



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Medicina

Escuela Profesional de Tecnología Médica

Frecuencia de errores preanalíticos en el análisis de gases sanguíneos en un hospital pediátrico en la ciudad de Lima, del 2017-2018

TESIS

Para optar el Título Profesional de Licenciado en Tecnología Médica en el área de Laboratorio Clínico y Anatomía Patológica

AUTOR

Victor Julio ARELLANO NUÑEZ

ASESORES

Ricardo Mafalky RODRÍGUEZ TORRES

Mario SALINAS MENDEZ

Lima, Perú

2018

**FRECUENCIA DE ERRORES PREANALÍTICOS EN EL
ANÁLISIS DE GASES SANGUÍNEOS EN UN HOSPITAL
PEDIÁTRICO EN LA CIUDAD DE LIMA, DEL 2017-2018**

Autor: BACHILLER, ARELLANO NUÑEZ, VICTOR JULIO

ASESOR

LIC. TM. RODRÍGUEZ TORRES, RICARDO MAFALKY

Docente Asociado TP 15 horas

LIC. TM. SALINAS MENDEZ, MARIO

Instituto Nacional de Salud del Niño

Dedicatoria

A las fuerzas que logran
transformar personas y
sociedades:
amor, curiosidad y
voluntad.

Y a los profesionales de
salud que laboran en
unidades críticas a favor de
los pacientes.

Agradecimientos

Agradecer a mis padres, hermanos, amigos y profesores que contribuyeron a mí formación personal, académica e investigativa.

Agradecer a mí maestro, Dr. Pedro Ortiz, por guiar mí destino.

Agradecer al Lic. Mario Salinas (INSN) y Lic. Ricardo Rodríguez (UNMSM) por su apoyo en la ejecución del estudio.

Agradecer al INSN el cual me permitió como interno y tesista construirme como profesional de la salud. Así mismo, agradecer a todo el personal e internos (2018) del laboratorio de emergencia por su apoyo en esta investigación.

Así mismo, doy gracias a cada científico que dedico parte de su vida en esclarecer los conceptos fisicoquímicos del medio interno, oxigenación y ventilación.

ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. DESCRIPCIÓN DE LOS ANTECEDENTES.....	13
1.2. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.3. OBJETIVOS	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.4. BASES TEÓRICAS.....	18
1.4.1. BASE TEÓRICA.....	18
1.4.1.1. Análisis de gases sanguíneos (AGS)	18
1.4.1.2. Historia de los parámetros para el AGS.....	19
1.4.1.3. Oxigenación y ventilación	20
1.4.1.4. Enfoques del Equilibrio ácido-base	22
1.4.1.5. La fase preanalíticas en el laboratorio	27
1.4.1.6. Consideraciones preanalíticas del AGS.....	29
1.4.1.7. Errores preanalíticos en el AGS.....	36
1.4.2. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	42
1.4.3. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	44
CAPITULO II: MÉTODOS.....	45
2.1. DISEÑO METODOLÓGICO	46
2.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	46
2.1.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	46
2.1.2. POBLACIÓN	46
2.1.3. MUESTRA Y MUESTREO.....	46
2.1.4. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN	47
2.1.5. UNIDAD DE ANÁLISIS Y OBSERVACIÓN	47

2.1.6. VARIABLES.....	47
2.1.7. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	47
2.1.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS	48
2.1.9. CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	48
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	49
3. Resultados.....	50
3.1. Descripción de los usuarios atendidos y el tipo de dispositivo	50
3.2. Servicios que solicitan AGS.....	52
3.3. Descripción del volumen recolectado en jeringas para el AGS.....	53
3.4. Análisis del volumen de muestra en el AGS en jeringas de 1ml.	53
3.5. Frecuencia de errores preanalíticos de AGS	55
3.6. Errores preanalíticos de AGS según los servicio de procedencia	57
3.7. Frecuencia de errores preanalíticos de AGS según día, turno y hora.	58
3.8. Métrica sigma en el proceso preanalítico del AGS	61
3.9. Diferenciación de los errores preanalíticos del AGS	62
CAPÍTULO IV: DISCUSIONES... ..	63
4. Discusiones	64
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	70
5.1 CONCLUSIONES	71
5.2 RECOMENDACIONES	72
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXOS	83
ANEXOS N°01: Operacionalización de las variables	84
ANEXOS N°02: Formato para el registro de indicadores de calidad en el AGS ...	85

ANEXOS N°03: Formato para el registro de datos del laboratorio de emergencia del INSN.....	86
ANEXOS N°04: Flujograma de ejecución para el presente trabajo de investigación	87
ANEXOS N°05: Determinación del valor sigma.....	88
ANEXOS N°06: Permiso del comité de Ética del INSN para ejecutar el estudio..	89
ANEXOS N°07: Total de muestras capilares, arteriales y venosas según cada servicio de procedencia en tres meses.....	90
ANEXOS N°08: Total de errores preanalíticos en el AGS según cada servicio de procedencia.	91
ANEXOS N°09: Total de errores preanalíticos en solicitud para el AGS en jeringas.	92
ANEXOS N°10: Total de errores preanalíticos en muestra para el AGS en jeringas.	92
ANEXOS N°11: Total de errores preanalíticos para el AGS en capilares sobre la solicitud.....	93
ANEXOS N°12: Total de errores preanalíticos para el AGS en capilares sobre la muestra.	93
ANEXOS N°13: Porcentaje de errores preanalíticos en jeringas y capilares para el AGS.....	94
ANEXOS N°14: Total de cada error preanalítico en el AGS en jeringas según los servicios de procedencia.	95
ANEXOS N°15. Total de cada error preanalítico en el AGS en capilares según los servicios de procedencia.	96

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Total de pacientes para el AGS según grupo etario.

Tabla 2. Total de pacientes para el AGS según el tipo de dispositivo.

Tabla 3. Total de pacientes para el AGS en jeringa según grupo etario.

Tabla 4. Total de pacientes para el AGS en capilares según grupo etario.

Tabla 5. Total de muestras en jeringas con calcio iónico no dosable por mes.

Tabla 6. Total de muestras en jeringas con calcio iónico no dosable según el volumen por mes.

Tabla 7. Valor sigma de cada volumen respecto al calcio iónico no dosable.

Tabla 8. Frecuencia de la presencia y ausencia de los errores preanalíticos para el AGS

Tabla 9. Frecuencia de errores preanalíticos para el AGS según el tipo de muestra

Tabla 10. Frecuencia relativa de cada error preanalítico en las jeringas para el AGS

Tabla 11. Frecuencia relativa de cada error preanalítico en capilares para el AGS.

Tabla 12. Valor sigma de cada error preanalítico para el AGS en jeringas.

Tabla 13. Valor sigma de los errores preanalíticos para el AGS en capilares.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Total de pacientes de AGS según sexo.

Gráfico 2. Porcentaje de pacientes para AGS en jeringa según servicio de procedencia.

Gráfico 3. Porcentaje de pacientes para AGS capilar según servicio.

Gráfico 4. Porcentaje de jeringas para el AGS según el volumen de sangre recolectado.

Gráfico 5. Porcentaje de muestras con calcio iónico no dosable frente al volumen de sangre recolectado en jeringas de 1ml.

Gráfico 6. Porcentaje de errores preanalíticos en jeringas para el AGS según los servicios de procedencia

Gráfico 7. Porcentaje de errores preanalíticos en capilares para el AGS según los servicios de procedencia.

Gráfico 8. Porcentaje de errores preanalíticos para AGS en jeringas por día.

Gráfico 9. Porcentaje de los errores preanalíticos para el AGS en capilares por día.

Gráfico 10. Porcentaje de errores preanalíticos para AGS en jeringas por turno.

Gráfico 11. Porcentaje de errores preanalíticos para AGS en capilares por turno.

Gráfico 12. Porcentaje de errores preanalíticos para AGS en jeringas por hora del día.

Gráfico 13. Porcentaje de errores preanalíticos para AGS en capilares por hora.

Gráfico 14. Diagrama de Pareto de errores preanalíticos del AGS en jeringas.

Gráfico 15. Diagrama de Pareto de errores preanalíticos del AGS en capilares.

RESUMEN

Introducción: Los errores de laboratorio ocurren entre el 0.35 y 12.90 %, de los cuales la fase preanalítica y las unidades críticas presentan mayor frecuencia de errores. Así mismo, el análisis de gases en sangre (AGS) es una prueba de laboratorio de urgencia y presenta diversos factores para errores potenciales (dilución, coágulo o hemólisis en las muestras). Incluso en pacientes pediátricos hay dificultad en la toma de muestra para el AGS. **Objetivo:** Determinar la frecuencia de errores preanalíticos en el Análisis de Gases Sanguíneos en el INSN-2018. **Metodología:** El estudio es observacional, descriptivo, prospectivo y de corte transversal para identificar los puntos críticos en el AGS. **Resultados:** De los 2428 pacientes pediátricos atendidos, el 62 % presenta errores preanalíticos en el AGS, que corresponde en 93 % a jeringas y en 7 % a capilares. En jeringas los errores relativos son solicitud ilegible (13.3 %), reescrita (2.4 %) y temporal (1.1 %); y en la muestra, presencia de coágulo (1.6 %), burbuja (12.3 %), sin tapón (56.1 %) y con escaso volumen (12.6 %). En capilares los errores relativos fueron la solicitud ilegible (10.8 %), reescrita (8.8 %) y temporal (3.1 %); y en la muestra fue la burbuja (1.3 %). Los servicios críticos presentan mayor error preanalítico en jeringas (72 %) y capilares (67 %) que otros servicios. Además, los volúmenes mayores e iguales a 0.4 ml tienen un desempeño aceptable en las jeringas de 1ml. **Conclusiones:** El proceso preanalítico para el AGS tiene una alta frecuencia de errores (62 %). En jeringas, los errores más frecuentes son las solicitudes ilegibles, muestras sin tapón. En capilares, los errores son las solicitudes ilegibles y reescritas.

Palabras clave: *Errores diagnósticos, análisis de los gases de la sangre, errores preanalíticos, pediatría.*

ABSTRACT

Introduction: Laboratory errors occur between 0.35 and 12.90 %, the highest frequency was in blood samples from Critical Units. Blood gas analysis (BGA) is a stat test that have several factors to potential errors (dilution, clot or hemolysis in the samples). Even at pediatric population is difficult to take a BGA´s samples. **Objective:** To determine the frequency of preanalytical errors in Blood Gas Analysis in pediatric hospital. **Methodology:** The study is observational, descriptive, and cross-sectional to identify critical factor in BGA. **Results:** Of 2428 pediatric patients attended, 62 % had preanalytical BGA errors, corresponding 93% for syringes and 7% capillaries samples. In syringes the relative errors are illegible (13.3 %), rewritten (2.4 %) and temporary request (1.1 %). On blood, mainly errors were clot presence (1.6 %), bubble (12.3 %), without plug (56.1 %) and low volume (12.6 %). In capillaries, the relative errors are illegible (10.8 %), rewritten (8.8 %) and temporary request (3.1 %) and on blood samples were bubble presence (1.3 %). Critical units reached the highest preanalytical error in syringes (72 %) and capillaries (67%). Additionally, volumes greater than or equal to 0.4 ml have an acceptable performance in 1ml syringes. **Conclusions:** The preanalytical process for BGA had high frequency of errors (62 %). In syringes main errors were illegible requests and samples without cap. In capillaries, errors were related to illegible and rewritten requests.

Key words: Diagnostic errors, blood gases analysis, preanalytical errors, pediatrics

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DE LOS ANTECEDENTES

El laboratorio clínico contribuye significativamente a la prevención, diagnóstico, monitoreo, pronóstico y seguridad del paciente. Además, un estudio considera que las pruebas de laboratorio contribuyen entre el 60 y 70 % de las decisiones clínicas para la hospitalización, el alta y la medicación.⁽¹⁾ Sin embargo, el informe “To err is human”, publicado por el Instituto de Medicina de EEUU (OIM) en 1999, ha evidenciado una alta frecuencia de errores clínicos,⁽²⁾ de la misma manera, se han desarrollado investigaciones en relación a los errores en el laboratorio clínico y otros servicios hospitalarios.^(3,4)

Los errores de laboratorio alcanzan entre el 0.35 % a 12.9 %, cifras que están de acuerdo al grado de automatización y gestión de cada hospital estudiado.⁽⁵⁻⁸⁾ Los errores ocurren tanto en la fase preanalítica (61 - 68 %), analítica (13 - 23 %) y postanalítica (11 - 23 %). La fase preanalítica alcanza la mayor frecuencia de errores.⁽⁵⁻⁸⁾ Frente a esto, los países desarrollados cuentan con procesos automatizados. Mientras que, los países en desarrollo aún mantienen procesos preanalíticos manuales, que demandan mayor esfuerzo y es susceptible a una mayor cantidad de errores.

En consecuencia, la fase preanalítica se divide en dos subfases.^(9,10) La primera, la fase pre preanalítica que se desarrolla fuera del laboratorio, tiene como responsables a diversos profesionales (Médico, Enfermera, Tecnólogo Médico y Técnicos) y presenta la mayor frecuencia de errores. Y la segunda, la fase preanalítica “verdadera” que se realiza dentro del laboratorio y tiene como principal responsable al profesional Tecnólogo Médico. Esta subclasificación permite evidenciar responsabilidades y funciones del personal.⁽⁹⁾

La mayor frecuencia de los errores en la fase preanalítica también ha permitido categorizar los servicios y procesos hospitalarios con mayor y menor error. Los servicios de hospitalización (0.60 %) presentan mayor error que los ambulatorios (0.039 %),^(5,11-13) otros autores reportan el mayor error en las unidades críticas (urgencias, UCI, obstetricia, neonatología) en comparación a consulta externa o hematología.^(5-7,11-17) En el laboratorio clínico los procesos de identificación del paciente comprometen mayor error en comparación a la recolección de la muestra.^(13,17)

De la misma forma, los errores ocurren en todas las áreas de laboratorio^(13,17-19) y están en función al tipo de prueba. En bioquímica, el 83 % de las muestras fueron rechazadas por hemólisis. En gasometría, el 73 % de las jeringas fueron rechazadas por presencia de coágulo.⁽²⁰⁾ Esto se atribuye a las diferentes consideraciones preanalíticas que tiene cada contenedor/prueba de laboratorio (diferente forma de homogenizar la muestra). Los errores también se atribuyen al cansancio, estrés o cambio de horario del personal.^(6,13) Por ello, se debe considerar al personal de toma de muestra como un elemento crucial para la mejora de procesos. El cual debe ser capacitado permanentemente e incluido en la elaboración de los documentos de calidad.⁽²¹⁾

Además, en el estudio de Plebani y col. reportaron que el 24.4 % de errores en el laboratorio tiene un impacto negativo en el paciente.⁽⁶⁾ Aunque, se debe señalar que cualquier tipo de error preanalítico genera una molestia, un retraso en el tratamiento, repetición de análisis, pruebas adicionales, gastos de insumos o mayor tiempo de hospitalización. En tal sentido, la detección de los errores de laboratorio debe ser confiable. Una forma de asegurar la confiabilidad de los resultados es usando sistemas informáticos de laboratorio (LIS), informes escritos estandarizados^(13,19,22,23) y medios de comunicación en base a un sistema de gestión de calidad. Así mismo, algunos hospitales han implementado un área de calidad,^(5,6,24) cuyas políticas están apoyadas de indicadores para evaluar el desempeño de los procesos.^(9,25)

Respecto al AGS, esta es una prueba que se suele realizar a pacientes críticos y brinda información urgente sobre la oxigenación, ventilación y equilibrio iónico en la sangre. A pesar de esto, existe escasa información sobre la cantidad de errores en el AGS.^(19,26) Además, los estudios reportan una mayor frecuencia de errores en los servicios de Urgencias, Emergencia o UCI en comparación de los servicios ambulatorios, debido a la mayor carga de estrés de estos ambientes.^(5-7,11-17) Incluso esta circunstancia probablemente se halló incrementada en los servicios pediátricos. Dado que, los niños suelen tener mayor ansiedad y miedo por el hecho de encontrarse en un hospital (ambiente desconocido) y por la evidencia intrínseca de su estado de salud.⁽²⁷⁾

La presencia de errores en la fase preanalíticos del AGS puede evocar resultados no confiables en el paciente (errores en la identificación y recolección de la muestra). La

identificación adecuada del paciente permite resultados rápidos y oportunos por el laboratorio.⁽²⁸⁾ Sin embargo, la recepción de solicitudes ilegibles, reescritas o temporales (formato inadecuado) estaría relacionado con demoras y mayor estrés en el personal de emergencia.

En la recolección de la muestra, la contaminación o dilución por líquidos de perfusión o exceso de heparina alteran varios parámetros, como la pCO₂, pO₂ y electrolitos.^(26,29-31) La cantidad de heparina líquida para el AGS requiere un adecuado control. Otro factor es la hemólisis, cuya presencia altera los electrolitos, pO₂ y pCO₂.^(32,33) También se sabe que, la muestra debe ser recolectada de forma anaeróbica y evitar la presencia de burbujas, ya que estas alteran significativamente el valor de pO₂.^(34,35) Las muestras con coágulos deben ser rechazadas, puesto que causan disfunción en los analizadores automatizados, hecho que ocasiona retrasos en la emisión de resultados, la evaluación y el tratamiento clínico.⁽³⁶⁾ Finalmente, un factor a tomar en cuenta es el tiempo, el cual requiere controlar y representar el estado estacionario del paciente. También se requiere celeridad en la recolección y procesamiento de la muestra de AGS. Dado que, los tiempos prolongados alterarían los parámetros relacionados al pCO₂ y pO₂.⁽³⁶⁻³⁸⁾

También es plausible asumir que los errores pueden verse incrementados en los pacientes pediátricos. La dificultad del acceso arterial puede generar recolecciones de muestras con escaso volumen, esto influye en la dilución de la muestra.^(31,39) En tal sentido, en estos pacientes existe mayor probabilidad en obtener muestras con hemólisis y/o coágulos.

Ante todo este contexto, los estudios en América latina reportaron frecuencias entre el 0.18% y 4.04 % de errores en la fase preanalítica.^(13-15,17,40) El uso de los LIS en América latina, poco a poco se asemeja a Europa y EEUU.^(12,14,18,20) Esto contribuye en el estudio y manejo de los errores preanalíticos. Mientras tanto, en algunos estudios de los países en desarrollo cuentan con LIS básicos. Los cuales no permiten registrar indicadores de calidad y requieren de registros manuales.^(8,13,17,40)

Los indicadores de calidad son características de los procesos de una organización. En América latina y en todo el mundo aún no existe una estandarización de los indicadores, quizá porque cada organización es única. Por ahora, los estudios deberían basarse en

indicadores estandarizados según el mapa de procesos de su organización, también se debe evaluar según el área y/o contenedor para los analitos de interés del laboratorio y considerar los errores en la identificación del paciente.

Hubo tres estudios sobre los errores preanalíticos para el AGS. Estos reportaron aproximadamente un 2 % de errores.^(19,26,41) Pero, los estudios no consideran los diversos factores preanalíticos para el AGS (muestras con burbujas, coágulos, el tiempo de respuesta y otros).^(19,26,41) Por el cual, se estaría subestimando su verdadera frecuencia. Además, esta prueba es ejecutada en condiciones particulares de estrés y contra el tiempo.

En el Perú, no se encontró algún estudio de errores preanalíticos para el AGS, sea porque la información no está publicada y/o porque los hospitales no cuentan con un área de dedicación exclusiva a la calidad. Sin embargo, los hospitales tienen en el laboratorio clínico un LIS, registros para la trazabilidad de las muestras y resultados (incluyen los errores en las muestras). Esta información bien podría ser analizada por el laboratorio y desencadenar en su mejora. En el Perú se reportó un estudio sobre los errores preanalíticos durante la flebotomía, que presentó un 80 % de errores.⁽⁴²⁾ Esta problemática debe entenderse como una oportunidad de mejora en los procesos y no debe ser motivo de amonestaciones al personal.

El Instituto Nacional de Salud del Niño (INSN) siendo un hospital pediátrico de tercer nivel, viene realizando actividades de capacitación en el personal sobre temas calidad, también está remodelando su infraestructura. Sin embargo, la escasa información sobre los errores preanalíticos en el AGS en la literatura de por sí afecta la eficiencia de las capacitaciones. Además, según informa el laboratorio de emergencia del INSN el proceso de recolección de muestras para AGS se realiza en jeringas con heparina líquida. En estas circunstancias, el volumen de muestra requiere de un control y pericia del tomador de muestra. Además, el laboratorio informa que la recolección de la muestra en el INSN lo realiza el Médicos en la mayoría de servicios o el personal de enfermería en UCI.

Finalmente, siendo el AGS una prueba urgente, es necesario realizar un estudio que determine los errores en la fase preanalítica. Asimismo, se identifique los servicios (Emergencia, UCI) con mayor error en estas muestras y también evaluar el desempeño

del proceso de AGS que permitirán el desarrollo de documentos de calidad. Todo lo mencionado se promoverá al saber ¿Cuál es la frecuencia de errores preanalíticas en el AGS en el INSN, 2018?, desencadenando mejoras en la atención de los pacientes pediátricos en condición crítica.

1.2. IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación es importante porque continua una línea de estudios relacionados a los errores en la muestra de AGS, que fueron desarrollados en diseños experimentales.^(31,33-35,39,43-48) Sin embargo, tiene aún mayor importancia porque la investigación presenta un diseño diferente (diseño descriptivo) y con un enfoque de calidad para dar información práctica. De esta forma, mejorar los puntos críticos de la fase preanalítica para el AGS en el INSN.

La importancia de la investigación es en la identificación de los puntos críticos de la fase preanalítica para el AGS. Ello permitirá al INSN disponer de información para la toma de acciones inmediatas y correctivas. De esta forma se incidirá en mejorar la atención urgente para el paciente pediátrico en condiciones críticas. Así mismo, se logrará asegurar un resultado confiable y oportuno para la toma de decisiones clínicas.

El estudio es importante porque al enfocarse en una sola prueba y una fase del laboratorio, ha permitido calcular el desempeño del AGS en el INSN (a pesar de no disponer de estudios similares a nivel nacional o internacional). Además, resalta que la calidad debe cumplir con los requisitos implícitos para el AGS (ejemplo: muestra anaeróbica) y no solo los de los usuarios (médico o paciente).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar la frecuencia de errores preanalíticos en el AGS en un hospital pediátrico en la ciudad de Lima, del 2017-2018.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Detallar los errores preanalíticos en función al proceso del AGS en el INSN.

Identificar los servicios de procedencia con mayor frecuencia de errores preanalíticos para el AGS en el INSN.

Evaluar los turnos de trabajo con mayor error preanalítico para el AGS en el INSN.

Determinar el desempeño de los errores preanalíticos en el AGS en el INSN.

Diferenciar los errores preanalíticos más frecuentes para el AGS en el INSN.

1.4. BASES TEÓRICAS

1.4.1. BASE TEÓRICA

1.4.1.1. Análisis de gases sanguíneos (AGS)

El AGS es una prueba de laboratorio que brinda información esencialmente del estado de oxigenación, ventilación y equilibrio ácido-base en la sangre.^(49,50) Los parámetros clásicamente son: presión parcial de oxígeno (pO_2), presión parcial de dióxido de carbono (pCO_2), potencial de hidrogeniones (pH), hemoglobina (Hb) y saturación de Oxígeno (sO_2). La muestra arterial es la adecuada para la valoración de esta información, llamándose Análisis de Gases Arteriales o “AGA”, actualmente considerada como el patrón de referencia de aquellas muestras venosas o arterializadas que son recolectadas para este mismo fin.^(10,36)

Los instrumentos de AGS están ubicados cerca de las unidades críticas (emergencia, UCI, hospitalizados y quirófanos) de cada hospital. Incluso estos equipos están instalados como pruebas en el punto de atención, porque requiere de un inmediato resultado. Actualmente los instrumentos de AGS realizan mediciones directas y calculan aproximadamente 12 y 14 parámetros respectivamente (cuadro N°1).^(33,51,52)

Cuadro N°1: Parámetros medidos y calculados por los instrumentos de AGS.

PARÁMETROS MEDIDOS		PARÁMETROS CALCULADOS	
pH	pO ₂	Exceso de Base (EB)	EB tisular (EB ecf o EBS)
pCO ₂	Glucosa	Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	EB actual
Sodio (Na ⁺)		Hematocrito (Hto)	Anión Gap (AG)
Potasio (K ⁺)		Bicarbonato estándar	Contenido total de O ₂ (tO ₂)
Cloro (Cl ⁻)		Buffers base (BB)	Contenido total de CO ₂ (tCO ₂)
Calcio iónico (Ca ⁺⁺)		Concentración de hidrogeniones, [H ⁺]	
Lactato (Lac)	Urea	Gradiente de la pO ₂ alveolo-arterial (pO ₂ A-a)	
Hemoglobina (Hb)		Calcio iónico normalizado a pH 7.4 (iCa ⁺⁺)	
Saturación de oxígeno (sO ₂)		La pO ₂ a la mitad de la saturación (p50)	

*Elaboración basada en catálogos y fuentes bibliográficas.⁽⁵¹⁾

El AGS brinda información rápida y oportuna para diagnosticar, monitorear y tratar pacientes en estados críticos. La alteración de la oxigenación, ventilación o equilibrio ácido-base, pueden desarrollarse rápidamente. Se requiere celeridad en reconocer estas alteraciones, ya que se agravan con el transcurso del tiempo en diversos niveles.^(49,50)

1.4.1.2. Historia de los parámetros para el AGS

El desarrollo histórico de los parámetros que se tiene actualmente en el AGS surgió de diversos personajes en tiempos, países y contextos de análisis, debates e intercambios científicos. El darse cuenta o anticiparse que en el aire existe el oxígeno, fue desde Aristóteles (ac. 384) y más evidente con Paracelso (1530). Respecto al equilibrio del medio interno en la sangre, fue planteado por Bernal (1872) y explicado por Henderson (1908),⁽⁵³⁾ pero el desarrollo de métodos para su corroboración y cuantificación de los parámetros del medio interno fue muchos años después. La primera medida del oxígeno sanguíneo lo realizó Slyke (1923)⁽⁵⁴⁾ y la determinación de la concentración de hidrogeniones ([H⁺]) en sangre por Böüger (1897).⁽⁵⁵⁾ De estos dos parámetros iniciales, muchos académicos continuaron investigando. Actualmente se cuenta con alrededor de 18 parámetros en el AGS.⁽⁵¹⁾

A continuación se describirán brevemente algunos hechos históricos sobre el AGS. Alrededor del siglo XIX inicio la oxigenoterapia (1887), aunque su uso fue generalizado a diversas enfermedades, se empezó a comprender la base bioquímica sobre la respiración. Otro hecho a destacar, es el planteamiento de Bernal sobre el medio interno, que estaría en la sangre como característica propia de los seres vivos. Finalmente destacar los avances de la física, que conceptualizaron a los gases como moléculas. Siendo posible la cuantificación de los gases en base a la electroquímica. En razón a esto, se llegó en 1867 a plantear la ley de acción de masas y en 1884 la teoría de disociación electrolítica.⁽⁵³⁾

En la primera mitad del siglo XX se sigue desarrollando la oxigenoterapia, también se da respuestas bioquímicas sobre la acidosis metabólica (por diabetes y uremia). Sin embargo, aún no se daba interés clínico al pH. Las técnicas de medición como la manometría, galvanometría, espectrofotometría y fotómetro de llama se desarrollan. Sin embargo, los electrodos en la electroquímica presentan dificultades para medir el O₂.⁽⁵⁵⁾ En la segunda mitad del siglo XX, a raíz de la epidemia de poliomielitis en Copenhague (Dinamarca), se visualiza al AGS como prueba urgente. Así mismo, llega como un golpe de suerte el desarrollo electrodo de Clark (mide el oxígeno),⁽⁵⁶⁾ permitiendo en los años posteriores tener una prueba en pocos minutos. Y finalmente se llega a comprender que las alteraciones ácido-base están relacionadas con ciertas enfermedades (Uremia, EPOC, cetoacidosis diabética), siendo posible su diagnóstico, monitoreo y tratamiento.⁽⁵⁷⁻⁶⁰⁾

1.4.1.3. Oxigenación y ventilación

Los parámetros del AGS para medir una adecuada oxigenación y ventilación son pO₂, pCO₂, sO₂ % y la hemoglobina, que son completados por otros parámetros basados en la pulsioximetría, espirometría o ventilador mecánico y así calcular la pO₂A-a, relación pO₂/FiO₂, índice de oxigenación, contenido de O₂ y el suministro de O₂, tan necesarios para la evaluar una adecuada oxigenación.^(37,49,61)

El intercambio de gases (O₂ y CO₂) se refiere a la ventilación alveolar, difusión alveolo capilar y la perfusión capilar, cuya eficacia depende del cociente respiratorio (V/Q), es la cantidad de ventilación por cada unidad alveolar entre el flujo capilar que se perfunde.⁽³⁷⁾

El ingreso del O₂ hacia los capilar, hematíes o específicamente a la hemoglobina tiene como objetivo ser transportado al corazón y ser impulsado a todo el cuerpo. En los tejidos se produce la liberación del O₂ de la hemoglobina hacia las células, dentro de cada célula el O₂ reacciona con la glucosa y produce gran cantidad de moléculas energéticas (ATP), necesarias para las actividades celulares y libera el CO₂ como desecho o tóxico celular. El CO₂ en el plasma forma parte del sistema tampón del bicarbonato y regula el pH.^(37,49) La interacción entre el O₂ y CO₂ es calculada por la proporción de sangre que pasa por los pulmones sin oxigenarse, el Shunt, cuyo valor requiere de muestra arterial y mixta (vena pulmonar), siendo de utilidad en pacientes críticos.^(10,36)

La captación del oxígeno por los pulmones se mide en base a la pO₂ que se encuentra disuelta en el plasma sanguíneo. Un buen indicador es la pO₂A-a, usada con una FiO₂ normal que ayuda a diferenciar a las insuficiencias respiratorias de causa pulmonar o extrapulmonar.^(61,62) El índice de oxigenación o PAFI se aplica cuando la FiO₂ es mayor a 0.4, siendo la relación entre la pO₂ y la fracción inspirada de oxígeno (pO₂/FiO₂).⁽⁶¹⁾

Respecto al control de la ventilación, esta se realiza en base al pH, pCO₂ por parte de la corteza cerebral, protuberancia, bulbo y receptores (cuerpo carotídeo). Siendo la pCO₂ un indicador de la ventilación y parte del componente respiratorio en el equilibrio iónico.^(37,49,61) De esta forma el pH, pCO₂ y bicarbonato nos permiten evaluar el grado de la compensación renal de los trastornos respiratorios.⁽³⁷⁾

El transporte del oxígeno se realiza al menos en 97 % a través de la hemoglobina, que en su núcleo contiene hierro y así puede captar reversiblemente hasta cuatro moléculas de oxígeno, para distribuirlo a todo el cuerpo. En el movimiento sanguíneo la hemoglobina puede captar cuatro o tres moléculas de O₂, dando un promedio de saturación de la hemoglobina de 95, 96 o 97 %. La unión de la hemoglobina con el O₂ se llama oxihemoglobina y es de tipo reversible, pero también suele estar presente dishemoglobinas (carbóxiemoglobina y metahemoglobina), que no fijan el O₂ e inciden negativamente en la oxigenación. La carbóxiemoglobina y la metahemoglobina pueden ser medidos por los oxímetros.^(37,49,61)

Las condiciones para una adecuada oxigenación a nivel tisular se basan en la curva de disociación de la hemoglobina, la cual describe que la liberación del O₂ de la hemoglobina es favorecida por el aumento del 2,3 difosfogliceraldehído (2,3 DPG), pCO₂, temperatura y la acidez. Pero, la disminución de estos y la alcalinidad no favorecen la liberación del O₂. La cantidad necesaria de pO₂ para saturar la hemoglobina al 50 % (P 50) es un buen indicador de la afinidad del oxígeno y así usar este como un medicamento, cuyo exceso produce radicales libres, llegando a ser tóxico, especialmente en neonatos.^(37,49,61)

El aumento de la concentración de lactato en la sangre, puede darse por hipoxia tisular. En la cual, las células realizan una respiración anaeróbica transformando el piruvato en lactato. También puede darse la excesiva producción de lactato en neoplasias o tumores, además de intoxicaciones por fármacos o etílicas. La elevada concentración de lactato está relacionado con un aumento de la mortalidad. Los equipos de AGS miden la L-Lactato, pero la D-Lactato es producida por bacterias gastrointestinales y cuyo aumento está ligado a intervenciones, enfermedad inflamatoria, tumores y traumatismo intestinal.⁽³⁷⁾

1.4.1.4. Enfoques del Equilibrio ácido-base

El mantenimiento del medio interno en la sangre, se encuentra en un rango corto de valores de iones hidrógeno, gases y electrolitos sanguíneos. Estos han sido comprendidos a través de diversos modelos de las alteraciones ácido-base. En 1908 Henderson realiza su modelo de “The Theory of Neutrality Regulation in the Animal Organism”, (La Teoría de la Neutralidad en la Regulación de los Organismos Animales), la cual se basó en la Teoría de Ionización (Arrhenius) y la ecuación de Van't Hoff.^(63,64) Proponiendo que la concentración del ion hidrógeno ([H⁺]) en la sangre, está en función de sustancias que donan o aceptan iones de hidrógeno, como son el sistema de bicarbonato (HCO₃⁻) y en menor medida por fosfatos y proteínas, que son regulados por los pulmones y riñones.^(63,65-67)

El sistema respiratorio (pulmones) regula el CO₂ a través de la ventilación. Las propiedades del CO₂ son de combinarse de manera reversible con el agua y llega a formar el ácido carbónico (H₂CO₃) en el plasma. Luego esta es catalizada por la anhidrasa

carbónica en iones de bicarbonato (HCO_3^-) e hidronio (H^+): ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$), conociéndose este proceso como el sistema de bicarbonato.⁽⁴⁹⁾

Así mismo, el riñón aumenta o disminuye la secreción de hidrógeno y también reabsorbe-produce bicarbonato mediante diversos procesos metabólicos en las nefronas. La sangre al ser filtrada por el glomérulo llega al túbulo proximal, aquí se regula la secreción de H^+ y se reabsorbe el 80% de bicarbonato. En el asa ascendente de Henle y túbulo contorneado distal se reabsorbe el 16% de bicarbonato. Y finalmente en el tubo colector se reabsorbe el 4% de bicarbonato. Además, en las células del túbulo proximal, distal y conducto colector van a producir bicarbonato por desaminación de la glutamina ($\text{glutamina} + \text{CHO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{NH}_3 + \text{H}^+$) y por unión de sales neutras de fosfato con el H^+ . Toda la regulación resulta a una concentración de 0.00000004 o 4×10^{-8} Normal de $[\text{H}^+]$ (ecuación 1).⁽⁴⁹⁾

$$[\text{H}^+] = K_a \times [\text{CO}_2] / [\text{HCO}_3^-] \dots \dots \dots (1)$$

Siendo K_a la constante de equilibrio para la reacción, $[\text{CO}_2]$ es la concentración del CO_2 gaseoso disuelto en plasma y $[\text{HCO}_3^-]$ es la concentración de bicarbonato disuelto en plasma.

En conclusión, Henderson plantea que la $[\text{CO}_2]$ y bicarbonato constituyen los principales factores de control en el equilibrio ácido-base.^(63,67) Actualmente se reconoce que la enzima, anhidrasa carbónica, está presente en los eritrocitos, nefronas, intestino, páncreas, músculo estriado y el endotelio pulmonar.⁽⁶⁵⁾

En 1909 Sorensen en base a sus trabajos sobre los “buffer o tampones”, propuso el término “pH” (que es el logaritmo negativo de la $[\text{H}^+]$, en lugar del uso de normalidad). Obteniendo un valor numérico de fácil comprensión e interpretación. En el mismo año Hasselbalch transforma la ecuación de Henderson y determina el resultado del pH sanguíneo con un valor referencial a 7.4, según la ecuación 2. Y así queda consolidada la ecuación de Henderson-Hasselbalch sobre el equilibrio ácido-base.⁽⁶³⁻⁷¹⁾

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log ([\text{HCO}_3^-] / [\text{CO}_2]) \dots \dots \dots (2)$$

La aplicación clínica y de laboratorio fue abordada por Van Slyke, que entre los años de 1914 a 1931 acuñó el término bicarbonato. También construyó un aparato manométrico de vidrio para medir la $p\text{CO}_2$ y la $p\text{O}_2$ y usó un electrodo para el pH. Así mismo, aplicó la ecuación de Henderson -Hasselbach para determinar la cantidad de bicarbonato durante la acidosis metabólica (diabetes y uremia). También descubrió otras alteraciones electrolíticas como la alcalosis y clasificó a las alteraciones ácido-base como respiratoria y metabólica.^(63,67,70)

A pesar de los esfuerzos de Van Slyke, la evaluación del componente metabólico no era claro para el uso clínico y su comprensión abarcó varios conceptos: VSSB (Van Slyke Estándar Bicarbonate), BB (Tampón Base) y AG (Anión Gap).^(63,68,70,72-77) El VSSB, propuesta de Van Slyke, es la concentración de bicarbonato en suero después de equilibrar la sangre a un pH 7.4, esta corregirá los efectos respiratorios. El BB o tampón base, propuesta en 1948 por Singer y Hastings, es la evaluación del cambio total del tampón carbonato y no carbonato en el plasma/sangre para determinar la capacidad de amortiguación de la sangre, cuyo cambio estará en relación al componente metabólico (ecuación 3).^(63,73,76,77) Y el Anión Gap (AG), es la diferencia de la suma de los cationes y la suma de los aniones, es decir: considera los electrolitos (ecuación 4 o 5) y de esta forma permite diferenciar la acidosis metabólica con AG elevado y AG normal.^(63,67,68,73) Estos estudios adicionan nuevas variables que influyen en el cálculo del equilibrio ácido-base como: Electrolitos, hemoglobina (Hb), hematocrito, etc. Y también evidencia que la $[\text{CO}_2]$ es responsable del componente respiratorio, pero que los cambios de la $[\text{HCO}_3^-]$ ya no era el único parámetro que alteraba el componente metabólico.

$$\text{BB} = \text{B}^+ - \text{A}^- = \text{HCO}_3^- + \text{Buffer}^- \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{AG} = ([\text{Na}^+] + [\text{K}^+]) - ([\text{Cl}^- + [\text{HCO}_3^-]]) \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{AG} = [\text{Na}^+] - ([\text{Cl}^- + [\text{HCO}_3^-]]) \dots \dots \dots (5)$$

El enfoque de Siggaard-Andersen, propuesto en 1960, se basa en la Teoría de Bronsted-Lowry para determinar, direccionar y cuantificar el componente metabólico que va a restaurar el pH a través del “Exceso de Base” (BE), que corresponde a cuántos miliequivalentes (mEq) de ácido o base adicionales se deben agregar a un litro de sangre

para normalizar el pH, la medición fue programada a 37°C con una pCO₂ de 40 mmHg. Pero a pesar de ello, la exactitud in vitro del EB no correlacionó in vivo. Posteriormente, este proceso se estandarizó a una hemoglobina de 3-5 g/dl, esto se llamará el exceso de base estándar, SBE (ecuación 6), que desde su propuesta permite evaluar y pronosticar mejor el componente metabólico.^(64,65,67-71,74,78) Actualmente, algunos algoritmos de diagnóstico sobre las alteraciones ácido-base, son basados en el pH, pCO₂, HCO₃⁻ y SBE, además de considerar el contexto clínico del paciente.

$$SBE = 0,9287 \times (HCO_3^- - 24.4 + 14,83 \times [pH - 7.4]) \dots \dots \dots (6)$$

El enfoque de Peter Stewart en 1978,⁽⁷⁹⁾ se base en tres leyes. La primera es la Ley de la electroneutralidad del agua, la cual considera que la suma de las cargas positivas y negativas en el agua son igual a cero y que si aumenta las cargas positivas o negativas en el agua, este se disocia en hidroxilos (OH⁻) o hidrogeniones (H⁺) respectivamente. La segunda es la Ley de conservación de la materia Esta considera que la materia no puede ser creada ni destruida, sólo se transforma en materia. Y finalmente la Ley de acción de masas, considera que toda sustancia que está incompletamente disociada, llega a un punto de equilibrio en sus reacciones de izquierda a derecha e inversamente en cada instante y esto depende de las características de las moléculas y del medio en el que están disueltas.^(64,65,67-70,73,79)

El enfoque de Peter Stewart plantea que el equilibrio ácido-base depende de tres factores: La pCO₂, es la presión ejercida por el CO₂ de la sangre en los vasos sanguíneos; el segundo es la concentración total de ácidos débiles no volátiles ([ATOT]); y el tercero es la diferencia de las concentraciones entre iones fuertes (SID). El primero, la pCO₂, es determinado por factores externos a la sangre y su solubilidad en el agua es baja evidenciando cuatro reacciones (el CO₂ se disuelve con el agua, forma el ácido carbónico, pasa a carbonato y finalmente se produce el ion carbonato): CO₂ + H₂O <=> H₂CO₃ <=> H + HCO₃⁻ <=> H + H+CO₃²⁻.

La segunda, la [ATOT], es la concentración total de ácidos débiles (proteínas y fosfatos, no tiene en cuenta el HCO₃⁻) que se caracterizan por tener una disociación parcial en sus iones estructurales hasta llegar al equilibrio. La albúmina es la proteína más importante

se la consideraría la que determina la [ATOT], porque el fosfato solo representa un 5% de este.

Y finalmente el SID, se mide en base a los iones fuertes, porque se disuelven totalmente y no participan en las reacciones de transferencia de protones, es normal que los cationes excedan a los aniones (ecuación 7) y el SID tiende a ser positivo (40-48 mEq/l). En resumen, este enfoque explica las alteraciones del equilibrio ácido-base en relación a la pCO₂, HCO₃⁻, proteínas, fosfatos y electrolitos en una misma interpretación.⁽⁵⁰⁾ La pCO₂ como el componente respiratorio y regulado por el pulmón. Los electrolitos del SID y ATOT como parte del componente metabólico que son regulados por el riñón y el hígado respectivamente.^(67-69,71,79)

$$\text{SID} = ([\text{Na}^+] + [\text{K}^+] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{Ca}^{2+}]) - ([\text{Cl}^-] + [\text{lactato}^-]) \dots \dots \dots (7)$$

Un aporte a este último enfoque, lo realizó Figge en 1991, quien parte de la ley de electronegatividad en una solución con proteínas, electrolitos y tampón bicarbonato que imita al plasma, expresándola según la ecuación 8:⁽⁸⁰⁾

$$\text{SID} + [\text{H}^+] - [\text{OH}^-] - [\text{HCO}_3^+] - [\text{CO}_3^{2-}] - [\text{A}^-] = 0 \dots \dots \dots (8)$$

En la cual [A⁻] es la concentración de los principales aniones débiles (Albúmina y fosfato inorgánico, Pi) y considera despreciable la carga de los iones [H⁺], [OH⁻] y [CO₃²⁻], obteniéndose la siguiente ecuación 9^(67,71):

$$\text{SID} - [\text{HCO}_3^+] - [\text{A}^-] = 0 \dots \dots \dots (9)$$

Del cual se obtiene un equivalente del SID, según la ecuación 10:

$$\text{SID} = [\text{HCO}_3^+] + [\text{Alb}^-] + [\text{Pi}^-] \dots \dots \dots (10)$$

Dada la naturaleza de iones débiles, está ahora equivale según la ecuación 11:

$$\text{SID} = [(2,46 \times 10^{-8}) \times (\text{PCO}_2/10 - \text{pH})] + [[\text{albúmina}] \text{ g/L} \times 0,123 \times (\text{pH} - 0,631)] + [[\text{fosfatos}] \text{ mmol/L} \times 0,309 \times (\text{pH} - 0,469)] \dots \dots \dots (11)$$

Con ello el SID de Steward y Figge se llamarán SID aparente (SIDa) SID efectivo (SIDE) respectivamente, cuya diferencia da el “Gap de iones Fuertes”, SIG (ecuación 12), que estima al componente metabólico o a los iones no medidos como son los cetoácidos, sulfatos, uratos, citrato, piruvato, acetato y gluconato.^(65,67,69,71,72,80)

$$\text{SIG} = \text{SIDa} - \text{SIDE} \dots \dots \dots (12)$$

1.4.1.5. La fase preanalíticas en el laboratorio

El laboratorio clínico realiza sus procedimientos o análisis para el diagnóstico, gestión, prevención, monitoreo y tratamiento de diversas enfermedades o evaluaciones de la salud en seres humanos. Estos procedimientos se organizan en tres fases consecutivas (preanalítica, analítica y postanalítica) destinadas a brindar resultados de calidad. La fase preanalítica consta desde la solicitud de una prueba de laboratorio hasta la preparación de la muestra para su procesamiento. La fase analítica consta desde la selección hasta la validación de un procedimiento analítico para la prueba. Y la fase postanalítica consta desde la revisión de resultados hasta el deshecho de la muestra.^(21,25) Actualmente, los países en desarrollo tienen la fase preanalítica mayormente de forma manual y la fase analítica y postanalítica cuenta con una automatización total o parcial.^(13,14,17,20,40)

Esta diferencia tecnológica entre las fases, se hace evidente en la preanalítica. Esta tiene la mayor fuente de errores (61.9 al 68.2%).⁽⁵⁻⁸⁾ El interés en reducir los diversos riesgos en la seguridad de los pacientes ha llevado a considerar dos subfases. La primera, la fase pre-preanalítica se lleva a cabo fuera del laboratorio e implica la elaboración de la solicitud, recolección, identificación, etiquetado, manipulación y transporte de las muestras. La segunda, la fase preanalítica “verdadera” se realiza en el laboratorio e implica la recepción de la muestra, centrifugación y la preparación de muestra para su procesamiento.^(9,10) Esta clasificación hace evidente que el lugar y los procesos son diferentes. Así mismo, también difieren en el personal responsable: En la fase pre-preanalítica pueden participar Médicos, Enfermeras, Tecnólogos Médicos y Técnicos, y en la fase preanalítica participan mayormente los Tecnólogos Médicos. Cada profesional con diferentes funciones^(9,25).

En relación al AGS, la fase pre-preanalítica incluye la solicitud de análisis, identificación, preparación del paciente, recolección y transporte de la muestra, y la fase preanalítica incluye la recepción de la muestra y la preparación de la muestra para su procesamiento. Es preciso señalar que la NTP ISO 15189: 2014 indica que el laboratorio es el encargado del aseguramiento de calidad en todas las fases del mismo.⁽²¹⁾

Los errores son el incumplimiento de requisitos o cualquier alteración que se presenta en cualquier fase del laboratorio.⁽²¹⁾ El análisis de los errores o problemas requieren aplicar una serie de herramientas de calidad. Estos permitirán detectar problemas, delimitar el área problemática, estimar situaciones que probablemente provoquen el problema, determinar si el efecto tomado como problema es cierto o no, prevenir errores debido a omisión, rapidez o descuido y confirmar los efectos del mejoramiento. Entre estas herramientas están el diagrama de Pareto, el cual describe el orden en que los problemas se deben resolver y el diagrama de Ishicawa, el cual describe gráficamente las posibles causas de un problema e identificar las consideraciones necesarias para solucionar un problema.⁽⁸¹⁾

Cuadro N°2. Indicadores de calidad en la fase preanalítica del AGS.

Proceso preanalítico	Indicadores de calidad asociados
Identificación del paciente	Número de solicitudes ilegibles en nombres o número de historia clínica del paciente/ número total de solicitudes (%).
	Número de solicitudes reescritas en nombres o número de historia clínica del paciente/ número total de solicitudes (%).
	Número de solicitudes temporales/ número total de solicitudes (%).
Adecuación de las muestras	Número de muestras con escaso volumen/ número total de muestras (%).
	Número de muestras coaguladas / número total de muestras%.
	Número de muestras hemolizadas/ número total de muestras%.
	Número de muestras con burbuja o espuma / número total de muestras%.
	Número de muestras sin tapón / número total de muestras%.

*Tomado y modificado de Westy col.⁽²²⁾

En la fase preanalítica se usan indicadores de calidad, estos permiten identificar y cuantificar la calidad del laboratorio en esta fase (cuadro N°2). La implementación de los indicadores son basados en la identificación de actividades críticas, el análisis del contexto y/o literatura científica sobre la vulnerabilidad de los procesos de laboratorio. Cada indicador de calidad debe contener objetivos, metodologías, interpretación, límites, plan de acción y duración de la medición.^(9,21)

Para la dirección y control de la fase preanalítica (parte del sistema de gestión de calidad según la NTP ISO 15189:2014)⁽²¹⁾ se han planteado diversos modelos basados en el ciclo de Deming.⁽⁸²⁻⁸⁴⁾ Uno de ellos es el Modelo Seis Sigma, que es una metodología de mejora y también brinda herramientas estadísticas propias. Puede ser usado para medir el desempeño o capacidad de diversos procesos (indicadores) de forma directa (preanalíticos y postanalíticos) o estimado (analíticos). La forma directa se basa en que la métrica sigma presenta una correlación estadística con el número de errores o defectos por millón de oportunidades (DPM o DPMO), que gradualmente califica el proceso en una escala del 1 al 6 σ .^(85,86) El desempeño óptimo de un proceso asume un valor de 6 σ y un valor mínimo de 3 σ es considerado un desempeño aceptable.^(85,41) La forma estimada se basa los resultados de un material de control (más no en las muestras del paciente, dado que se desconoce el valor verdadero), que nos permitirá estimar el error aleatorio y sistemático, cuyo desempeño es calificado igualmente que la forma directa (escala del 1 al 6 σ).⁽⁸⁷⁾

El valor sigma indica la frecuencia de errores o defectos que pueden ocurrir en un proceso, un valor alto de sigma equivale a menos errores. De esta forma, al aumentar el valor sigma mejora la fiabilidad del proceso y satisfacción del cliente. Así mismo, disminuye costos, tiempos de respuesta y la necesidad de realizar inspecciones.⁽⁸⁵⁾ Un aspecto fundamental para el adecuado sistema de gestión de calidad en los laboratorios clínicos es conseguir la satisfacción del médico o paciente y cumplir con requisitos científicos de nuestros procesos.⁽⁸⁸⁾

1.4.1.6. Consideraciones preanalíticas del AGS.

La fase preanalítica del AGS, es una área multidisciplinaria que presenta una frecuencia de 2.03% de errores,^(17,19,41) aunque este valor podría omitir algunos errores. Algunas

medidas para realizar un adecuado procedimiento preanalítico se describe en este subtítulo. Para ello, se debe considerar que los factores preanalíticos para el AGS tienen muchos pasos comunes a las demás pruebas de laboratorio y algunos pasos son exclusivos a esta prueba, como son: Solicitud de la prueba, identificación, la preparación del paciente, dispositivos para la toma de muestra, recolección, transporte, recepción, preparación para el análisis^(10,52) y algunas condiciones del paciente antes del análisis de laboratorio.⁽³⁸⁾

- Identificación, preparación y evaluación del paciente

La correcta identificación verbal o gráfica del paciente es sumamente importante, porque el proceso e interpretación del AGS requiere de acciones inmediatas. Por ello, se debe tener identificadores únicos del usuario (nombre, apellidos, fecha de nacimiento, sexo), fecha, momento de recogida, tipo de muestra y ubicación del paciente para asegurar que es el paciente correcto en esta fase de la prueba.^(28,89)

Para la evaluación del paciente es necesario establecer un “estado estacionario” antes de la recolección de las muestras de ASG. Esto se logra dando un tiempo de descanso, el cual está basado según el estado clínico y lo que se pretende evaluar. Se puede tomar 3 a 10 min en pacientes sin enfermedad pulmonar. En pacientes con obstrucción de las vías respiratorias el tiempo de descanso es de unos 20 a 30 min. Un control del estado estacionario del paciente permite asegurar una muestra representativa del equilibrio iónico y ventilatorio del paciente y sin el sesgo por ansiedad o dolor.^(10,36,38,89)

La identificación también debe realizarse en las muestras y solicitud de análisis, que son etiquetadas y llevan información completa del momento de la recolección de la muestra. Para la identificación del paciente se requiere nombre completo, servicio, cama, fecha de la recolección, fecha de nacimiento, número de identificación, identificación de quien recolecta la muestra). También se requiere información acompañante que es necesaria para la validación e interpretación del paciente, como es: la temperatura del paciente, sitio de muestreo, porcentaje de oxígeno por máscara facial (FiO₂), tipo de ventilación, tiempo del último cambio ventilatorio y el estado de actividad del paciente (ejercicio o acostado).^(10,28,89)

- Dispositivos para la recolección

Los materiales de recolección de muestras para el AGS son exclusivos en este procedimiento, debido al carácter urgente de esta prueba. Por ello, se procesa la sangre total y no solo el plasma o suero, ya que centrifugar demanda un tiempo que no se dispone en un contexto crítico y que implicaría complicaciones en el paciente.^(36,89)

Las características de los recipientes son envases herméticos a los gases, ya que el O₂ y CO₂ no se deben entrar ni salir de este. En razón a esto, las jeringas de vidrio fueron una buena elección y se mantenía en hielo para prevenir el consumo de oxígeno por la glucólisis. Sin embargo, a fin de brindar seguridad ante la posible ruptura del vidrio, se usan las jeringas de plástico, que son parcialmente permeables a los gases (su permeabilidad aumenta conforme desciende la temperatura).^(35,47) El uso de jeringas de plástico ya está generalizado, estas no se congelan, sino se mantienen a temperatura ambiente dentro de los 30 minutos de recolección para su análisis. Resaltamos que la sangre recolectada para estudios de “shunt” o pO₂A-a, debe analizarse dentro de los cinco minutos de recolección^(10,36). El diámetro del poro en las jeringas de vidrio y plástico es de 3 – 50 nm y 200 - 450 nm respectivamente y el diámetro del oxígeno es de 0.346nm.⁽⁹⁰⁾ Actualmente, también se cuenta con capilares para este procedimiento. Estos contienen una barrita metálica dentro del capilar y se utiliza un imán para su correcta homogenización.⁽³⁶⁾

Existen ciertos aditivos para sellar la ventilación de la muestra en las jeringas. Estos son lubricantes o tampones que el personal debe evaluar si altera el rendimiento de algún parámetro del AGS (ejemplo la hemoglobina).⁽³⁸⁾

- Tipos de muestras

El tipo de muestra a recolectar para el AGS es arterial, aunque el uso se ha extendido a muestras capilar y venosa de las diferentes zonas del cuerpo, cada muestra debe ser recogida anaeróbicamente. La muestra arterial es considerada como patrón de referencia y usada para evaluar el intercambio gaseoso de los pulmones, ya que la pCO₂ en la sangre arterial refleja el componente respiratorio en la acidosis o alcalosis respiratoria.^(10,36,37) Las zonas anatómicas de elección son la arteria radial, braquial, femoral o catéter arterial.

Por ello la toma de muestra tiende a ser más dolorosa que otros análisis de laboratorio y está permitido el uso de anestesia local. En las muestras de línea arterial, se requiere retirar un volumen inicial que asegure una muestra arterial libre de otras soluciones.⁽³⁶⁾

Cuadro 3: Valores referenciales de pH, pO₂, sO₂, pCO₂, HCO₃⁻ y EB según el tipo de muestra: arterial o venosa.⁽⁹¹⁾

Parámetros	Tipo de muestra	
	Arterial	Venosa
pH	7.35-7.45	7.31-7.41
pO₂ (mmHg)	80-100	35-40
sO₂	>95%	70-75%
pCO₂(mmHg)	35-45	41-51
HCO₃⁻ (mEq/L)	22-26	22-26
EB	-2 a +2	-2 a +2

Las muestras venosas de elección son la vena yugular o subclavia. Siendo indicadas cuando no se dispone de una zona anatómica de tipo arterial, aunque no es un reemplazo adecuado para medir el estado ventilatorio del paciente (cuadro N°3).⁽⁹¹⁾ Sin embargo, suele usarse para medir el pH, pCO₂, electrolitos y dishemoglobinas (COHb y MetHb). La toma de muestra en sangre venosa se debe evitar la estasis y el ejercicio del antebrazo (abre y cierre del puño). La sangre venosa mixta o sangre venosa central se obtiene de la arteria pulmonar o un catéter venoso central a una velocidad de 1ml/5segundos y es utilizada para evaluar la captación del oxígeno, el gasto cardiaco y el shunt intrapulmonar.⁽³⁶⁾

Las muestras capilares son usadas de preferencia en neonatos, donde el acceso vascular demanda mayor pericia y presentan un control de volumen a extraer, para evitar una anemia inducida. Las zonas anatómicas de elección son el dedo, talón o lóbulo de la oreja mediante un procedimiento de arterialización por calentamiento de la zona a 42°C durante 10 a 15 min.^(36,89) Los valores de la muestra arterial difieren de la muestra venosa y arterialezada (cuadro N°4)⁽⁹²⁾.

Cuadro 4: Diferencia en valores de pH, pO₂, sO₂ y HCO₃⁻ de sangre arterial con muestras venosas o arterializadas (lóbulo del oído y yema del dedo)⁽⁹²⁾.

Parámetros	Tipo de muestra		
	Venosa	Lóbulo del oído	Yema del dedo
pH	0.13 - 0.1	0.0169	0.0193
pO ₂ (mmHg)	145.3 - 32.9	3.8	11.5
sO ₂ %	25	<1	1
pCO ₂ (mmHg)	6.8 - 7.6	1.9	2.2

- Tipos de anticoagulantes

El anticoagulante para el AGS es la heparina (no usar el EDTA porque quela electrolitos, ni el citrato por su valor del pH) y tiene dos presentaciones (líquida y liofilizada). Las heparinas líquidas presentan cuatro tipos. La primera, heparina de sodio (pH de 6.85, Na⁺ de 15 mmol/L y pO₂ de 150 mmHg), eleva los niveles de Na⁺ en la muestra a pesar de estar en una cantidad adecuada y disminuye los valores de los cationes sanguíneos (calcio). La segunda, la heparina de litio (pH de 6,85 y pO₂ de 150 mmHg) solo disminuye los valores de los cationes sanguíneos. La tercera, la heparina de zinc o calcio altera la concentración del calcio. Y finalmente, la heparina de litio/Zinc que reduce las interferencias en el análisis de calcio.^(29,30,89) Si no se controla el volumen de las heparinas líquidas, estos podrían alterar los valores en el AGS por dilución de las muestras.⁽³¹⁾

Respecto a la heparina liofilizada-equilibrada con cationes. Estos superan los inconvenientes de la heparina líquida, pero requiere de un mayor tiempo de homogenización y así evitar la formación de coágulos. La concentración de heparina líquida difiere de la heparina terapéutica, ya que esta contiene 10 veces más de concentración e incidirá en mayor error, para la medición de cationes.⁽³⁶⁾ La concentración adecuada en jeringas con heparina líquida o liofilizada varía de acuerdo a cada marca.⁽⁹³⁾

- Transporte

En las muestras para el AGS en jeringas de plástico, se deben evitar la presencia de burbujas, un transporte vigoroso (que agite la muestra) o la refrigeración a 4 o 0°C. Se recomienda transportar las muestras manualmente o con un contenedor no refrigerado (sin agitar la muestra), mantener la anaerobiosis en la muestra y el lugar de análisis no debe ser muy lejano.^(36,46) Actualmente, está generalizado el uso de jeringas de polietileno, ya que las jeringas de vidrio pueden romperse, causando riesgos en la personas o pérdida de la muestra. Si en caso el tiempo de transporte dura más de 30 min, se debe usar jeringa de vidrio y se debe almacenar la muestra a 4°C.⁽³⁸⁾

- Homogenizado

Las muestras previas al análisis se homogenizan adecuadamente entre una a dos minutos, si no ha pasado mucho tiempo de la recolección se requiere menos tiempo, pero si se conservó en refrigeración por 30 minutos se requiere mayor tiempo, para así obtener valores adecuados, en especial de hemoglobina, hematocrito y sus derivados, ya que estos valores se ven afectados por la sedimentación de los hematíes.⁽³⁶⁾ En caso de muestras capilares, estos se mezclan usando un imán de extremo a extremo al menos 10 segundos.⁽³⁶⁾ La muestra con heparina liofilizadas es más susceptibles a coagularse sino se homogenizan adecuadamente y demanda mayor tiempo de homogenización que las muestras con heparina líquida. El modo de homogenización difiere según los contenedores. En jeringas se rota en sus dos ejes durante al menos un minuto, en los capilares se requiere de barras metálicas e imanes para homogenizar de un lado al otro (evitando producir hemólisis). Las muestras con coágulos o microcoágulos son diferidas, pero si no se detectase un coágulo, estos pueden alterar los sensores y brindar datos inexactos o pueden obstruir el instrumento de AGS.^(36,94)

- Hemólisis

La hemólisis in vitro puede darse durante la recolección, aunque también es posible en el transporte, almacenamiento (congelación) y homogenización de la muestra.^(33,89) La hemólisis es la liberación del líquido intracelular, que contiene 7 % de Na⁺, 36 veces de K⁺, 0.08 % de Ca²⁺, 10% de Cl⁻, hemoglobina en comparación del líquido extracelular,

ocasionando la reducción del Na^+ , Ca^{2+} , Cl^- , pH, pO_2 y sO_2 %, y aumentando el K^+ , pCO_2 y HCO_3^- ⁽³³⁾. La medición puede ser visual o por espectrofotometría, clasificándolas como hemólisis leve (1-2.5 g/dl), moderado (2.5-5 g/dl) y severa (>5 g/dl)(32,95). La CLSI recomienda no reportar el calcio ionizado con una hemoglobina libre >3.0 g/dL (hemólisis moderada). En muestras capilares se debe evitar presionar fuerte la piel o realizar una homogenización vigorosa con el imán. Dado que, los hematíes de los recién nacido son frágiles.⁽¹⁰⁾

- Condiciones del paciente

Los parámetros del AGS son afectados por variaciones fisiológicas o patológicas. La temperatura en pacientes febriles o hipotérmico suele afectar los valores de pO_2 , pCO_2 y el pH. Sin embargo, los instrumentos suelen medir a 37°C y tienen un algoritmo de corrección para la temperatura. Aunque aún no se sabe cómo aplicar los resultados corregidos, por ahora se sugiere reportar el valor a 37°C y el valor corregido.^(36,38)

En el sodio, las variaciones circadianas y los efectos fisiológicos no producen cambios significativos. En el potasio, sus valores aumentan con el ejercicio y son ligeramente superiores al medio día o en la tarde en comparación a la noche o la mañana. Además, algunos tensioactivos catiónicos son usados como antisépticos en los catéteres arteriales y pueden interferir con los valores de sodio o potasio.⁽³⁸⁾

En el calcio ionizado, las actividades físicas extremas, postura, comidas, frecuencia ventilatoria y la variación circadiana influyen significativamente, pero levemente en condiciones críticas, siendo el mejor indicador del calcio en el organismo a comparación del calcio ligado a proteínas o sales. El valor está ligado al pH sanguíneo y proteínas.⁽³⁸⁾

La glucosa en sangre total tiene un valor diferente que en suero, algunos instrumentos reportan valores corregidos. En las muestras arteriales y capilares la glucosa suele ser mayor que las muestras venosas y se debe anotar si el paciente está recibiendo algún líquido intravenoso.^(38,89)

El lactato es producto de la glucólisis anaeróbica, el cual está aumentado en pacientes con hipoxia y por ende tienen un pH sanguíneo disminuido. Durante la recolección del AGS

se debe evitar el almacenamiento o transporte prolongado, porque los hematíes tienden a aumentar el lactato en la muestra.^(38,89)

- Manejo de muestra

La muestra para el AGS es sangre entera, es decir, no requiere centrifugación.^(36,89) Además, el manejo de la muestra antes del análisis implica seguir las instrucciones del fabricante sobre el instrumento y verificar que la muestra no contenga burbujas o coágulos. Los coágulos o microcoágulos pueden afectar de la cámara de medición, los electrodos y atascar el instrumento, ocasionando retraso en el procesamiento de más muestras de AGS.⁽³⁶⁾

1.4.1.7. Errores preanalíticos en el AGS

Los errores de laboratorio alcanzan en un 0.35% a 12.90% del total de sus procesos. En el AGS se tiene una frecuencia de 2.03% de errores.^(17,19,41) Los procesos de laboratorio están divididos en la fase preanalítica, analítica y postanalítica. La fase preanalítica es un proceso multidisciplinario que representa la mayor fuente de errores con el 61.9% al 68.2%.⁽⁵⁻⁸⁾ En el AGS la preanalítica consta de la solicitud de análisis, identificación, preparación del paciente, recolección, transporte, recepción de la muestra y preparación para el procesamiento. Algún error en estas subfases puede tener efectos significativos o exacerbar la magnitud. Se describe a continuación los posibles errores en el AGS.

- Identificación, preparación del paciente y etiquetado

Los errores en la identificación son evidenciados en la no coincidencia de al menos dos indicadores de identidad, el doble etiquetado de la muestra, el reescrito la identidad del paciente, la no colocación de etiquetas inmediatamente a la recolección de muestra, etiquetar la misma muestra con diferente personal y en momentos diferentes, la recolección de múltiples tubos antes de fijar la etiqueta en cada una, la práctica de usar etiquetado temporal o secundario y el rechazo de la muestra por falta de identidad.⁽²⁸⁾

En la preparación del paciente, no controlar el estado estacionario del paciente altera la ventilación y especialmente los valores de pCO₂.

- Recolección de la muestra

En la recolección de la muestra se deben tomar en cuenta la contaminación con líquidos de perfusión, el tipo de muestra, los materiales de recolección (heparina líquida o liofilizada), hemólisis in vitro, volumen de las burbujas, inadecuada homogenización y el poco volumen de la muestra.^(36,62,89,94)

La contaminación con líquidos de perfusión equilibra los valores de pCO₂ y pO₂ a las condiciones ambientales (disminuye la pCO₂ y se obtiene valores cercanos a 150 mmHg de la pO₂), también diluye la muestra y altera los valores relacionados la hemoglobina.^(36,62)

En la recolección de muestra venosa se debe evitar el uso del torniquete y tampoco indicar abrir y cerrar el puño. Esta circunstancia aumenta el potasio hasta en 3 mmol/L, el lactato, en 0.54 mmol/L, el pH es constante y el pCO₂ aumenta en 0.6 mmHg.⁽⁹⁴⁾

- El anticoagulante

El efecto de la dilución de la heparina líquida de más del 5 % causa errores significativos en pCO₂. Así mismo, la sO₂ a una dilución del 10 % de observo como estable. La pO₂ se mantiene sin cambio significativo hasta una dilución de 20 %. Y también se observa mayor alteración según aumenta la proporción de heparina (cuadro N°5).⁽³¹⁾

Cuadro 5: Cambios en pO₂, pH, pCO₂ y HCO₃⁻ debido a la dilución por heparina líquida al 2, 4, 10, 20 y 60 % de la muestra de AGS.⁽³¹⁾

Parámetros	Muestra de AGS diluida con heparina líquida en:					
	2 %	4 %	10 %	20 %	40 %	60 %
pO ₂ mmHg	32.2	32.2	32.2	38.2	36	45
pH	7.37	7.37	7.37	7.36	7.34	7.31
pCO ₂ mmHg	51	48.7	44.8	39.0	31.35	21.6
HCO ₃ ⁻ mmol/L	29	28	25	22	17	11

El efecto de la heparina a los iones positivos puede causar sesgos. La heparina de litio a 15, 50 o 100 UI/ml reduce el calcio iónico en 0.03, 0.15 o 0.19 mmol/L respectivamente. La heparina equilibrada con calcio (1.25mmol/L) de hasta 70 UI/ml solo presenta sesgos en valores inferiores de 3 % y en valores superiores de 2 %. La heparina de Na⁺ aumenta los niveles de Na⁺ en 3mmol/L, aunque también se evidencio que el Na⁺ de 125.1 mmol/L se redujo a 121.3 y 114.7 mmol/L en 60 y 120 UI/ml, mientras que el potasio, cloro y lactato permanecen estables. La heparina de Zinc/Litio no presenta estos inconvenientes, aunque interfiere de forma proporcional en la medición del Mg. Y la heparina liofilizada ión equilibrada puede presentar errores según su composición en el pH, pCO₂, pO₂ y electrolitos.⁽⁹⁶⁾

- Hemólisis

La presencia de hemólisis en el AGS altera la concentración de potasio. Este aumenta en una hemólisis leve (1-2.5 g/dl), moderada (2.5-5 g/dl) y severa (>5 g/dl), en un valor de 0.6-1.5, 1.5-3.1 y >3.1 mmol/L respectivamente.⁽⁴³⁾ También afecta otros parámetros, un estudio reportó una hemólisis de 8.9 g/dl afecta los valores de K⁺, Ca²⁺, pO₂, pCO₂ y pH.⁽⁹⁷⁾ Así mismo, estas alteraciones ocurren según el grado o porcentaje de hemólisis (cuadro N°6).⁽³³⁾

Cuadro 6: Cambios en electrolitos según el grado de hemólisis al 0.5, 5 y 10 %⁽³³⁾.

Muestra con	Electrolitos en mmol/L		
	K ⁺	Ca ²⁺	Na ⁺
Hemólisis del 0 %	4	1.2	140
Hemólisis del 0.5 % (0.08g/dl)	4.5	1.2	140
Hemólisis del 5 % (0.8g/dl)	7.0	1.1	136
Hemólisis del 10 % (1.5g/dl)	10.0	1.0	133

- Presencia de burbujas

En jeringas de vidrio, un volumen de burbuja en la muestra afecta significativamente la pO₂ y pCO₂ en un tiempo de 2 y 3 min respectivamente (cuadro N°7). En las jeringas de polietileno, una muestra con un volumen de burbuja del 10% almacenada durante 15 min.

Se altera la pO₂ de 115.6 mmHg a 139.8 y 180.5 mmHg debido al transporte manual y sistema de tubos respectivamente.⁽³⁵⁾

Cuadro 7: Cambios en pO₂ y pCO₂ debido a la presencia de burbuja al 5, 10 y 25 % procesadas en 0, 1, 2, 3, 4 y 5 minutos.⁽³⁵⁾

Muestra con	Parámetros (mmHg)	Tiempo de procesamiento de las muestras de AGS en minutos (min)					
		0 min	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min
Burbuja del 5%	pO ₂	39.0	39.1	41.4	41.9	42.7	42.9
	pCO ₂	45.9	45.8	45.4	42.9	42.3	41.7
Burbuja del 10%	pO ₂	39.0	39.3	41.4	42.2	42.8	43.4
	pCO ₂	45.9	45.8	45.4	42.4	42.0	41.3
Burbuja del 25%	pO ₂	39.0	39.3	41.5	42.3	43.2	45.2
	pCO ₂	45.9	45.8	45.4	42.1	41.1	39.8

- Volumen de muestra

El volumen escaso es un error potencial, este incrementa la concentración de heparina en la muestra y afecta por dilución a todos los parámetros.⁽³⁹⁾ Afectando por quelación y dilución a todos los iones positivos y principalmente al calcio iónico.⁽²⁶⁾ También está relacionado a una mayor presencia de hemólisis y coágulos.^(39,45) En mejor de los casos, solo evidenciamos los efectos de la heparina (cuadro N°8).⁽³⁹⁾

Cuadro 8: Cambios según volumen de recolección del AGS en jeringas de 1 y 2 ml.⁽³⁹⁾

Muestra con	Porcentaje de llenado	Parámetros del AGS					
		pH	pO ₂	pCO ₂	Na ⁺	K ⁺	iCa ²⁺
Jeringa de 1ml	>50%	✓	✓	✓	CS	CS	CS
	50-20%	✓	✓	CS	CS	CS	CS
	<20%	VI	VI	VI	VI	VI	VI
Jeringa de 2ml	>50%	✓	✓	✓	✓	CS	CS
	50-25%	✓	✓	✓	CS	CS	CS
	24-10%	✓	✓	CS	CS	CS	CS
	<10%	VI	VI	VI	VI	VI	VI

*CS: Cambios significativos; VI: considerado Volumen insuficiente; y Check: resultado sin cambio significativo.

Un estudio describió que la frecuencia de hemólisis aumenta según el volumen recolectado: 7 % (>1 ml), 10 % (0.8 - 0.9 ml), 19 % (0.6 - 0.7 ml), 24 % (0.4 - 0.5 ml) y 27 % (0.3 ml).⁽³²⁾

El volumen mínimo en jeringas de 1 ml para las muestras de AGS, aún no está definido.^(19,41) Una guía sugiere que en jeringas de 3 ml se debe recolectar al menos 1 ml de muestra para niños/adultos o 0.5 ml para neonatos/bebes, siendo el 33 o 16 % de la capacidad de la jeringa respectivamente.⁽⁹⁸⁾ Sin embargo, se debe tener en cuenta que recolectar poco o escaso volumen aumenta la concentración de heparina, disminuye o depleta el valor de calcio de forma significativa.^(19,26,41) El estudio de Tovo y col. reportaron un caso del valor del calcio depletado o no dosable.⁽²⁶⁾ Este error solo ocurre cuando el calcio iónico está diluido y quelado por la heparina, sin embargo, los errores solo de dilución no son detectados.

- Transporte

El transporte de la muestra para el AGS está relacionado con el tiempo de almacenamiento. El transporte manual no altera una pO_2 de 93.0 mmHg, aunque al adicionar un volumen de burbuja del 10 %, la pO_2 cambia de 105.7 a 126.7 mmHg. El transporte con sistema de tubos altera sutilmente una pO_2 de 125.2 a 127.5 mmHg, pero al adicionar un volumen de burbuja del 10 %, la pO_2 cambia de 105.0 a 162.0 mmHg. Por ello, el transporte en sistema de tubos exacerba los errores por las burbujas.^(34,46)

- Almacenamiento

El tiempo de almacenamiento en jeringas de vidrio (evalúa la influencia de metabolismo celular) a una temperatura de 0°C causa errores en la pO_2 a partir de los 60 min. Sin embargo a temperaturas de 4° o 22°C se evidencia errores significativos en un tiempo menor (20 min). Y en caso de la pCO_2 a una temperatura de 0, 4 y 22°C se mantiene constante durante 60, 30 y 30 min respectivamente (cuadro N°9).⁽³⁵⁾

Cuadro 9: Cambios en pO₂ y pCO₂ debido al tiempo y temperatura de almacenamiento en jeringas de vidrio.⁽³⁵⁾

Parámetros mmHg	Temperatura de almacenamiento y tiempo de medición en minutos.									
	0°C		4°C				22°C			
	30	60	5	10	20	30	5	10	20	30
pO ₂	c	c	40.2	38.1	36.3	35.0	35.5	33.7	28.5	22.8
pCO ₂	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c

*c: Valor constante

El tiempo de almacenamiento en jeringas de polietileno evalúa la influencia del metabolismo celular y del medio ambiente. La pO₂ presenta a partir de los 60 min diferencias significativas a una temperatura de 0°C. A una temperatura de 22°C el pH y pCO₂ se alteran significativamente desde los 30 min. El bicarbonato a 0°C o 22°C se mantiene constante hasta los 60 min (cuadro 10).⁽⁴⁷⁾

Cuadro 10: Cambios en pO₂, pCO₂, pH y HCO₃⁻ debido al tiempo y temperatura de almacenamiento en jeringas de plástico (polietileno).⁽⁴⁷⁾

Parámetros	Temperatura de almacenamiento y tiempo de medición en minutos.					
	0°C			22°C		
	<3 min	30 min	60 min	<3 min	30 min	60 min
pO ₂ mmHg	85.7	86.6	87.9	85.7	83.8	83.4
pCO ₂ mmHg	35.8	35.3	35.5	35.8	36.7	37.2
pH	7.41	7.41	7.41	7.41	7.40	7.39
HCO ₃ ⁻ mmol/L	22	22	22	22	22	22

Al evaluarse muestras capilares de vidrio y plástico después de almacenarlos durante 15 min a temperatura ambiente, se presentó cambios significativos en la pO₂ y sO₂ (Cuadro 11).⁽⁴⁸⁾

Cuadro 11: El tiempo de procesamiento de 15 min en capilares de vidrio y de plástico a temperatura ambiente.⁽⁴⁸⁾

Parámetros	Tipo de capilar	
	Vidrio	Plástico
pO2 mmHg	59.17	63.65
pCO2 mmHg	38.4	37.5
sO2%	88.23	89.66

- Homogenización

La inadecuada homogenización de las muestras durante la recolección conlleva a la coagulación o microcoagulación de la muestra. Así mismo, las muestras con heparina liofilizada requieren mayor tiempo de homogenización en comparación con las muestras con heparina líquida (presenta mayor solubilidad). Es importante homogenizar antes del procesamiento de la muestra y así brindar valores adecuados de la hemoglobina, el hematocrito y derivados de estos.⁽³⁶⁾

1.4.2. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Anión Gap (AG): Es la diferencia de la suma de los cationes y la suma de los aniones en la sangre.

Concentración del ion hidrógeno, [H+]: Es la cantidad de iones de hidrógeno y tiene un valor de 0.00000004 o 4×10^{-8} Normal.

Diagrama de Pareto: Es una herramienta de calidad que describe el orden en que los problemas se deben resolver.

Diagrama de Ishicawa: Es una herramienta de calidad que describe gráficamente las posibles causas de un problema o identifica las consideraciones necesarias para solucionar un problema.

Electrolitos: Son los elementos químicos con cargas positivas o negativos, llamándose cationes o aniones respectivamente.

El “Gap de iones Fuertes” (SIG): Estima el estado del componente metabólico o la magnitud de los iones no medidos, como los cetoácidos, sulfatos, uratos, citrato, piruvato, acetato y gluconato.

Errores de laboratorio: Son los incumplimientos de ciertos requisitos o cualquier alteración que se presenta en los procedimientos del laboratorio. Los errores se diferencian de la “mala práctica”, en que los primeros se consideran errores o accidentes honestos, mientras que la “mala práctica” es el resultado de negligencia, ignorancia reprensible o intención delictiva.

Errores preanalíticos del AGS: Son la presencia de coágulos, burbujas, hemólisis o calcio no dosable en la muestra; y en la solicitud son los nombres e historias clínicas ilegibles o reescritos. Ya que estas características en las muestras o solicitud generan resultados no confiables o retrasos para la seguridad del paciente.

El SID, SID aparente o SIDA: Es la concentración de los iones fuertes en el plasma y es normal que los cationes excedan a los aniones.

El SID efectivo: Es la concentración de los iones fuertes en el plasma más la concentración de los principales aniones débiles (albúmina y fosfato inorgánico).

Exceso de Base, BE: Es la cantidad de miliequivalentes (mEq) de ácido o base adicional se debe agregar a un litro de sangre para normalizar a un pH de 7.38 y PaCO₂ de 40 mmHg.

Exceso de base estándar, SBE: Es la estandarización del EB a nivel tisular, a partir de una hemoglobina de 3-5 g/dl.

Fase preanalítica: Parte del proceso de laboratorio que consta desde la solicitud de una prueba hasta la preparación de muestra para su procesamiento y suele dividirse en la fase pre preanalítica y fase preanalítica.

Indicadores de calidad: Son medidas estadísticas basadas en cifras o ratios que se usan como criterio para juzgar y evaluar el desempeño de una organización, sistema o proceso.

Los “buffer o tampones”: Son sales débiles y su conjugado o viceversa que se oponen a las grandes variaciones del pH.

La [ATOT]: Es la concentración total de ácidos débiles: proteínas y fosfatos, pero no considera el HCO_3^- .

Métrica sigma: Es una herramienta estadística para medir el desempeño o capacidad de procesos, objetos o sujetos de forma directa o estimada en una escala gradual de 1 al 6σ .

Modelo Seis Sigma: Es una metodología de mejora y también brinda herramientas estadísticas de calidad.

pH: Es el logaritmo negativo del valor que presenta la $[\text{H}^+]$

pO_{2A-a}: Es la gradiente de la presión parcial de oxígeno entre el alveolo y la arteria.

1.4.3. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La frecuencia de errores preanalíticos para el AGS es mayor al 2,03% en el INSN.

CAPITULO II

MÉTODOS

2.1. DISEÑO METODOLÓGICO

2.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El estudio tiene un enfoque cuantitativo del tipo observacional, descriptivo, prospectivo y de corte transversal, donde se identificaron los errores preanalíticos en el AGS en base a la recepción de la solicitud y su respectiva muestra de AGS durante 12 semanas.

2.1.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El estudio es observacional y sin intervención.

2.1.2. POBLACIÓN

La población de estudio estuvo conformada por 2428 muestras de sangre y sus respectivas solicitudes para el AGS recepcionadas por el laboratorio de emergencia de un hospital pediátrico de la ciudad de Lima (INSN) entre los meses de marzo, abril, mayo y junio del 2018, cuya cantidad estimada mensualmente es 809.

Los servicios de procedencia de solicitudes y las respectivas muestras de AGS fueron: unidades críticas que comprenden UCI, UPO, emergencia, neonatología, cardiología, gastroenterología y neurocirugía; medicina interna que comprende medicina A, medicina B, medicina C y medicina D; hospitalizados que comprende neumología, neurología, endocrinología, infectología, cirugía general, urología, toráx cardiovascular, anestesiología y centro quirúrgico, genética y paciente físcal; y servicios ambulatorios que comprenden nefrología, pediatría y derivados de otros hospitales.

2.1.3. MUESTRA Y MUESTREO

En la presente investigación se requiere evaluar todos los errores preanalíticos para el AGS. Por ello, la muestra a estudiar es la población en su totalidad, siendo las 2428 muestras de sangre con sus respectivas solicitudes para el AGS. Estas fueron entregadas al laboratorio de emergencia de un hospital pediátrico de la ciudad de Lima (INSN) entre los meses de marzo, abril, mayo y junio del 2018.

2.1.4. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

La presente investigación requiere captar todos los errores posibles, por ello, no se hizo exclusión de alguna solicitud o muestra.

2.1.5. UNIDAD DE ANÁLISIS Y OBSERVACIÓN

La unidad de análisis será cada muestra con su respectiva solicitud para el AGS que fue recepcionada en el laboratorio de Emergencia del INSN.

2.1.6. VARIABLES

Las variables a analizar son los errores preanalíticos del AGS, descritas en el ANEXO N° 01

2.1.7. TÉCNICAS, INSTRUMENTOS Y PLAN DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica para la recolección es la observación, en la cual se describió las condiciones en que llegaban las muestras y solicitudes al laboratorio de emergencia. También se utilizó dos instrumentos. Un formato de chequeo para registrar las condiciones en que llegaba la muestra para el AGS (en concordancia a los objetivos del presente proyecto y su operacionalización) (Anexo N°02). Y una ficha de recolección de datos en la cual quedó registrado cada indicador para su posterior tabulación de los datos (Anexo N°03).

Se presentó una solicitud a la Oficina Ejecutiva de Apoyo a la Investigación y Docencia Especializada (OEAIDE) del Instituto Nacional de Salud del Niño para su evaluación por el Comité de Ética e Investigación y a la jefatura del Laboratorio de Emergencia, para obtener la autorización y el respectivo acceso a la información del Laboratorio.

Se informó y capacitó al personal del laboratorio de emergencia del INSN sobre el registro de las condiciones en que llegaban las muestras. Ello para obtener información confiable en el formato respectivo (ANEXO N° 04). Así mismo, se realizó un monitoreo interdiario o 3 veces a la semana para la verificación del llenado de datos, resolver preguntas. De esta forma se aseguró el cumplimiento de los objetos del presente proyecto.

Una vez terminada la recolección de datos, se ingresó a una base de datos.

2.1.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS

Toda la información fue recopilada en un registro (base de datos) del cual se procederá a calcular los porcentajes con la ayuda de un programa estadístico STATA 14.0 y Microsoft Excel. Ello permitió establecer la distribución de los errores preanalíticos. También se usaron cuadros para distinguir los errores según el proceso de AGS. Además, se realizarán cálculos para determinar en términos de calidad el desempeño adecuado del proceso y también del volumen mínimo según el valor de calcio iónico no dosable en el AGS (ANEXO N° 05). Y finalmente se elaborará diversos gráficos: 1) un gráfico de Pareto para ver visualizar el orden de importancia los errores preanalíticos; 2) diagrama de barras para diferenciar los turnos de trabajo; y 3) un histograma para el horario de trabajo.

2.1.9. CONSIDERACIONES ÉTICAS

Cabe destacar que la investigación no demandó el uso de consentimiento informado a los usuarios del hospital, pero sí necesitó de la autorización para el acceso de la información del laboratorio. Ello implicó la implementación de acciones y formatos sencillos, que no necesitó de algún gasto o costo para la institución.

Por otro lado, la investigación no ocasionó riesgos para el personal, usuarios o instrumentos del INSN. Además, los investigadores mantendrán la confidencialidad de la identidad de los usuarios, limitándose a los objetivos del presente proyecto.

La investigación cuenta con permiso del comité de Ética del INSN (ANEXO N° 06).

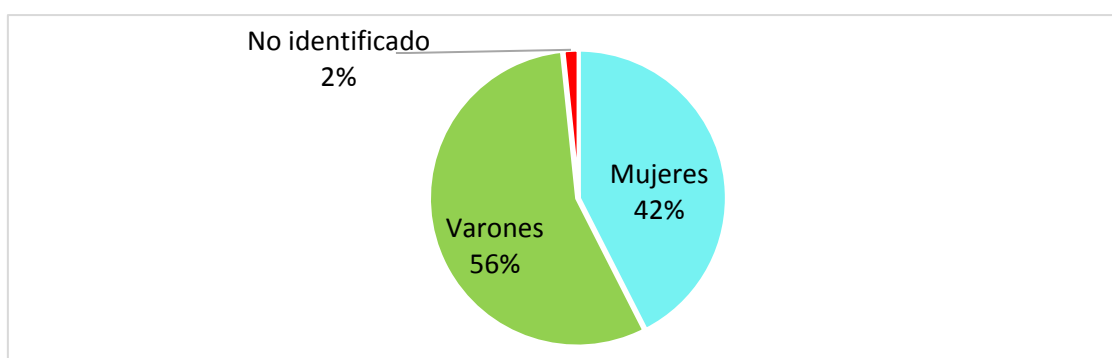
CAPÍTULO III

RESULTADOS

3. Resultados

3.1. Descripción de los usuarios atendidos y el tipo de dispositivo

Se evaluaron 2428 pacientes pediátricos para el AGS, de los cuales el 55.8 % (1356) fueron varones y el 42.5 % (1032) fueron mujeres. En 15 casos de recién nacidos no sé registró el sexo porque este no figuraba en la solicitud de análisis o sistema informático, caso contrario si se registró. Tampoco se registró en 25 casos porque las solicitudes y muestras fueron rechazadas inmediatamente. (Gráfico 1).



*No identificado: solicitudes de rechazadas o de recién nacidos, en los cuales aún no figuraba el sexo.

Gráfico 1. Total de pacientes de AGS según sexo.

Según los grupos etarios en pacientes pediátricos, las categorías que alcanzaron mayor demanda de AGS fueron los lactantes (1 mes a 02 años) con 39.9 % y los escolares (6 a 11 años) con 26.2 %. En 25 pacientes no sé registro la edad porque las solicitudes y muestras fueron rechazadas inmediatamente. (Tabla 1).

Tabla 1. Total de pacientes para el AGS según grupo etario.

Grupo	Edad	n	%
Recién nacido	0 a 28 días	140	5.7
Lactante/Niño pequeño	1 mes a 2 años	970	39.9
Pre escolar	2 a 5 años	373	15.3
Escolar	6 a 11 años	638	26.2
Adolescente	12 a 18 años	282	11.6
No identificado*	--	25	1.0
Total	0 a 18 años	2428	100

*No identificado: solicitudes rechazadas inmediatamente y no se logró registrar la edad.

Las muestras en jeringa obtenidas fueron la mayor cantidad (81.4 %) (Tabla 2). Precisar que las muestras en jeringas corresponden en su mayoría a pacientes críticos y de atención urgente. Las muestras capilares corresponden mayormente a pacientes ambulatorios.

Tabla 2. Total de pacientes para el AGS según el tipo de dispositivo.

Dispositivo	n	%
Capilar	452	18.6
Jeringa	1976	81.4
Total	2428	100

El grupo etario que demandó mayor número de muestras de AGS en jeringas fueron los lactantes (44.0 %) y el segundo fueron los escolares (24.5 %). En casos en que la solicitud o muestra fueron rechazadas inmediatamente al llegar al laboratorio, no sé pudo registrar la edad de los pacientes. (Tabla 3).

Tabla 3. Total de pacientes para el AGS en jeringa según grupo etario.

Grupo Etario	n	%
Recién nacido	138	7.0
Lactante o niño pequeño	870	44.0
Pre escolar	255	12.9
Escolar	485	24.5
Adolescente	205	10.4
No identificado	23	1.2
Total	1976	100

*No identificado: solicitudes rechazadas inmediatamente y no se logró registrar la edad.

Los grupos etarios de niños escolares y pre escolares demandaron el mayor número de muestras para el AGS en capilares, sumando el 60 % del total de capilares (Tabla 4).

Tabla 4. Total de pacientes para el AGS en capilares según grupo etario.

Grupo Etario	n	%
Recién nacido	2	0.4
Lactante o niño pequeño	100	22.1
Pre escolar	118	26.1
Escolar	153	33.8
Adolescente	77	17.0
No identificado	2	0.4
Total	452	100

*No identificado: solicitudes rechazadas inmediatamente y no se logró registrar la edad.

3.2. Servicios que solicitan AGS

Los servicios de unidades críticas (69.7 %) solicitaron AGS en jeringa en mayor cantidad, seguido por los servicios ambulatorios (16.4 %) (Gráfico 2).

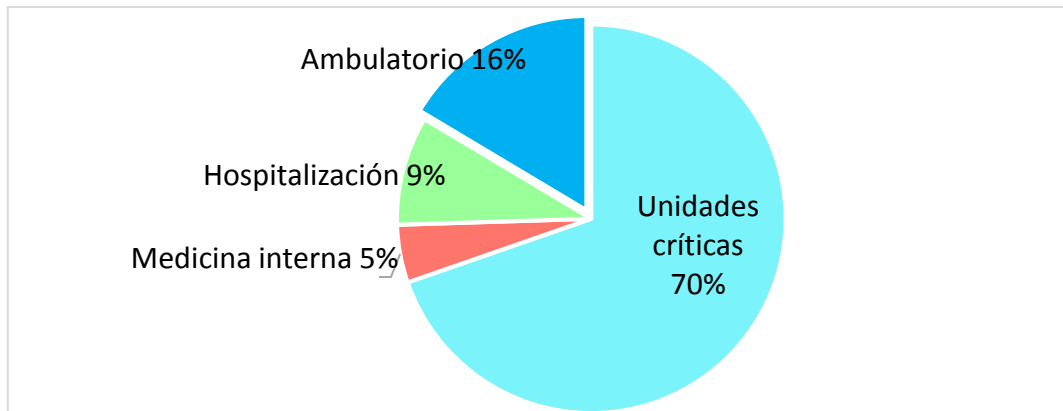


Gráfico 2. Porcentaje de pacientes para AGS en jeringa según servicio de procedencia.

Las muestras capilares fueron en mayor cantidad (82 %) en pacientes ambulatorios. Los pacientes de Unidades críticas solo representan el 1% del total (Gráfico 3).

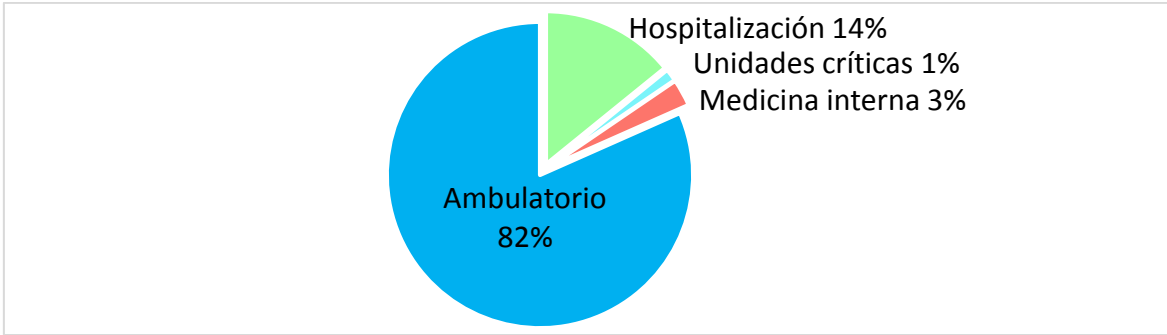


Gráfico 3. Porcentaje de pacientes para AGS capilar según servicio de procedencia.

3.3. Descripción del volumen recolectado en jeringas para el AGS

De un total de 1976 pacientes para AGS en jeringas, en el 79 % (1565 pacientes) se registró el volumen de sangre recolectado, de los cuales las cantidades de 0.4, 0.5 y 0.6 ml fueron más frecuentes, cuya suma alcanza el 48.3 % del total (Gráfico 4).

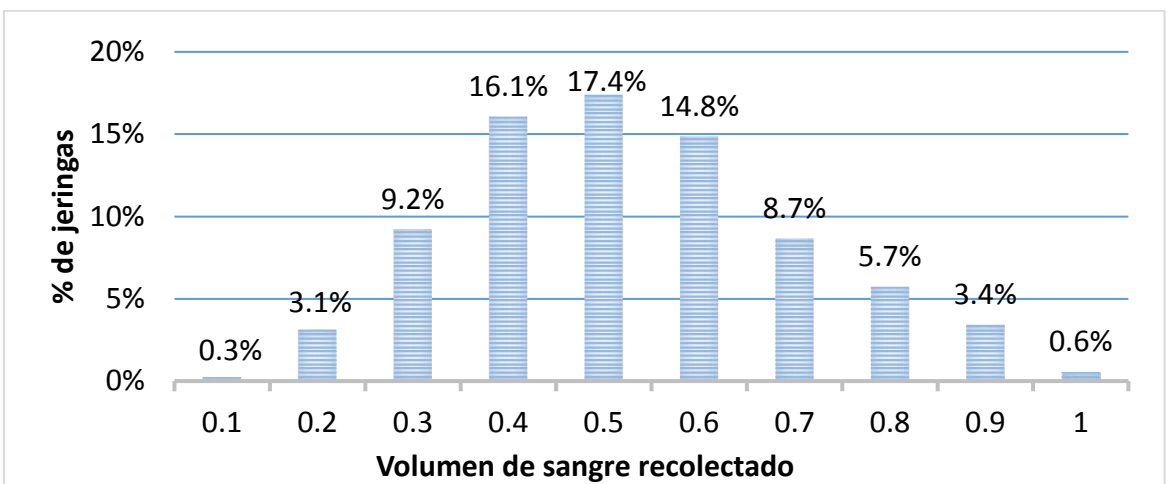


Gráfico 4. Porcentaje de jeringas para el AGS según el volumen de sangre recolectado.

3.4. Análisis del volumen de muestra en el AGS en jeringas de 1ml.

El volumen escaso es un error potencial, este incrementa la concentración de heparina en la muestra y afecta por dilución a todos los parámetros. Un resultado de calcio iónico no dosable es una forma de evidenciar un volumen escaso y exceso de heparina en jeringas.

De 1976 muestras en jeringas, en 3.7 % (74) se presentó valores de calcio iónico no dosable. Los volúmenes de muestra menores o iguales a 0.4 ml son los más afectados,

aunque también se evidencio en volúmenes de hasta 0.7 ml de muestra (Gráfico 5). También se obtuvo 10 muestras con calcio iónico no dosable en los cuales no se registró el volumen.

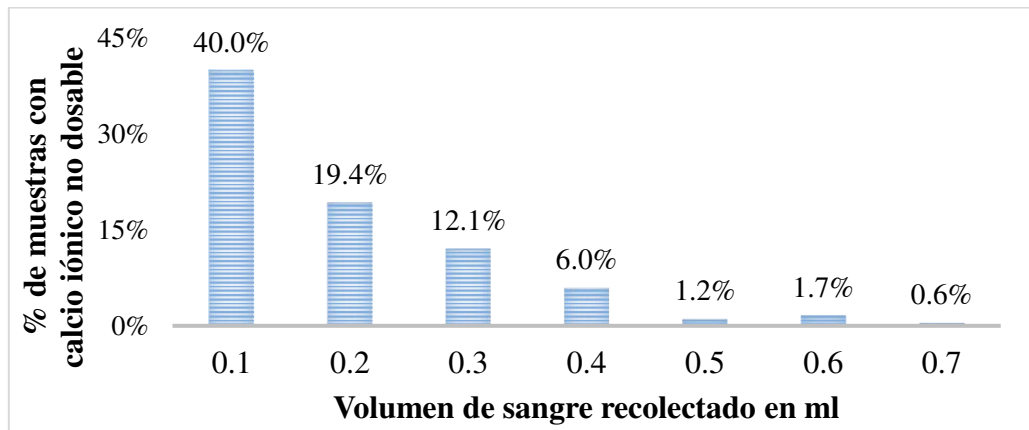


Gráfico 5. Porcentaje de muestras con calcio iónico no dosable frente al volumen de sangre recolectado en jeringas de 1ml.

Para evidenciar si la presencia de los resultados de calcio iónico no dosable son sistemáticos o aleatorios, estos se analizaron durante los tres meses de estudio. Se obtuvo 2, 3 y 5 % de estos casos durante el mes 1, 2 y 3 respectivamente (Tabla 5). El mes 1 corresponde a la estación de verano, el mes 2 a la transición de verano en otoño y el mes 3 a otoño. En este sentido, la presencia de los resultados de calcio iónico no dosables son por errores sistemáticos en el INSN, ya que aumenta la frecuencia de casos conforme pasan los meses.

Tabla 5. Total de muestras en jeringas con calcio iónico no dosable por mes.

Mes	Casos de calcio iónico no dosable		Muestras por mes
	N	%	
Mes 1	11	2.4	531
Mes 2	25	3.1	739
Mes 3	38	5.5	704
Total	74	3.7	1976

Para atribuir un error sistemático a un volumen específico, se debe analizar cada volumen. En la cual, se evidencia que los volúmenes mayores o iguales a 0.3 ml de muestra presentan un error sistemático. Porque, aumenta en frecuencia conforme pasaron los meses. En volúmenes menores a 0.2 ml se tiene un error aleatorio, porque no existe un aumento de la frecuencia en el tiempo. Además, se reporta 10 muestras en la cual no se registró el volumen (Tabla 6).

Tabla 6. Total de muestras en jeringas con calcio iónico no dosable según el volumen por mes.

Volumen	SRV*	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
Mes 1	1	0	5	2	2	1	0	0
Mes 2	4	0	3	8	6	1	2	1
Mes 3	5	2	3	12	11	2	3	0
Total	10	2	11	22	19	4	5	1

*SRV: muestra sin registro de volumen.

La medición sigma en cada volumen respecto a los casos de resultado de calcio iónico no dosable (gráfico 5) fueron 1.76, 2.55 y 2.67 σ en 0.1, 0.2 y 0.3 ml respectivamente. Los volúmenes mayores o igual a 0.4 ml tienen más de 3 σ y deben considerarse como desempeño adecuado al usar jeringas de 1ml para el INSN (Tabla 7).

Tabla 7. Valor sigma de cada volumen respecto al calcio iónico no dosable.

Calcio iónico no dosable	Volumen (ml)							
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	> 0.7
%	40.0	19.4	12.1	6.0	1.2	1.7	0.6	0
Sigma	1.76	2.36	2.67	3.05	3.75	3.62	4.01	-

3.5. Frecuencia de errores preanalíticos de AGS

En el estudio se obtuvo 2428 pacientes para el AGS, en los cuales, el 62 % (1492) pacientes presentaron uno o más errores preanalíticos (Tabla 8). Los errores cambian

según el tipo de muestra, siendo el 93.5 y 6.5 % en jeringas y capilares respectivamente (Tabla 9).

Tabla 8. Frecuencia de la presencia y ausencia de los errores preanalíticos para el AGS

Errores preanalíticos	n	%
Presente	1492	61.9
Ausente	936	38.1
Total	2428	100.0

Tabla 9. Frecuencia de errores preanalíticos para el AGS según el tipo de muestra

Errores preanalíticos	n	%
Jeringas	1395	93.5
Capilares	97	6.5
Total	1492	100.0

Los errores preanalíticos relativos en el AGS permiten a comparar nuestros resultados con otros estudios. La mayor frecuencia de errores relativos en jeringas son las solicitudes ilegibles (13.3 %), muestras sin tapón (56.1 %), con escaso volumen (12.6 %) y con burbuja (12.3 %). (Tabla 10).

Tabla 10. Frecuencia relativa de cada error preanalítico en las jeringas para el AGS

Errores preanalíticos	Jeringas (n=1976)	
	n	%
Solicitud ilegible	263	13.3
Solicitud reescrita	47	2.4
Solicitud temporal	22	1.1
Muestra coagulada	32	1.6
Muestra con hemolisis	1	0.1
Muestra con burbuja	243	12.3
Muestra sin tapón	1108	56.1
Muestra con escaso volumen	249	12.6
Otros*	10	0.5
Total con uno o más errores	1395	70.5

*Otros: Muestras de AGS rechazadas inmediatamente y no se logró registrar la causa de rechazo.

En capilares, la mayor frecuencia de errores relativos son las solicitudes ilegibles (10.8 %) y reescritas (8.8 %). En las muestras, solo se detectó la presencia de burbujas en un 1.3 % (Tabla 11). Los errores de ordeño, número de punciones o mano caliente del niño no fueron medidos.

Tabla 11. Frecuencia relativa de cada error preanalítico en capilares para el AGS.

Errores preanalíticos	Capilar (n=452)	
	n	%
Solicitud ilegible	49	10.8
Solicitud reescrita	40	8.8
Solicitud temporal	14	3.1
Muestra con burbuja	6	1.3
Total solicitudes-muestras con errores	97	21.5

*No hubo casos de muestras con coágulos o hemólisis en capilares.

3.6. Errores preanalíticos de AGS según los servicio de procedencia

De 1976 pacientes que se obtuvieron muestra en jeringas para el AGS, en 1395 (70.5 %) pacientes se presenta al menos un error errores preanalítico. La mayor frecuencia ocurre en las unidades críticas y hospitalización, ambas con un 71 % de errores. No obstante, los servicios ambulatorios tienen menores errores (30 %) (Gráfico 6).

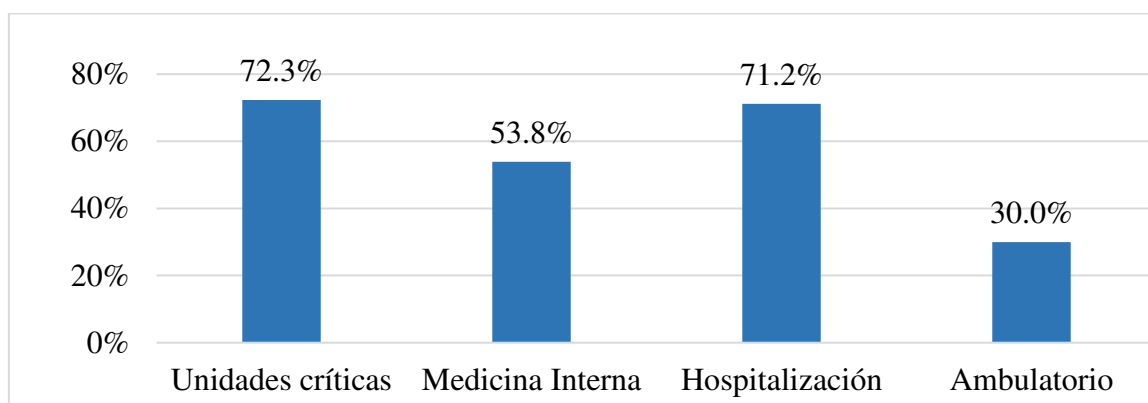


Gráfico 6. Porcentaje de errores preanalíticos en jeringas para el AGS según los servicios de procedencia

De 452 pacientes que se obtuvieron en muestra capilar para el AGS, en 97 (21.5 %) pacientes se presenta al menos un error preanalítico. La mayor frecuencia de errores ocurre en las unidades críticas (66.7 %) y los otros servicios, tienen errores entre el 20 y 23 %. (Gráfico 7).

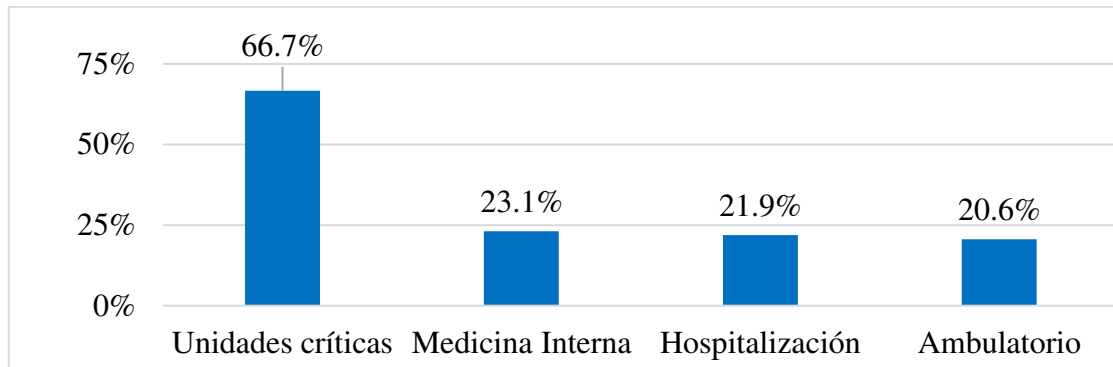


Gráfico 7. Porcentaje de errores preanalíticos en capilares para el AGS según los servicios de procedencia.

3.7. Frecuencia de errores preanalíticos de AGS según día, turno y hora.

Los errores preanalíticos en jeringas ocurren en mayor porcentaje los domingos (80 %) y lunes (75 %) y en menor porcentaje el día jueves (65 %). (Gráfico 8).

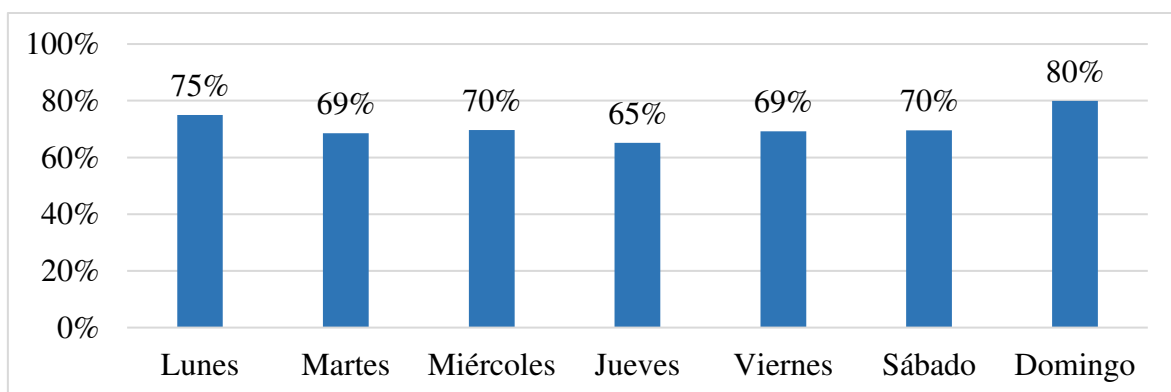


Gráfico 8. Porcentaje de errores preanalíticos para AGS en jeringas por día.

Los errores preanalíticos en capilares ocurren en mayor porcentaje los martes (31 %) y en menor porcentaje los días lunes (17 %) y jueves (18 %) (Gráfico 9).

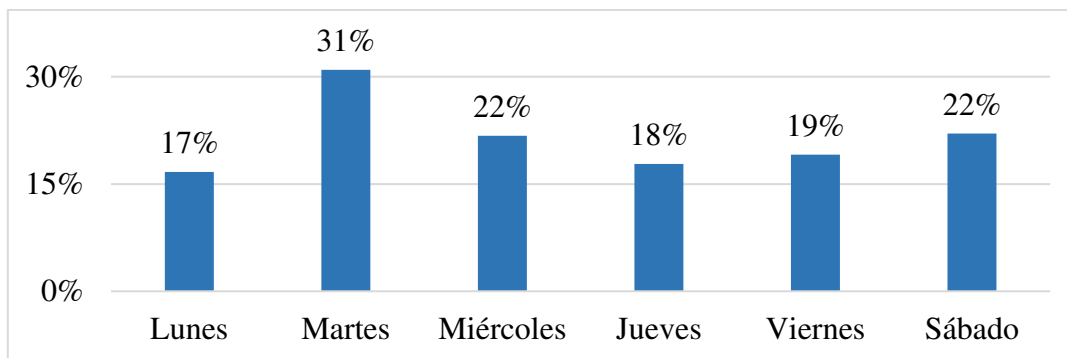


Gráfico 9. Porcentaje de los errores preanalíticos para el AGS en capilares por día.

Los errores preanalíticos en jeringas para el AGS presentan porcentajes similares en los tres turnos de trabajo (Gráfico 10).

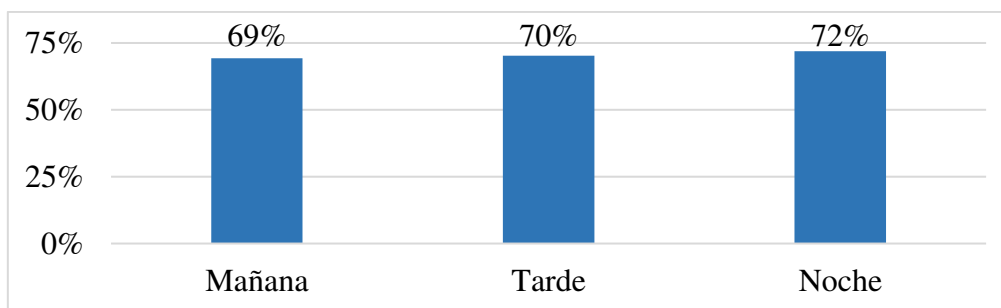


Gráfico 10. Porcentaje de errores preanalíticos para AGS en jeringas por turno.

Los errores preanalíticos en capilares para el AGS es mayor en el turno tarde (25 %) en comparación al turno mañana (21 %) (Gráfico 11). Las muestras capilares generalmente son recolectadas en la mañana.

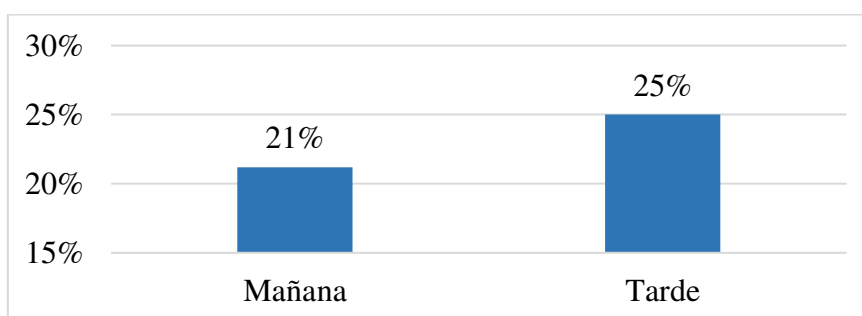


Gráfico 11. Porcentaje de errores preanalíticos para AGS en capilares por turno.

De un total de 1976 jeringas, en 1971 (99.7 %) se registró la hora de procesamiento. En 5 jeringas no se registró la hora porque fueron rechazadas inmediatamente. Las horas con mayor error son a las 3 y 9 horas con el 92 y 89 % respectivamente (Gráfico 12).

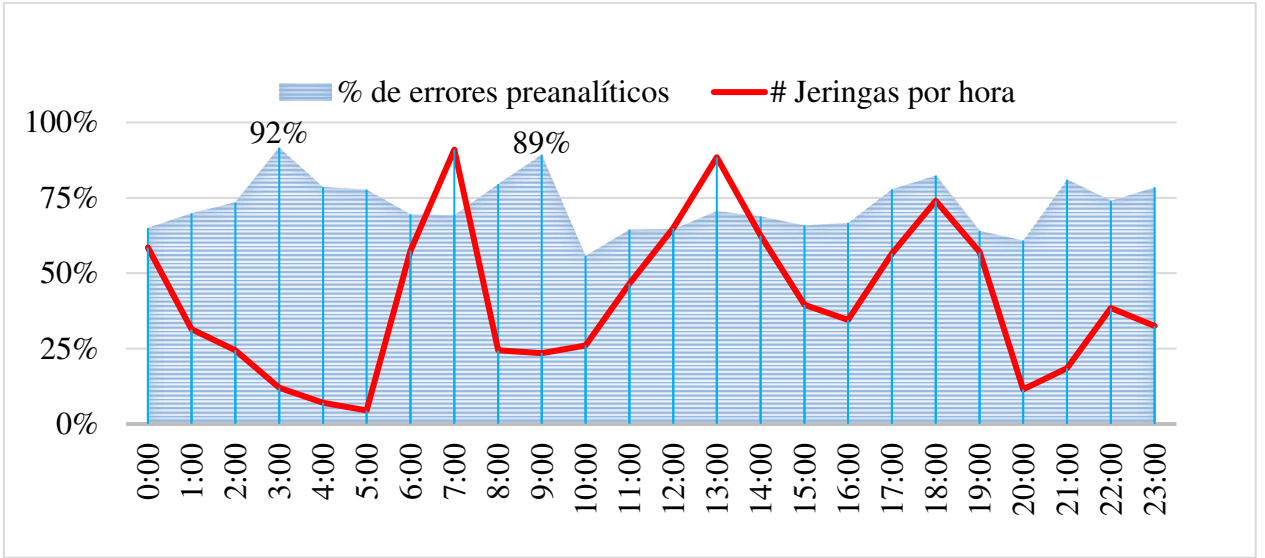


Gráfico 12. Porcentaje de errores preanalíticos para AGS en jeringas por hora del día.

De un total de 452 capilares, en 97 (21.4 %) se presentó algún error. Todos los capilares de las 16 horas presentaron errores. En el horario de las 10 y 14 horas los errores están en aproximadamente el 22 % en cada hora (Gráfico 13).

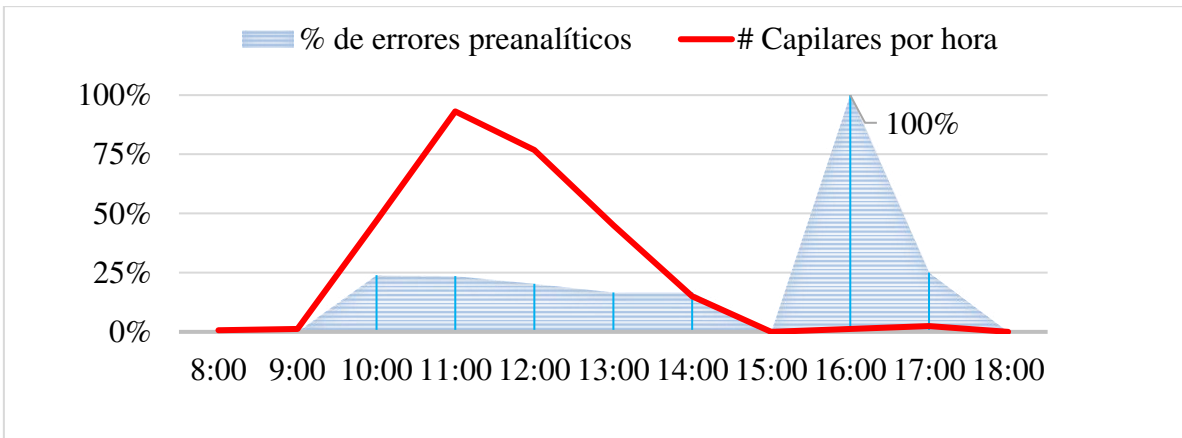


Gráfico 13. Porcentaje de errores preanalíticos para AGS en capilares por hora.

3.8. Métrica sigma en el proceso preanalítico del AGS

La métrica seis sigma en muestras en jeringas, evidencia que los errores preanalíticos con desempeño no adecuado son por muestras sin tapón (1.34 σ), con escaso volumen (2.65 σ), con burbuja (2.66 σ) y por solicitudes ilegibles (2.61 σ) (Tabla 12).

Tabla 12. Valor sigma de cada error preanalítico para el AGS en jeringas.

Errores preanalíticos	Jeringas		
	n	%	σ
Solicitud ilegible	263	13.3	2.61
Solicitud reescrita	47	2.4	3.47
Solicitud temporal	22	1.1	3.79
Muestra con coágulo	32	1.6	3.67
Muestra hemolizada	1	0.1	4.58
Muestra con burbuja	243	12.3	2.66
Muestra sin tapón	1108	56.1	1.34
Muestra con escaso volumen	249	12.6	2.65
Otros	10	0.5	4.07
Total de errores	1395	70.5	0.9

*Otros: Muestras de AGS rechazadas inmediatamente y no se logró registrar la causa de rechazo.

La métrica seis sigma en capilares, evidencia que los errores preanalíticos con desempeño marginal son por solicitudes ilegibles 2.73 σ y reescritas 2.85 σ (Tabla 13).

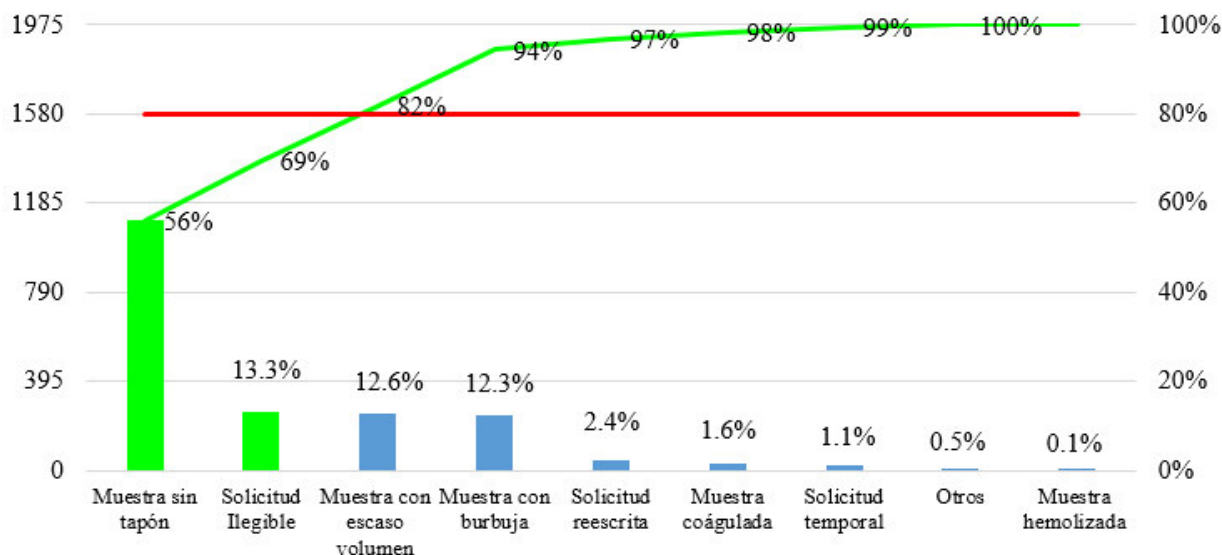
Tabla 13. Valor sigma de los errores preanalíticos para el AGS en capilares.

Errores preanalíticos	Capilar		
	n	%	σ
Solicitud ilegible	49	10.8	2.73
Solicitud reescrita	40	8.8	2.85
Solicitud temporal	14	3.1	3.36
Muestra con burbuja	6	1.3	3.72
Total de errores	106	23.5	2.22

*No hubo casos de coágulos no hemólisis en muestras capilares

3.9. Diferenciación de los errores preanalíticos del AGS

El diagrama de Pareto evidencia que el 80 % de errores preanalíticos en jeringas, son por muestra sin tapón (56 %) y solicitud ilegible (13.3 %) (Gráfico 14).



*Otros: Muestras de AGS rechazadas inmediatamente y no se logró registrar la causa de rechazo.

Gráfico 14. Diagrama de Pareto de errores preanalíticos del AGS en jeringas.

El diagrama de Pareto evidencia que alrededor del 80 % de errores preanalíticos en muestras capilares, son por solicitudes ilegibles (45 %) y reescritas (37 %) (Gráfico 15).

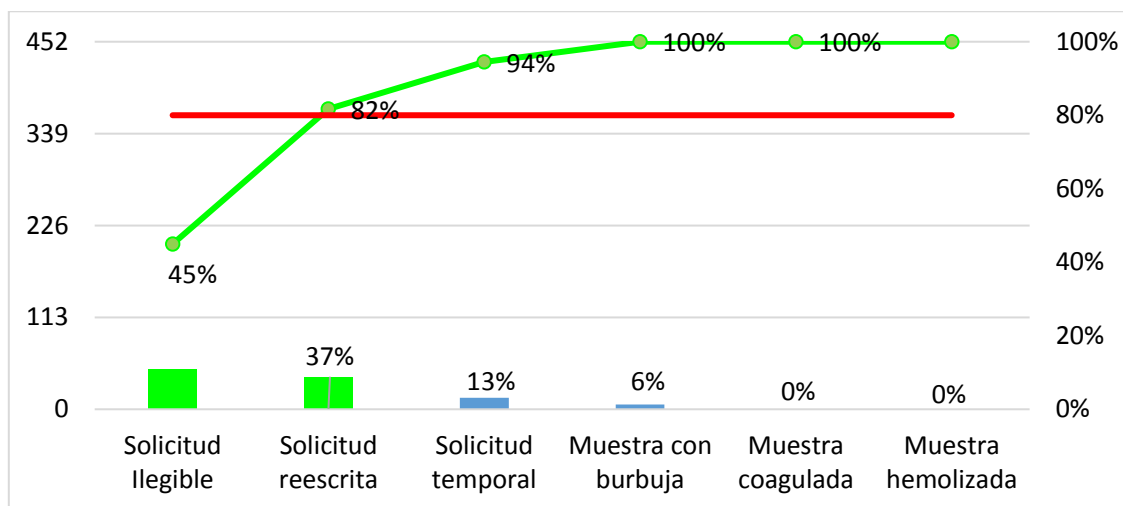


Gráfico 15. Diagrama de Pareto de errores preanalíticos del AGS en capilares.

CAPÍTULO IV
DISCUSIONES

4. Discusiones

El estudio fue enmarcado en un enfoque de mejora de la calidad, identificación de puntos críticos. Para una confiabilidad de los resultados se capacitó y sensibilizó al personal del laboratorio de emergencia sobre el registro de los errores preanalíticos. Luego se realizó un estudio piloto durante una semana. Del cual se consensuó y estandarizó los indicadores. Posteriormente, se realizó una nueva capacitación sobre el adecuado registro de cada indicador, de esta forma se garantizó resultados confiables y se procedió a iniciar la investigación.

El estudio se desarrolló en 12 semanas. Se obtuvo un total de 2428 solicitudes de AGS con su respectiva muestra. De los cuales el 56 % fueron muestras de varones. Los grupos etarios más frecuentes fueron los lactantes (1 mes a 2 años) en un 39.9 % y en los escolares (6 a 11 años) con 26.2 %. Se logró identificar un total de 62 % de errores preanalíticos en el AGS. El estudio determinó los tipos, porcentaje, servicios de procedencia y momento de ocurrencia sobre los errores preanalíticos del AGS en el INSN (hospital pediátrico). Posteriormente, se evaluó los errores prioritarios para el AGS.

Un hallazgo relevante en el presente estudio es la determinación del volumen mínimo con un desempeño adecuado para el AGS en jeringas de 1ml en el INSN. Ya que no está definido en otras investigaciones.^(19,41) Una guía sugiere recolectar en jeringas de 3 ml, al menos 1 ml de muestra para niños/adultos o 0.5 ml para neonatos/bebes, siendo el 33 o 16 % de la capacidad de la jeringa respectivamente.⁽⁹⁸⁾ En base a estos porcentajes, se podría estimar que en jeringas de 1ml el volumen mínimo de muestra sería 0.3 o 0.2 ml. Sin embargo, un criterio objetivo es la cantidad de casos con calcio iónico no dosable. Y de esta forma nuestro estudio calculo el desempeño de cada volumen recolectado.

En nuestro estudio se obtuvo 3.7 % (74 casos) de muestras con valor de calcio iónico no dosable entre los volúmenes de 0.1 y 0.7 ml. Obteniendo en volúmenes mayor o igual a 0.4 ml un desempeño aceptable (mayor a 3σ)^(85,41), lo que representa el 40 % de la capacidad de la jeringa. Por ello, en la presente investigación las muestras con volúmenes igual o menor a 0.3 ml son consideradas como muestra con escaso volumen. Un caso similar de calcio iónico no dosable reportaron Tovo y col.⁽²⁶⁾ Precisar que este error solo ayuda cuando el calcio iónico está diluido y quelado por la heparina, sin embargo, los

errores de solo dilución no sé pudieron determinar en nuestro estudio, lo cual evidenciaría una potencial subestimación del error por escaso volumen.

Los errores preanalíticos más frecuentes para AGS en jeringas fueron las muestras sin tapón y las solicitudes ilegibles. El error de muestra sin tapón en jeringas vulnera el estado anaeróbico del AGS (requisito implícito), ya que la muestra al estar en contacto con el aire, altera la pO_2 . Dada su alta frecuencia (56 %) se considera como inaceptable (1.34σ) en la métrica sigma.

Las solicitudes ilegibles en jeringas del AGS presentó una frecuencia de 13 %, este error es considerado marginal (2.73σ). Este resultado es mayor a lo reportado por Gil y col. con 1.96 % de solicitudes ilegibles.⁽¹³⁾ Además, la OMS considera a la adecuada identificación como prioridad en la seguridad del paciente,⁽⁹⁹⁾ dado que esta situación conlleva a entregar resultados a un paciente incorrecto y repercutir en el tratamiento o involucrar nuevas pruebas. En nuestro estudio ocasionó retrasos, el cual no solo aumenta el estrés en un ambiente de alta carga laboral y falta de personal, de igual forma, afecta en la medición de la pO_2 .

Algunas limitaciones del estudio en jeringas fueron la detección de hemólisis (01 caso), el exceso de heparina y el tiempo de respuesta. No se pudo detectar la hemólisis en todos los casos, debido a la dificultad visual en la identificación por tratarse de sangre entera. Tampoco se determinó la concentración de heparina, ni el exceso. Ya que no se disponía de insumos y equipos para su cuantificación. Sin embargo, el exceso de heparina está asociado a muestras con escaso volumen y con resultados de calcio iónico no dosable o en baja concentración. El tiempo de respuesta desde la recolección de la muestra hasta su procesamiento no sé pudo calcular, porque el personal de recolección de muestras del AGS (Medico o Enfermera) no está habituado a registrar la hora de toma de muestra. Esta información es relevante cuando el médico requiera evaluar el Shunt, la oxigenación o la ventilación del paciente.^(10,36,89,94)

Los errores principales en capilares del presente estudio fueron la ilegibilidad (10.8 %) y reescrito (8.8 %) en las solicitudes, lo cual causa demoras y estrés en el registro e informe del resultado en el sistema informático de laboratorio (labo.soft), ambos errores son

marginales. El estudio presentó limitaciones en la detección de puntos críticos en fase preanalítica para la muestra capilar, como: Aseguramiento de la zona de recolección a una temperatura adecuada, el número de punciones en cada paciente y el efecto de dilución por ordeño del dedo.^(36,89)

Los estudios a nivel internacional de Anguiano, Stark, Pierangelo, Carraro, Wiwanitkit y Triachini^(6,8,11,12,14,90) alcanzaron frecuencias menores de 0.62 %, considerados como bueno en la escala seis sigma. Asimismo, un resultado pobre o menor del 6.7 % fueron reportados por Gonzáles, Abdollahi y Quiroz.^(5,15,41) Los resultados marginales (entre el 6.7 y 30 %) fueron reportados por Dalpatbhai, Salinas, Eliche y Olivera.^(18,19,40,100) Resaltar que en la ejecución de los estudios de Stark, Carraro, Triachini, Quiroz y Salinas^(6,12,14,18,20) se emplearon LIS para medir cada tipo de error preanalítico, y en los otros estudios se utilizó registros manuales (la elaboración de la solicitud y la toma de muestra fueron de forma manual) para el mismo fin. También, mencionar que los estudios de Wiwanitkit, Eliche y Gónzales tienen un sistema de gestión de calidad (SGC) y sus errores preanalíticos son del 0.1, 7.7 y 2.7 % respectivamente. Sin embargo no disponen de LIS que registra los errores preanalíticos.^(7,19,41) En resumen, los laboratorios obtuvieron resultados con baja frecuencia de errores independientemente de disponer de un LIS o un SGC. Sin embargo, los estudios que no usan un LIS para reportar los errores preanalíticos o no implementan un SGC tienen resultados de alta frecuencia de errores (entre el 30 y 82 %). Entre ellos están los estudios de Jurado, Galban, Gil^(13,17,101) y el nuestro.

Resaltar que nuestra investigación es el tercero con mayor frecuencia de errores (62 %) a nivel internacional, superado por Gil y col. con 68 %, causado principalmente por la falta de diagnóstico en la solicitud de análisis⁽¹³⁾ y el estudio de Jurado y col. con un 81 % causado por la falta de diagnóstico, edad y sexo en la solicitud de análisis.⁽¹⁰¹⁾ Nuestro estudio no midió estos indicadores, por considerar prioritario ante un proceso crítico, la identificación del paciente⁽⁹⁹⁾ y la calidad de la muestra.

Se encontró dos estudios en laboratorios de emergencia o urgencia. La investigación de Galban y col. que durante 6 meses reportaron 51 % de errores preanalíticos en las áreas de bioquímica, hematología, coagulación e inmunología,⁽¹⁷⁾ obtuvieron resultados

semejantes a nuestro estudio. Mientras que Eliche y col. durante 12 meses reportaron 7.7 % en todas las áreas,⁽¹⁹⁾ esta baja frecuencia se debe porque el estudio de Eliche y col. no mide los errores en la solicitud, ya que estos errores suelen ser mayores que los relacionados a la calidad de la muestra.

Los errores preanalíticos en el AGS fueron reportados por Galban y col. que durante 6 meses con 2.2 %, ⁽¹⁷⁾ Eliche y col. durante 12 meses en jeringas heparinizadas reportaron 2.0 %⁽¹⁹⁾ y por G3nzales y col. durante un mes presento 1.3 % de errores en el AGS. ⁽⁴¹⁾ Estos tres estudios tienen resultados muy semejantes, en nuestro estudio se present3 una frecuencia muy alta (62 % de errores preanal3ticos). Adem3s, nuestra investigaci3n se diferencia porque midi3 como errores a las muestras con burbujas (12.3 %) y sin tap3n (56.1 %) y tambi3n se consider3 los errores en la solicitud (16 %) para el AGS en jeringas no heparinizadas.

Sobre el error de muestra con burbujas, nuestro estudio reporto un 12 %, considerado marginal (2.66σ) en la m3trica sigma. Las muestras sin tap3n y/o con burbuja, afectan principalmente par3metros relacionados a la oxigenaci3n, as3 mismo, el estudio de Gonz3lez y col. reportaron casos de muestras abiertas con una baja frecuencia (0 a 1.5 %) y con un desempe3o cerca de bueno (3.80σ), ello puede atribuirse que usan jeringas heparinizadas para el AGS⁽⁴¹⁾ y en nuestro estudio se dispone de jeringas adaptadas para el AGS.

Respecto a las muestras con co3gulo en el AGS, nuestro estudio report3 1.6 %, siendo mayor a lo reportado por Eliche (0.05 %), Gonz3les (0.6 - 1.3 %) y Quiroz (38 casos en un mes). Estos tres estudios usaron jeringas heparinizadas en una poblaci3n general. ^(15,19,41) Pr ello, la mayor frecuencia de errores en el INSN est3 relacionado a la poblaci3n pedi3trica que atiende⁽²⁷⁾ y al uso de jeringas no preheparinizadas. La detecci3n de muestras coaguladas es crucial y dificultoso, durante el estudio se lleg3 a obstruir el equipo por minutos e incluso horas.

Otro error en las muestras de AGS es la hem3lisis, el estudio de Hawking y col. describi3 que la frecuencia de hem3lisis aumenta seg3n disminuye el volumen recolectado (10, 19 y 24 % en vol3menes de 0.9, 0.7 y 0.5 ml respectivamente) en jeringas liofilizadas de

3ml.⁽³²⁾ En nuestro estudio, solo hallamos un caso de hemólisis (0.05 %) en un volumen de 0.4 ml. Aunque, este valor está subestimado porque la muestra se procesó y descartó inmediatamente, más no se centrifugó ni calculó el índice hemolítico para una mayor confiabilidad de esta información.

En el presente estudio, haber definido un volumen mínimo con un desempeño adecuado ha permitido reportar 12.6 % de muestras con escaso volumen, y este valor se considera como marginal (2.65σ). Resultados menores se obtuvieron en los estudios de Eliche (0.23 % durante 12 meses), Quiroz (6 casos durante un mes) y Gonzáles (0.31 – 0.72 %).^(15,19,41) nuestros errores se atribuyen a la población pediátrica y al tipo de jeringas. Además, el volumen mínimo de muestra de 0.4 ml para jeringas de 1ml debe ser un referente, pero no debe adoptarse como tal. Porque depende del desempeño del personal (Médicos o Enfermeras) de recolección de muestra del INSN.

En relación a los servicios, la mayor frecuencia de errores preanalíticos varía según cada estudio: mientras que Triachini y col. reportó 3.3 % de errores en atención domiciliaría;⁽¹⁴⁾ Dalpatbhai y col. reportó 18 % en atención ambulatoria;⁽¹⁰⁰⁾ Pierangelo y Gil reportaron 0.6 y 51 % en pacientes hospitalizados; y finalmente, los estudios de Quiroz, Stark, Eliche y Dalpatbhai reportaron 1.5, 2.0, 9.3 y 17 % de errores en las unidades críticas respectivamente.^(12,17,19,20,100) Todos estos estudios son desarrollados en hospitales que atienden a una población en general.^(5-7,11-17) Sin embargo, no hubo estudios en una población pediátrica como el nuestro. En el cual, reportamos mayor error en las unidades críticas (72 % en jeringas y 67 % en capilares), situación semejante se registró en una población materno-infantil que fue estudiado por Galban y col, siendo los servicios de obstetricia (89 %), terapia intensiva (76 %) y neonatología (62 %) con mayor error.⁽¹⁷⁾

Los días de mayor frecuencia de los errores preanalíticos según los estudios de Quiroz y col. fueron los sábados (17 %) y domingos (18 %)⁽¹⁵⁾. En nuestro estudio: los errores en jeringas fueron los lunes (75 %) y domingo (80 %) y en capilares, el día martes (31 %). Respecto al turno de trabajo, la evidencia de mayor error preanalítico fue en el turno noche: con 25 y 66 % en los estudios de Quiroz y Stark respectivamente^(12,15) y en nuestro estudio se obtuvo un 72 % de errores en jeringas, pero en capilares, el mayor error fue en

el turno tarde con un 25 %. Así mismo, el horario con mayor error preanalítico en el estudio de Quiroz y col. fue entre el rango de las 00 y 03 horas.⁽¹⁵⁾ Mientras, en nuestro estudio se reportó que a las 03 y 09 horas ocurre la mayor cantidad de errores en jeringas y a las 16 horas en capilares.

En nuestro estudio, los errores prioritarios en jeringas fueron las muestras sin tapón 62 % y las solicitudes ilegibles (15 %). Sin embargo, en capilares los errores prioritarios fueron la solicitud ilegible (45 %) y reescrita (37 %). A diferencia de lo reportado por Quiroz y col. que obtuvieron como prioritario los errores en la calidad de la muestra (coágulo 42 % y hemólisis 25 %).⁽¹⁵⁾

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El laboratorio de emergencia del INSN procesa 2428 solicitudes/muestras de AGS, de los cuales el 81 % son muestras en jeringas de pacientes críticos y el grupo etario mayor atendido fueron los lactantes (40 %).

- 1) Los errores preanalíticos relativos para el AGS en jeringas son muestras sin tapón (56 %) y solicitud ilegible (13 %); y en capilares son solicitudes ilegibles (10.8 %) y reescritas (8.8 %).
- 2) Las unidades críticas presentaron mayor frecuencia de error preanalítico en jeringas (72 %) y capilares (67 %).
- 3) Los días con mayor error preanalítico para el AGS son lunes (75 %) y domingos (80 %) en jeringas y los martes en capilares (31 %). El turno de mayor error es en la noche (72 %) en jeringas y en la tarde (25 %) en capilares. Y finalmente, los horarios que evidencian más errores corresponden a las 3 y 9 horas en jeringas y a las 16 horas en capilares.
- 4) El desempeño del proceso preanalítico del AGS corresponde en término de calidad a un desempeño inaceptable (0.9σ) en jeringas y marginal (2.22σ) en capilares. El desempeño del AGS en jeringa es marginal por la solicitud ilegible (2.61σ), muestra con escaso volumen (2.65σ) y con burbujas (2.66σ) e inaceptable por las muestras sin tapón (1.34σ). El desempeño en capilares es marginal tanto en la solicitud ilegible (2.73σ) y la reescrita (2.85σ).
- 5) Los errores prioritarios según el diagrama de Pareto para jeringas de AGS son muestra sin tapón (56 %) y solicitud ilegible (13 %) en jeringas y en capilares para AGS son solicitud ilegible (45 %) y reescrita (37 %).

En razón de todo este contexto, se logró la identificación de los puntos críticos en la fase preanalítica de AGS, siendo muestra sin tapón, con burbuja, solicitudes ilegibles y reescritas los problemas prioritarios, así mismo, estos afectan principalmente la información del estado de oxigenación del paciente crítico y requieren acciones de mejora.

5.2 RECOMENDACIONES

En el estudio se logró identificar puntos críticos en el proceso preanalíticos del AGS. En tal sentido, se debe tener la oportunidad de implementar acciones de mejora a nivel del hospital, del laboratorio de emergencia, del personal de toma de muestras y del personal de recepción y procesamiento de la muestra para el AGS.

A nivel hospitalario se recomienda, implementar políticas de calidad enfocada en la fase preanalítica y comprar dispositivos adecuados para la recolección de la muestra para el AGS (CLSI C46, numeral 4). Actualmente, el INSN usa jeringas tuberculinas y heparina líquida, los cuales deben ser reemplazados por jeringas preheparinizadas para AGS. Este material reduce o elimina los errores por muestra sin tapón y dilución. Asimismo, reduce la frecuencia de muestras con burbujas. También, ayuda en la bioseguridad para el personal de recolección de muestra (médico y enfermeras), evitando los pinchazos al manipular la aguja en la preparación de la jeringa, post recolección de muestra y transporte del AGS.

A nivel del laboratorio de emergencia se recomienda implementar un plan de gestión de riesgos, identificando aquellos riesgos en base a la frecuencia (este estudio) y severidad de cada indicador. Además, el laboratorio debe formar un equipo de calidad, integrado por personal de recepción, procesamiento de las muestras de AGS y por un grupo de calidad (NTP ISO: 15189:2014 numeral 4.1.2.5 y 5.1). Asimismo, informar de las acciones correctivas a las partes involucradas (médicos, enfermeras, técnicos y tecnólogos médicos) y contar con puntos de control que garantice la efectividad y oportunidad de las acciones, según la guía de la CLSI (EP 23).

A nivel del personal de toma de muestra de AGS, se recomienda: 1) realizar una recolección sanguínea de al menos 0.4 ml en las jeringas de 1ml, 2) analizar y mejorar la técnica para la eliminación del exceso de heparina, 3) verificar y asegurar una recolección anaeróbica para la muestra de AGS, 4) utilizar las jeringas heparinizadas para el AGS, 5) registrar en la solicitud de AGS la hora de recolección de la muestra y 6) participar en la elaboración de documentos para la toma de muestra de AGS; según la guía de la CLSI C46 (numeral 4). Respecto al personal de recepción y procesamiento de muestras AGS

se recomienda realizar la identificación y control de los riesgos según la guía de la CLSI (EP 18) y evaluarlo según la métrica seis sigma.

También es importante recomendar nuevos estudios, que evalúen el volumen de sangre recolectado entre la concentración, tipos y volumen de heparina en jeringas de 1 ml y de otros volúmenes. Estas evaluaciones también se deben hacer en jeringas heparinizadas (liofilizadas).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Forsman RW. Why is the laboratory an afterthought for managed care organizations? *Clin Chem*. 1996;42(5):813–6.
2. Kohn LT, Corrigan JM, Molla S. To Err Is Human. *Medicine (Baltimore)* [Internet]. 1999;126(November):312. Available from: http://www.journals.cambridge.org/abstract_S095026880100509X
3. Cortés JV. Gestión del riesgo médico legal en obstetricia y ginecología. 2011;6(3):217–22.
4. Beteta Fernandez D. Evaluación y mejora de la calidad de la valoración y prevención de las úlceras por presión en la unidad de cuidados intensivos del hospital universitario Virgen de la Arrixaca. Univ Murcia. 2012;
5. Abdollahi A, Saffar H, Saffar H. Types and frequency of errors during different phases of testing at a clinical medical laboratory of a teaching hospital in Tehran, Iran. *N Am J Med Sci*. 2014;6(5):224–8.
6. Carraro P, Plebani M. Errors in a stat laboratory: Types and frequencies 10 years later. *Clin Chem*. 2007;53(7):1338–42.
7. Wiwanitkit V. Types and frequency of preanalytical mistakes in the first Thai ISO 9002:1994 certified clinical laboratory, a 6 – month monitoring. *BMC Clin Pathol* [Internet]. 2001;1(1):1. Available from: <http://bmcclinpathol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1472-6890-1-5>

8. Angüiano N, Perales M, Díaz C, Cázares R, Pérez F, Llaca J. Errores en el laboratorio clínico; evaluación de tipos y frecuencias. Elsevier. 2013;12(54):187–92.
9. Plebani M, Sciacovelli L, Aita A, Pelloso M, Chiozza ML. Performance criteria and quality indicators for the pre-analytical phase. Clin Chem Lab Med. 2015;53(6):943–8.
10. Baird G. Preanalytical considerations in blood gas analysis. Biochem Medica. 2013;23(1):149–27.
11. Bonini P, Plebani M, Ceriotti F, Rubboli F. Errors in laboratory medicine. Clin Chem. 2002;48(5):691–8.
12. Stark A, Jones BA, Chapman D, Well K, Krajenta R, Meier FA, et al. Clinical laboratory specimen rejection - Association with the site of patient care and patients' characteristics: Findings from a single health care organization. Arch Pathol Lab Med. 2007;131(4):588–92.
13. Gil P, Franco M, Galbán G. Evaluación de errores preanalíticos en el laboratorio de planta del HIGA O . Alende de Mar del Plata Evaluation of preanalytical mistakes in the routine. 2016;50(3).
14. Triachini F, Flores S, Shcolnik W, Da Silva S, Andrade L, Olivera V, et al. The use of indicators in the pre-analytical phase as a laboratory management tool. J Bras Patol e Med Lab. 2014;50(2):100–4.
15. Quiroz-Arias C. Errores preanalíticos en el laboratorio clínico de un hospital de tercer nivel: Prueba piloto. Vol. 26, Salud Uninorte. 2010. p. 189–200.
16. Graber M, Gordon R, Franklin N. Reducing Diagnostic Errors in Medicine: What's the Goal? Acad Med. 2002;77(10):981.
17. Galbán G, Misino S, Wekken M Van Der, Tomassini L, Suarez M. Investigación del Hospital Interzonal Especializado Materno Infantil. Bioanálisis. 2007;18–21.

18. Salinas M, López-Garrigós M, Yago M, Ortuño M, Carratala A, Aguado C, et al. Evaluación de la calidad en el laboratorio en la fase preanalítica: un estudio multicéntrico. *Rev Calid Asist.* 2011;26(4):264–8.
19. Eliche M, Contreras H, Paino S, Campos G. Evaluación de incidencias preanalíticas en un laboratorio de urgencias. 2010;14–5.
20. Quiroz Arias C. Errores preanalíticos en el laboratorio clínico de un hospital de tercer nivel : prueba piloto. *Salud Uninorte.* 2010;26(2):189–200.
21. INDECOPI. laboratorio clínicos: requisitos particulares para la calidad y la competencia (NTP ISO 15189:2014). 3rd ed. Lima; 2012. 90 p.
22. West J, Atherton J, Costelloe SJ, Pourmahram G, Stretton A, Cornes M. Preanalytical errors in medical laboratories: a review of the available methodologies of data collection and analysis. *Ann Clin Biochem.* 2017;54(1):14–9.
23. Lippi G, Guidi GC, Mattiuzzi C, Plebani M. Preanalytical variability: The dark side of the moon in laboratory testing. *Clin Chem Lab Med.* 2006;44(4):358–65.
24. Plebani M, Carraro P. Mistakes in a stat laboratory: Types and frequency. *Clin Chem.* 1997;43(8):1348–51.
25. Review M, Plebani M, Chiozza ML, Sciacovelli L. Towards harmonization of quality indicators in laboratory medicine. *Clin Chem Lab Med.* 2013;51(1):187–95.
26. Tovo A, Parsehian S Der, Briozzo G. El laboratorio de urgencia en la detección de errores preanalíticos. 2008;27(2):79–84.
27. Coffin CM, Hamilton MS, Pysher TJ, Bach P, Ashwood E, Schweiger J, et al. Current Challenges and Future Opportunities. 2002;683–90.
28. Stephen B, Kahn E. Specimen mislabeling: A significant and costly cause of potentially serious medical errors. 2005; Available from:

<https://acutecaretesting.org/en/articles/specimen-mislabeleding-a-significant-and-costly-cause-of-potentially-serious-medical-errors>

29. Landt M, Hortin GL, Smith CH, McClellan A, Scott MG. Interference in Ionized Calcium Measurements by Heparin Salts. *Clin Chem*. 1994;40(4):565–70.
30. Chaneac M, Kindermans C. Preanalytical errors in ionized calcium measurements induced by the use of liquid heparin. *Ann Clin Biochem*. 1991;28:167–73.
31. Hutchison AS, Ralston SH, Dryburgh FJ, Small M, Fogelman I. Too much heparin: possible analysis source of error in blood gas. *Br Med J*. 1983;287(October):1131–2.
32. Hawking R. Measurement of Whole-Blood Potassium-Is It Clinically Safe? *Clin Chem*. 2003;2105(12):2105–6.
33. Wennecke G. Useful tips to avoid preanalytical errors in blood gas testing: electrolytes. *acutecaretesting.org*. 2003;
34. Lu J. Effects of air bubbles and tube transportation on blood oxygen tension in arterial blood gas analysis Methods. 2003;(August 2017).
35. Biswas C, Ramos J, Agroyannis B, Kerr D. Blood gas analysis : effect of air bubbles in syringe and delay in estimation. *Br Med J*. 1982;284(March):923–7.
36. Navarro X, Guillén E, Pérez MM, Sáez PO, Barcenilla NR. Recomendaciones preanalíticas para la medición del equilibrio ácido-base y gases en sangre. *SEQC*. 2009;18–22.
37. Oliver P, Rodríguez O, Marin J, Guillen E, Valcárcel G, Galán A, et al. Estudio de la oxigenación e interpretación de la gasometría arterial. *SEQC*. 2015;(2014):31–47.
38. Laboratory C and, Institute S. Blood Gas and pH Analysis and Related Measurements ; Approved Guideline — Second Edition. *Clinical and Laboratory*

- Standards Institute. 2009;29(8).
39. Küme T, Şişman AR, Solak A, Tuğlu B, Çinkooğlu B, Çoker C. The effects of different syringe volume , needle size and sample volume on blood gas analysis in syringes washed with heparin. *Biochem Medica*. 2012;22(2):189–201.
 40. Olivera, Cristiane.Talma F. Analysis of the pre-analytical phase in a private pathology laboratory of Maringá city-PR , Brazil. *J Bras Patol Med Lab*. 2016;(April):78–83.
 41. Gonzáles E, Guillén E, Canalias F. Gestión de los riesgos en laboratorio de urgencias y su impacto en la seguridad del paciente. *Universiodad Autónoma de Barcelona*; 2017.
 42. Donayre-medina PC, Conislla HEZ, Sánchez-jacinto BJ, Flores-toledo S, Jara-aguirre JC, Palacio-ramírez A. Identificación de errores preanalíticos durante la flebotomía en pacientes de consultorio externo E www.medigraphic.org.mx. 2016;63(1):30–3.
 43. Jeffery J, Sharma A, Ayling RM. Detection of haemolysis and reporting of potassium results in samples from neonates. *Ann Clin Biochem*. 2009;46:222–5.
 44. Biswas CK, Ramos JM, Kerr DNS. Heparin effect on ionised calcium concentration. 1968;16:343–7.
 45. Hedberg P, Majava A, Kiviluoma KAI, Ohtonen P. Potential preanalytical errors in whole-blood analysis : Effect of syringe sample volume on blood gas , electrolyte and lactate values. *Scand J Clin Lab Invest*. 2009;69(5):585–91.
 46. Higgins C. Pneumatic tube transport of samples for blood gas analysis. acutecaretesting.org. 2005;
 47. Mohammadhoseini E, Safavi E, Seifi S, Seifirad S. Effect of Sample Storage Temperature and Time Delay on Blood Gases , Bicarbonate and pH in Human Arterial Blood Samples. 2015;17(December 2012):20–3.

48. Smajić J, Kadić D, Hasić S, Serdarević N. Effects of post-sampling analysis time , type of blood samples and collection tubes on values of blood gas testing. 2015;12(May):90–4.
49. Gutiérrez FR. Insuficiencias respiratoria aguda. Acta Med Per. 2010;27(4):286–97.
50. Mónica M. Disturbio del estado ácido-básico en el paciente crítico. Acta Med Per. 2011;28(1):46–55.
51. OPTI Medical. OPTI CCA-TS2 Analyzer: Operator´s Manual. 2013.
52. Higgins C. Useful tips to avoid preanalytical errors in blood gas testing : pH , pCO₂ and pO₂. 2016;(May):1–7.
53. Severinghaus JW, Astrup PB. Historical of blood gas analysis. I. The Development of electrochemistry. 1985;180–92.
54. Van D d. JN. The determination of gases in blood and other solutions by vacuum extraction and manometric measurement. I. 1921;
55. Severinghaus JW, Astrup PB. Historical of blood gas analysis. II. pH and ACID-BASE BALANCE MEASUREMENTS. 1985;259–77.
56. John W. The Current Status of Transcutaneous Blood Gas Analysis OR Y AND THEOR Y OF TRANS- CUT. 1998;7(2):4–9.
57. Mollard JF. 40 ans de gazométrie sanguine et autres analytes de l'urgence. Ann Biol Clin (Paris) [Internet]. 2000;58(2):131–40. Available from: http://www.jle.com/fr/revues/abc/e-docs/40_ans_de_gazometrie_sanguine_et_autres_analytes_de_lurgence_50754/article.phtml?tab=texte
58. Severinghaus JW, Astrup PB. Historical of blood gas analysis. V. Oxygen measurement. 1986;

59. Severinghaus JW, Astrup PB. Historical of blood gas analysis. IV. Leland Clarck´s oxygen electrode. 1986;
60. Raff H. The significance of the blood gas analyzer. 2004;53215:1597–8.
61. Toffaletti JG, Rackley CR. Monitoring Oxygen Status. 1st ed. Vol. 77, Advances in Clinical Chemistry. Elsevier Inc.; 2016. 103-124 p.
62. Williams AJ. Assessing and interpreting arterial blood gases and acid-base balance Pulse oximetry Transcutaneous measurements. :1213–6.
63. Malkin HM, Bernard C. Historical Review : Concept of Acid-Base Balance in Medicine. 2003;33(3):337–44.
64. Stewart T De. Teoría ácido-básico de Stewart, un nuevo paradigma en medicina crítica.
65. Aristizábal-salazar RE, Calvo-torres LF, Valencia-arango LA, Montoya-ca M. Revista Colombiana de Anestesiología Equilibrio ácido-base : el mejor enfoque clínico. 2015;3(3):219–24.
66. PARDO J, MATUZ D. El uso de la ecuación de Henderson- Hasselbalch para el cálculo del pH en sangre. 2014;33(2):48–50.
67. In P, Science B. Stewart and beyond : New models of acid-base balance. 2003;64:777–87.
68. Esper RC, Raúl J, Córdova C, Daniel L, Córdova C. Artemisa Abordaje del equilibrio ácido-base de acuerdo al modelo fisicoquímico de Stewart. 2007;14:56–63.
69. Esper C, Palacios PV. Equilibrio ácido-base: conceptos actuales. Artemisa. 2006;
70. Story DA. Bench-to-bedside review : A brief history of clinical acid – base. 2004;253–8.
71. Sirker AA, Rhodes A, Grounds RM, Bennett ED. Acid) base physiology : the Ô

- traditional \tilde{O} and the \hat{O} modern \tilde{O} approaches. 2002;
72. Kellum JA. Making Strong Ion Difference the ^aEuro^o for Bedside Acid-Base Analysis. (Table 1).
 73. Kofstad J. All about base excess – to BE or not to BE. 2003;(July):1–5.
 74. Carroll MSOHJ. Curret Concepts: The Anion gap. In: The New England Journal of Medicine. Virginia; 2010. p. 2010–3.
 75. Roscoe MH. A comparison of calculated and estimated osmolarities of urine. In: Journal of Clinical Pathology. 13 (6). Manchester; 1960. p. 514–7.
 76. H, Christensen; A, Devor; H K. Hydrogen Ions and Buffer Base. Am J Med. 1958;xxv.
 77. Jorgensen, K; Astkup P. Standard bicarbonate, its clinical significance, and a new method for its determination. Scand J Clin Lab Invest. 1957;122–32.
 78. Severinghaus JW. Siggaard-Andersen and the “ Great Trans-Atlantic Acid-Base Debate ” Siggaard-Andersen and the “ Great Trans-Atlantic Acid-Base Debate .” 2016;5513(March).
 79. Stewart PA. Independent and dependent variables of acid-base control’ peter a. stewart. 1978;(September 1977):9–26.
 80. Figge, James; Mydosh, Thomas; Fencel V. Serum proteins and acid-base equilibria: a follow-up. In: J Lab Clin Med [Internet]. Massachusetts; 1992. p. 713–9. Available from: <http://crashingpatient.com/wp-content/uploads/2011/09/Figge-1992.pdf>
 81. Flegar-Meštrić Z, Perkov S, Radeljak A, Kardum Paro MM, Prkačin I, Devčić-Jeras A. Risk analysis of the preanalytical process based on quality indicators data. Clin Chem Lab Med [Internet]. 2017;55(3). Available from: <http://www.degruyter.com/view/j/cclm.2017.55.issue-3/cclm-2016-0235/cclm-2016-0235.xml>

82. Westgard JO, Migliarino G. Sistemas de Gestión de la Calidad para el Laboratorio Clínico. COULTER W, editor. 2014. 1-9 p.
83. OMS. Sistema de gestión de la calidad en el laboratorio (LQMS). OMS. Ginebra; 2016. 11-18 p.
84. Cuatrecasas L. Gestión Integral de la Calidad. Profit, editor. Barcelona; 2010. 57-94 p.
85. Arias L, Portilla L, Castaño J. Aplicación de Six Sigma en las organizaciones. 2008;(38):265–70.
86. Zirpoli M, Rojas M, Fajreldines A, Pellizzari M. Eficacia en el monitoreo de la etapa pre analítica del laboratorio de análisis clínicos mediante la incorporación de la métrica Six Sigma. 2013;15–7.
87. Pineda D, Cabezas Á. Aplicación del Modelo Seis Sigma en el Laboratorio Clínico. ResearchGate. 2014;(June).
88. Gimeno C. Sistemas de gestión de la calidad en los laboratorios clínicos : certificación y acreditación. *Enferm Infecc Microbiol Clin*. 2000;17–23.
89. Mollard J. Précautions préanalytiques et matériel de prélèvement pour l'analyse des gaz du sang. *Ann Biol Clin (Paris)* [Internet]. 2000;58(4):472–83.
90. Wiwanitkit V. Glass syringes are better than plastic for preserving arterial blood gas for oxygen partial pressure determination : an explanation based on nanomaterial composition. 2006;346(2):223–4.
91. Singh V, Khatana S, Gupta P. Blood gas analysis for bedside diagnosis. *Natl J Maxillofac Surg*. 2013;4(2):136–41.
92. Zavorsky GS, Cao J, Mayo NE, Gabbay R, Murias JM. Arterial versus capillary blood gases: A meta-analysis. Elsevier. 2007;155:268–79.
93. Krankenhauses A. Stability of Blood Gases , Electrolytes and Haemoglobin in

- Heparinized Whole Blood Samples : Influence of the Type of Syringe.
1992;30(6):349–55.
94. Robert W. Burnett, Ehrmeyer SS, Moran RF, Kessel AL Van. Blood Gas and pH Analysis and Related Measurements; Approved Guideline. NCCLS document C46-A. CLSI C46-A. 2001;21(14):9–16.
 95. Hawkins R. Discrepancy between visual and spectrophotometric assessment of sample haemolysis. *Ann Clin Biochem.* 2002;39:521–2.
 96. Toffaletti J. Use of Novel Preparations of Heparin to Eliminate Interference in Ionized Calcium Measurements : Have All the Problems Been Solved ? *Clin Chem.* 1994;40(4):508–9.
 97. Lippi G, Fontana R, Avanzini P, Sandei F, Ippolito L. Influence of spurious hemolysis on blood gas analysis Influence of spurious hemolysis on blood gas analysis. *Clin Chem Lab Med.* 2015;(November).
 98. Tecnología Inteligent. Guía de Procedimientos Para Toma de Muestras de Gases Arteriales. Perú-Lima; 2014.
 99. Agnes Leotsakos, Hill CD. Nueve soluciones para la seguridad del paciente: A fin de salvar vidas y evitar daños [Internet]. OMS. 2007. Available from: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2007/pr22/es/>
 100. Dalpatbhai H, Meheshendra N, Sundarbhai V. a Study of Pre-Analytical Errors in a Hospital Based Clinical Biochemistry Laboratory. *Int J Clin Biochem Res.* 2015;3(Ccl):380–6.
 101. Jurado Roger A, López Braos J, Martínez Noguerras R, Rodríguez Morales R, de la Peña Carretero L, Romero Sotomayor M V. La gestión por procesos en el laboratorio clínico como herramienta para disminuir los errores preanalíticos. *Rev del Lab Clin.* 2012;5(2):57–67.

ANEXOS

ANEXOS N°01: Operacionalización de las variables

Variable	Dimensión	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición	Indicador	Valores esperados	
Errores pre analíticos en el Análisis de Gases Sanguíneos	Identificación del usuario	Nombre u otra información que permite identificar a una persona.	Descripción del estado de los nombres o número de historia clínica en la solicitud del AGS.	Catagórica dicotómica	Nominal	Inelegible los nombres o número de historia clínica	Si/No	
			Reescrito los nombres o número de historia clínica	Catagórica dicotómica	Nominal	Reescrito los nombres o número de historia clínica	Si/No	
			Presencia de hojas que no tienen el formato de la solicitud del laboratorio.	Catagórica dicotómica	Nominal	Hojas sin el formato de solicitud	Si/No	
	Características de la muestra	Atributos de una muestra sanguínea que le hacen conforme o no para su procesamiento.	Descripción de los atributos de las muestras sanguíneas con escaso volumen, hemólisis, coágulo y/o burbuja.	Muestra sin tapón	Catagórica dicotómica	Nominal	Muestra sin tapón	Si/No
				Presencia de hemólisis	Catagórica dicotómica	Nominal	Presencia de hemólisis	Si/No
				Presencia de coágulo	Catagórica dicotómica	Nominal	Presencia de coágulo	Si/No
				Presencia de burbuja	Catagórica dicotómica	Nominal	Presencia de burbuja	Si/No
				Presencia de escaso volumen	Cuantitativa continua	Nominal	Presencia de escaso volumen	Si/No

ANEXOS N°02: Formato para el registro de indicadores de calidad en el AGS

Diseño del formato para el registro de indicadores de calidad en el AGS

FORMATO: _____	<input type="checkbox"/> COÁGULO
Fecha Toma Muestra: _____	<input type="checkbox"/> HEMÓLISIS
Hora Toma Muestra: _____	<input type="checkbox"/> BURBUJA
Mx: <input type="checkbox"/> Arterial <input type="checkbox"/> Venosa <input type="checkbox"/> Capilar	<input type="checkbox"/> SIN TAPÓN
Vol (ml): 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0	
TECNÓLOGO RESPONSABLE: _____	

Registro en la solicitud de los indicadores de calidad para el AGS del laboratorio de Emergencia.

CÓD.	EXAMEN	CÓD.	EXAMEN	CÓD.	EXAMEN
	PROTEINAC CREATIVA		INSULINA POST PRANDIAL		SUSTANCIAS REDUCTORAS
	FACTOR REUMATOICO		ORINA		PROTEINAS
	FENOBARBITAL	360	EX /COMP/ORINA		UREA
	FENITOINA	361	MICROALBUMINURIA		MAGNESIO
	CERULOPLASMINA	363	ELECTROL (Na,K,Cl)	380	FLUID CORPOR
	TEOFILINA	364	CALCIO	381	EST /CITOG / LCR
	DIGOXINA	365	FÓSFORO		TEST--ADA
	CARBAMAZEPINA	366	ÁCIDO-ÚRICO		FLUIDOS
	ÁCIDO VALPROICO	367	CREATININA		TEST CLORO EN SUDOR
	PRUEBAS FUNCIONALES	368	AMILASA		
	DEPUR-CREA NINA	369	GLUCOSA		
	POST PRANDIAL	370	CUERPOS-CETONICOS		
		371	SCREEN/ENF/METAB		
54	TEST/TOL/...		SCREEN/EMBARAZO		
53	TEST INSULINA (3h)	373			
	INSULINA BASAL				

PACIENTE DEBE ESTAR EN AYUNAS
PRUEBAS FUNCIONALES QUE SE REQUIERE DAR INDICACIONES ESPECIALES EN BIOQUÍMICA

RESPONSABLE PARA CÁLCULO DE DEPURACIÓN: 138914

Fecha Toma Muestra: _____

Mx: Arterial Venosa Capilar atapón

Vol. (ml): 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0

TOMADOR DE MUESTRA: _____

MÉDICO SOLICITANTE: _____

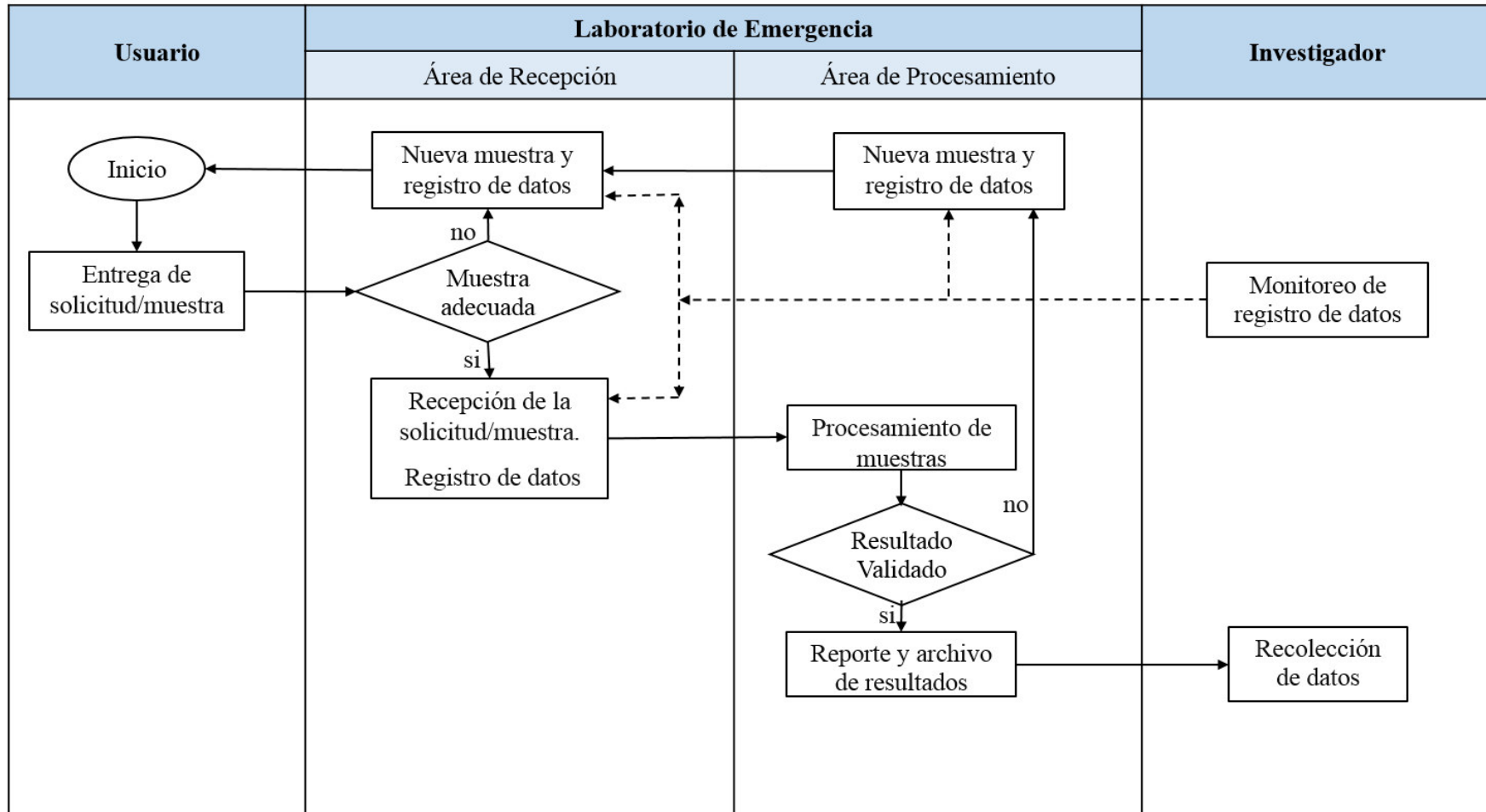
F: 121 B

Jorge A. Alvarez Ramirez
Médico Titular Emergencia

ANEXOS N°03: Formato para el registro de datos del laboratorio de emergencia del INSN

N° Muestra	Servicio	Sexo	Edad	Fecha	Turno	Hora de procesamiento	Tipo de muestra	Errores en la Identificación			Características de la muestra				
								Ilegible	Reescrito	Solicitud temporal	Hemólisis	Coágulo	Burbuja	Volumen	Calcio iónico no dosable
								Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si/No	Si/No		Si/No

ANEXOS N°04: Flujograma de ejecución para el presente trabajo de investigación



ANEXOS N°05: Determinación del valor sigma

Cuadro de equivalencias del valor sigma en porcentajes.

Sigma	%	Sigma	%	Sigma	%
6	0.00034	4.6	0.096	3.2	4.46
5.9	0.0005	4.5	0.135	3.1	5.48
5.8	0.0008	4.4	0.186	3	6.68
5.7	0.0015	4.3	0.255	2.9	8.08
5.6	0.002	4.2	0.346	2.8	9.68
5.5	0.003	4.1	0.466	2.7	11.5
5.4	0.004	4	0.621	2.6	13.5
5.3	0.007	3.9	0.819	2.5	15.8
5.2	0.01	3.8	1.07	2.4	18.4
5.1	0.015	3.7	1.39	2.3	21.2
5	0.023	3.6	1.78	2.2	24.2
4.9	0.033	3.5	2.27	2.1	27.4
4.8	0.048	3.4	2.87	2	30.9
4.7	0.068	3.3	3.59	1	69.1

Método de interpolación para calcular el valor sigma a partir de un porcentaje obtenido.

$$(A - X)/(A - B) = (a - x)/(a - b)$$

A: porcentaje inmediato superior del porcentaje obtenido

B: porcentaje inmediato inferior del porcentaje obtenido

X: porcentaje obtenido

a: sigma inmediato superior del sigma a calcular

b: sigma inmediato inferior del sigma a calcular

x: sigma a calcular

ANEXOS N°06: Permiso del comité de Ética del INSN para ejecutar el estudio



ANEXOS N°07: Total de muestras capilares, arteriales y venosas según cada servicio de procedencia en tres meses.

Servicio	Capilar			Arterial			Venoso			Total
	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 1	Mes 2	Mes 3	
Medicina del adolescente	1									1
Paciente Fissal	17	12	6	11	18	5	12	6	1	88
Medicina A		2	2	5	6	20				35
Medicina B		1		6	5	1		1		14
Medicina C	1	1		10	10	18	1	1		42
Medicina D	3	3		6	5	9				26
Neumología			1	3	4	4				12
Cardiología				2	6	8			1	17
Neurología		1	1	2	1	12			2	19
Endocrinología	4	1	1							6
Gastroenterología	3	3		5	3	6	2	1	3	26
Infectología	0	1		11	11	9	1		2	35
Nefrología	118	127	112	14	7	3		1		382
Neonatología				46	53	43	2	3	2	150
Cirugía general			1	6	9	6			1	23
Traumatología				2						2
Urología					1	1				3
Neurocirugía				8	3	13				24
Otorrinolaringología				1						1
Tórax cardiovascular				1	4		1			6
Unidad de cuidados Intensivos				247	332	265	9	15	7	874
Emergencia y hospitalización				36	43	54	7	5	24	169
Anestesiología y Centro quirúrgico				1	4	2				7
Genética	7	7	2					1		17
UPO				66	171	179	3	11	2	432
Pediatría	3	1	2	1		1				8
Otros	3	2	1	3						9

ANEXOS N°08: Total de errores preanalíticos en el AGS según cada servicio de procedencia.

Servicio	Ilegible	Reescrito	Solicitud temporal	Coágulo	Hemólisis	Burbuja	Sin tapón	Volumen escaso	Otros	total Mx
Medicina del adolescente										1
Paciente Fissal	9	3	1			29	37			88
Medicina A	2	1	1	1		5	7	4		35
Medicina B		1				2	6	4		14
Medicina C	2		1	3		6	15	8		42
Medicina D		1	1	1		2	5	3		26
Neumología	1	1				3	4	1		12
Cardiología	1		1			2	3	5		17
Neurología	3	1				5	8	2		19
Endocrinología			1							6
Gastroenterología	2	6	2			5	10	6		26
Infectología	6	1	1	1		3	12	8	1	35
Nefrología	46	30	3	1		7	3		9	382
Neonatología	13	2	1	3		16	64	51	2	150
Cirugía general	6					7	9	4		23
Traumatología										2
Urología	1					1	1			3
Oftalmología										
Neurocirugía	7	3				6	11	3		24
Otorrinolaringología										1
Tórax cardiovascular			1			2	1	1		6
Unidad de cuidados Intensivos	116	16	6	14		82	556	91	2	874
Emergencia y hospitalización	23	5	1	6	1	26	72	51	1	169
Anestesiología y Centro quirúrgico	1		5				2			7
Genética		2	7					1	1	17
UPO	71	12	2			40	280	6	1	432
Pediatría			1				1			8
Otros	1	2		2			1			9

ANEXOS N°09: Total de errores preanalíticos en solicitud para el AGS en jeringas.

Errores preanalíticos en jeringas		
Solicitudes con un error	n	%
Solicitud ilegible	255	79.4
Solicitud reescrita	36	11.2
Solicitud temporal	19	5.9
Solicitudes con dos errores		
Solicitud ilegible y reescrita	8	2.5
Solicitud reescrita y temporal	3	0.9
Total	321	100.0

ANEXOS N°10: Total de errores preanalíticos en muestra para el AGS en jeringas.

Errores preanalíticos en jeringas		
Muestras con un error	n	%
Muestra coagulada	20	1.6%
Muestra con hemólisis	1	0.1%
Muestra con burbuja	43	3.3%
Muestra sin tapón	810	63.1%
Muestra con volumen escaso	88	6.9%
Muestras con dos errores		
Muestra coagulada y burbuja	1	0.1%
Muestra con coágulo y sin tapón	2	0.2%
Muestra con coágulo y escaso volumen	5	0.4%
Muestra con burbuja y sin tapón	156	12.1%
Muestra con burbuja y escaso volumen	18	1.4%
Muestra sin tapón y escaso volumen	113	8.8%
Muestras con tres errores		
Muestra con coágulo, con burbuja y sin tapón	2	0.2%
Muestra con coágulo, sin tapón y escasa muestra	2	0.2%
Muestra con burbuja, sin tapón y escasa muestra	23	1.8%
Total	1284	100.0%

ANEXOS N°11: Total de errores preanalíticos para el AGS en capilares sobre la solicitud

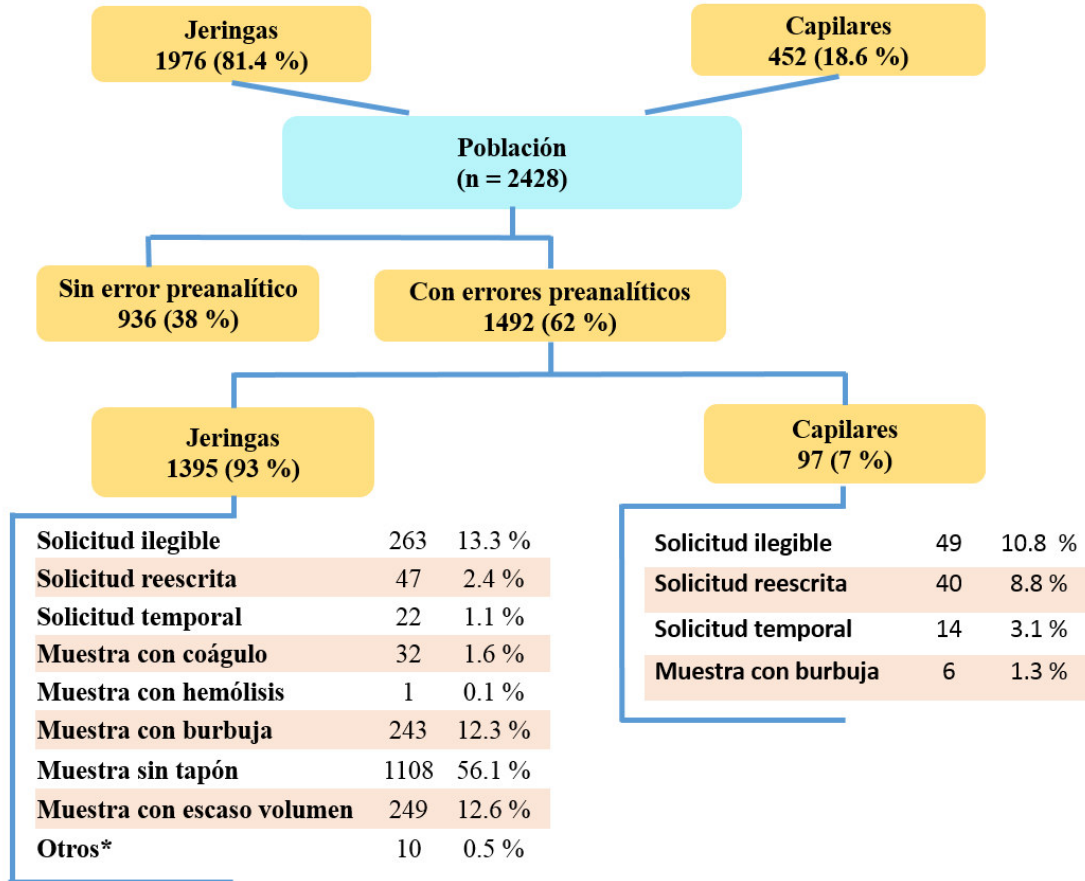
Errores en la solicitud de AGS recolectadas en jeringas		
Solicitudes con un error	n	%
Solicitud ilegible	39	41.9
Solicitud reescrita	31	33.3
Solicitud temporal	13	14.0
Solicitudes con dos errores		0.0
Solicitud ilegible y reescrita	9	9.7
Solicitud ilegible y temporal	1	1.1
Total	93	100.0

ANEXOS N°12: Total de errores preanalíticos para el AGS en capilares sobre la muestra.

Errores preanalíticos	Capilar (n=452)	
	n	%
Solicitud ilegible	49	10.8
Solicitud reescrita	40	8.8
Solicitud temporal	14	3.1
Muestra con burbuja	6	1.3
Total solicitudes-muestras con errores	97	21.5

*No hubo casos de muestras con coágulos o hemólisis en capilares.

ANEXOS N°13: Porcentaje de errores preanalíticos en jeringas y capilares para el AGS.



ANEXOS N°14: Total de cada error preanalítico en el AGS en jeringas según los servicios de procedencia.

Errores preanalíticos de jeringas	Servicios								Total	
	Unidades críticas		Medicina Interna		Hospitalizado		Ambulatorio			
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Solicitud ilegible	232	13.8	4	3.8	23	14.7	3	10.0	262	13.3
Solicitud reescrita	44	2.6	1	1.0	5	3.2			50	2.5
Solicitud temporal	12	0.7	2	1.9	8	5.1			22	1.1
Muestra con coágulo	23	1.4	5	4.8	1	0.6	3	10.0	32	1.6
Muestra con hemólisis	1	0.1							1	0.1
Muestra con burbuja	177	10.5	15	14.4	48	30.8	2	6.7	242	12.2
Muestra sin tapón	996	59.1	33	31.7	74	47.4	5	16.7	1108	56.1
Muestra con escaso volumen	213	12.6	19	18.3	17	10.9			249	12.6
Otros*	46	2.7	14	13.5	10	6.4	1	3.3	71	3.6
Total de errores	1219	72.3	56	53.8	111	71.2	9	30.0	1395	70.6
Total sin errores	467	27.7	48	42.3	45	29.5	21	63.3	581	31.4
Total de muestras	1686	100.0	104	100.0	156	100.0	30	100	1976	100

*Otros: Muestras de AGS rechazadas inmediatamente y no se logró registrar la causa de rechazo.

ANEXOS N°15. Total de cada error preanalítico en el AGS en capilares según los servicios de procedencia.

Errores preanalíticos de capilares	Servicios								Total	
	Unidades críticas		Medicina Interna		Hospitalizado		Ambulatorio			
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Solicitud ilegible	1	50		0.0	4	5.9	44	11.9	49	10.8
Solicitud reescrita	2	100	2	15.4	3	4.4	32	8.7	40	8.8
Solicitud temporal	1	50	1	7.7	8	11.8	4	1.1	14	3.1
Muestra con burbuja					2	2.9	5	1.4	7	1.5
Total de errores	2	100	3	23.1	15	22.1	75	20.3	185	40.9
Total sin errores			10	76.9	53	77.9	294	79.7	357	79.0
Total de muestras	2	100	13	100	68	100	369	100	452	100