la evolución e intentando buscar una explicación lógica al porqué de ciertos valores puntuales. Pero será interesante conocer como ha afectado este estudio a los valores anteriores al mismo. Para ello se compara la evolución de los valores obtenidos previos a este estudio facilitados por FAED con la evolución de los valores obtenidos en este estudio utilizando algunos parámetros estadísticos. Para ello se muestran las dos siguientes gráficas en las que aparece la media señalada como una línea horizontal de color rosa siendo la primera gráfica, la evolución previa y siendo la segunda la gráfica corregida procedente del análisis de soluciones correspondiente a la evolución estudiada:

EVOLUCIÓN PREVIA AL ESTUDIO



EVOLUCIÓN ESTUDIADA



Para la gráfica de evolución previa al estudio, los parámetros estadísticos del rango, la media, la desviación típica y el coeficiente de variación son los siguientes:

- Rango = 1,86

- Media = 10,19

- Desviación típica = 0,39003205

- Coeficiente de variación (%) = 3,82759617 %

los parámetros del rango, la media, la desviación y el coeficiente variación para la evolución estudiada son los que aparecen indicados en el análisis de soluciones:

- Rango = 1,47

- Media = 10,30

- Desviación típica = 0,41512568

- Coeficiente de variación (%) = 4,02925111 %

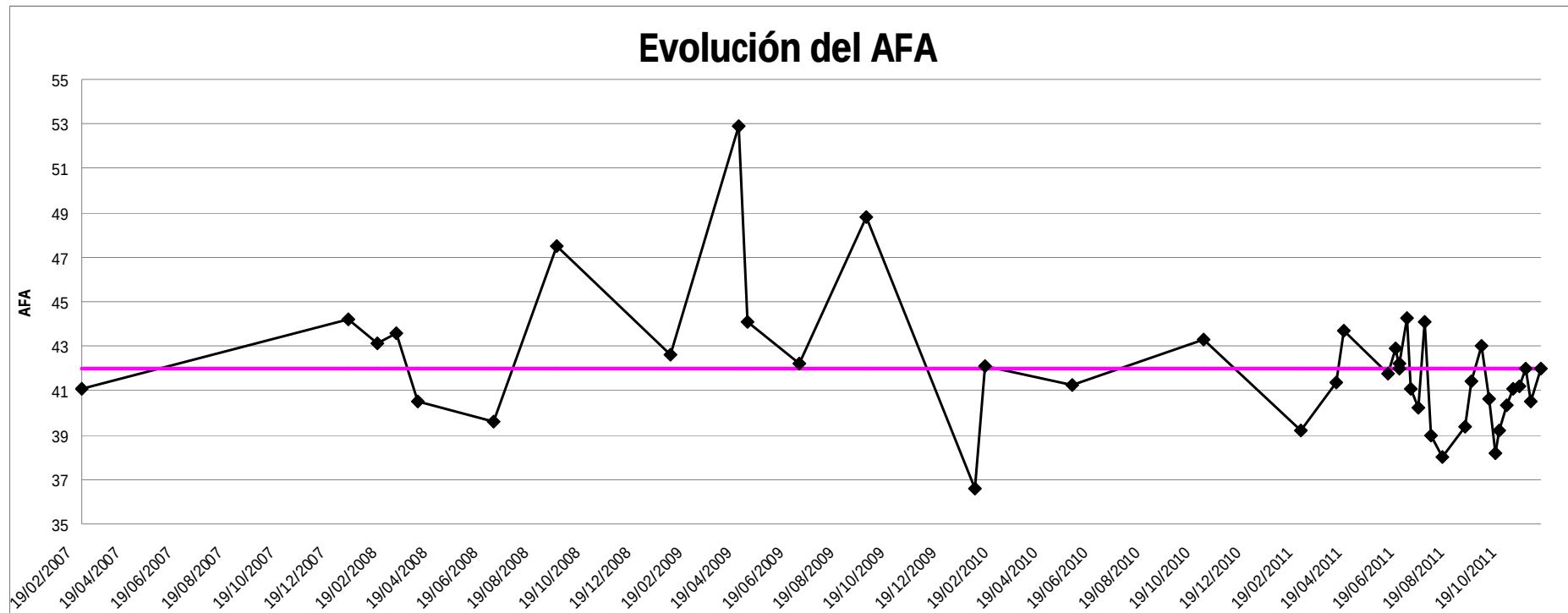
Ambos coeficientes de variación son muy similares, por tanto se puede decir entonces que el pH se trata de un factor muy controlado en FAED ya que la dispersión es bastante escasa y cabe pensar que con el paso del tiempo se vaya estrechando cada vez más hasta llegar a ser el pH un factor con una dispersión muy reducida cuyo control se haga menos necesario debido a la certeza del buen resultado. Por otra parte, gracias al análisis realizado ha aumentado notablemente el muestreo, realizando los análisis cada semana. Este aumento del muestreo en el análisis supone una ventaja importantísima ya que se pueden conocer mejor las variaciones puntuales y actuar sobre ellas. El rango además ha descendido apreciablemente lo que invita a seguir

realizando análisis para seguir con la mejora ya que como se explica en el método de análisis de resultados la media se ve muy afectada por los valores extremos por lo que los análisis más próximos en el tiempo suponen sin duda una gran ventaja.

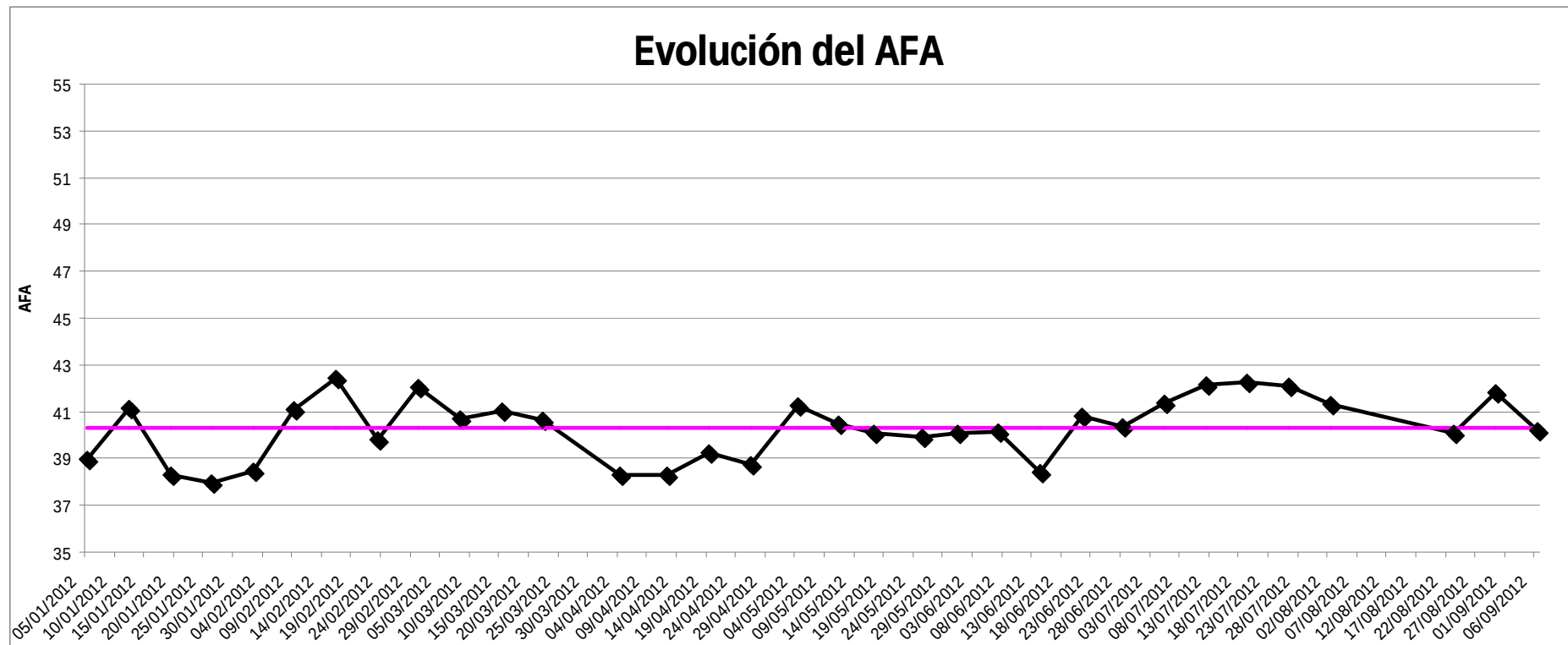
- AFA

Ala hora de conocer como ha afectado la realización de este estudio a la producción en FAED se realizará una comparación entre la evolución del AFA obtenida en este estudio y la evolución previa del AFA proporcionada por FAED. Para realizar esta comparación se muestran las dos siguientes gráficas en las que aparece la media señalada como una línea horizontal de color rosa siendo la primera gráfica, la evolución previa y siendo la segunda la gráfica corregida procedente del análisis de resultados correspondiente a la evolución estudiada:

EVOLUCION PREVIA AL ESTUDIO



EVOLUCION ESTUDIADA



Para la gráfica de la evolución previa al estudio, los parámetros estadísticos del rango, la media, la desviación típica y el coeficiente de variación son los siguientes:

- Rango = 16,30

- Media = 42,01

- Desviación típica = 2,90892801

- Coeficiente de variación (%) = 6,9248931 %

por otro lado los parámetros del rango, la media, la desviación típica y el coeficiente variación para la evolución estudiada son los que aparecen indicados en el análisis de soluciones:

- Rango = 4,46

- Media = 40,30

- Desviación típica = 1,32705851

- Coeficiente de variación (%) = 3,29292439 %

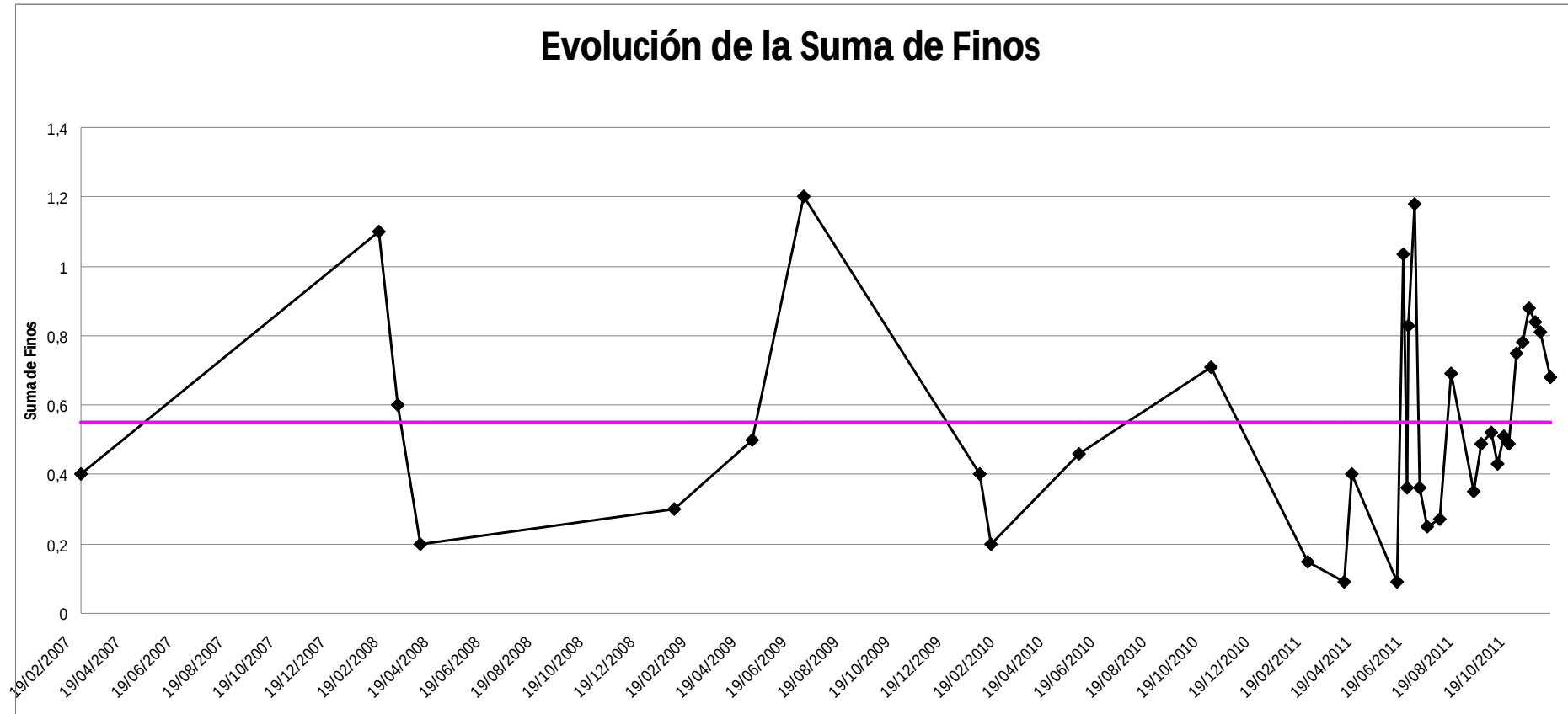
Comparando los resultados obtenidos lo primero que se observa es una notable reducción del rango lo que indica un mayor control de la evolución ya que el valor en el que pueden variar los valores de AFA se reduce de forma notable de 16,3 en la evolución previa realizada anteriormente a este estudio hasta 4,46 en este estudio. La reducción del coeficiente de variación viene a confirmar el mayor control del AFA que se anticipó con el rango. De este modo un análisis semanal del AFA propicia un mayor control y un mejor seguimiento ya que se pueden ver las variaciones y los mínimos y máximos alcanzados más rápidamente y lograr su corrección.

- Suma de finos

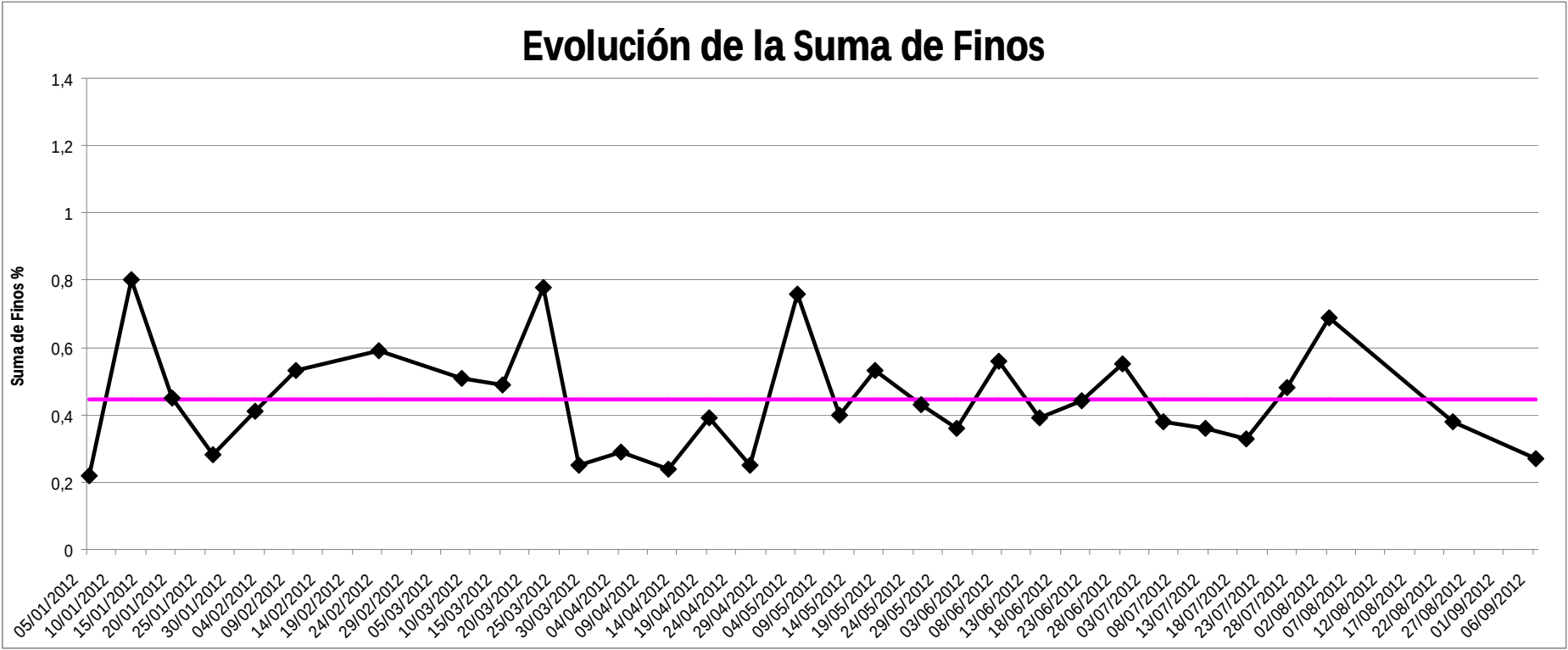
Ya que los finos se trata de uno de los mayores problemas para el proceso productivo en FAED será necesario además de conocer cual ha sido su evolución a lo largo de este estudio, realizar una comparativa con los valores de finos facilitados por la propia FAED para conocer cual ha sido el alcance del estudio y la mejora en el control que se ha podido obtener. Para ello se comparará la evolución de que se disponía previa a este estudio y la evolución resultante tras el mismo, así, en las gráficas siguientes se muestra la evolución de los valores de finos obtenidos antes de comenzar éste estudio y la evolución resultante obtenida en el análisis estudiado mostrándose en la línea horizontal de color rosa la media:

EVOLUCION PREVIA AL ESTUDIO

Evolución de la Suma de Finos



EVOLUCIÓN ESTUDIADA



Los parámetros estadísticos del rango, la media, la desviación típica y el coeficiente de variación obtenidos de la evolución previa al estudio son:

- Rango = 1,11 %

- Media = 0,55 %

- Desviación típica = 0,30331533 %

- Coeficiente de variación (%) = 54,9882756 %

Por otra parte los parámetros estadísticos ya estudiados son:

- Rango = 0,58 %

- Media = 0,44 %

- Desviación típica = 0,159266464 %

- Coeficiente de variación (%) = 35,80319343 %

El primer objetivo logrado gracias a este estudio es la reducción del rango que tiene suma importancia ya que eso significa que todos los valores se encontrarán en un abanico de datos más reducido lo que facilitará el control. Otro objetivo destacable es la notable reducción de la media del porcentaje de finos pasando de un valor anterior de 0,55 % a un nuevo valor de 0,44 %, eso significará una mejora en la calidad de la arena ya que como ya se sabe un elevado número de finos empeora la calidad, por tanto con la reducción de finos se obtendrán ventajas como la disminución del AFA y la disminución de la contaminación de la arena que llevará a una disminución del ADV de la arena. Por tanto se puede afirmar que realizar el control de la suma de finos cada semana mejorará indudablemente el proceso ya que se puede actuar antes en cuanto se detecta un aumento del número de finos o conocer la causa de este aumento.

4. BIBLIOGRAFÍA

- Acuña Acuña, Jorge. Mejoramiento de la calidad. Un enfoque a los servicios. Editorial tecnológica de Costa Rica.
- Apraiz Barreiro, José. Tratamientos térmicos de los aceros
- E. Freund, John. A. Simon, Gary. Estadística elemental. Editorial Pearson, Prentice Hall
- González Crespo, Diego. Influencia de la composición química en la resistencia del acero GX4CrNi13/4
- Kalpakjian – Schmid. Manufactura, ingeniería y tecnología. Editorial Prentice Hall
- M. Ross, Sheldon. Introducción a la estadística. Editorial Reverté
- Marqués, Felicidad. Estadística descriptiva a través de Excel.
- R. Abril, Eduardo. Metalurgia Técnica y fundición. Editorial Alsina.
- Rey Graña, Carla. Ramil Díaz, María. Introducción a la estadística descriptiva.
- Vergara Schmalbach, Juan Carlos. Quesada Ibarquén, Víctor Manuel. Estadística básica con aplicaciones en Excel.
- FAED S.L.
- Wikipedia
- <http://www.afsinc.org> (American Foundry Society)
- <http://www.directindustry.es/>

- <http://www.ilarduya.com/arenas.htm>

5. ANEXO

En el presente anexo se presentan las gráficas de la distribución de la arena contenida en cada tamiz en % obtenidas para el cálculo del AFA y del porcentaje de finos, según la fecha indicada en cada gráfica:

