

ANEXO 3

GUÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS CATEGORÍAS DEL SUELO COMO MATRIZ RECEPTORA DE VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS TRATADAS – ARND-T

De la Resolución:

"Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de Aguas Residuales NO Domésticas Tratadas (ARnD-T) al suelo, y se dictan otras disposiciones"

**DIRECCIÓN DE ASUNTOS SECTORIAL Y URBANA - DAASU
MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
2026**

1 Definiciones técnicas

- **Suelo:** es un componente fundamental del ambiente, natural y finito, constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro, meso y microorganismos que desempeñan procesos permanentes de tipos biótico y abiótico, cumpliendo funciones vitales para la sociedad y el planeta. (MADS - PGSS, 2016).
- **Área de vertimiento:** es la superficie delimitada por al menos 3 puntos georreferenciados, en la cual se asegura que no se presentará escorrentía, infiltración a agua subterránea, encharcamiento, ni degradación física, definida a partir del caudal a verter y la modelación en la zona no saturada.
- **Zona no saturada:** es la proporción de suelo limitado en su parte superior por la superficie topográfica y en su parte inferior por aguas subterráneas o el nivel freático.
- **Infiltración básica:** conocida también como infiltración final. Se refiere a la velocidad con la que el agua entra o penetra en el suelo hasta alcanzar una velocidad constante, un punto de equilibrio o un régimen estabilizado, como se observa en la Figura 1. En este punto se reduce el efecto de las condiciones iniciales de la prueba como el contenido de humedad inicial del suelo y condiciones climáticas, entre otros.

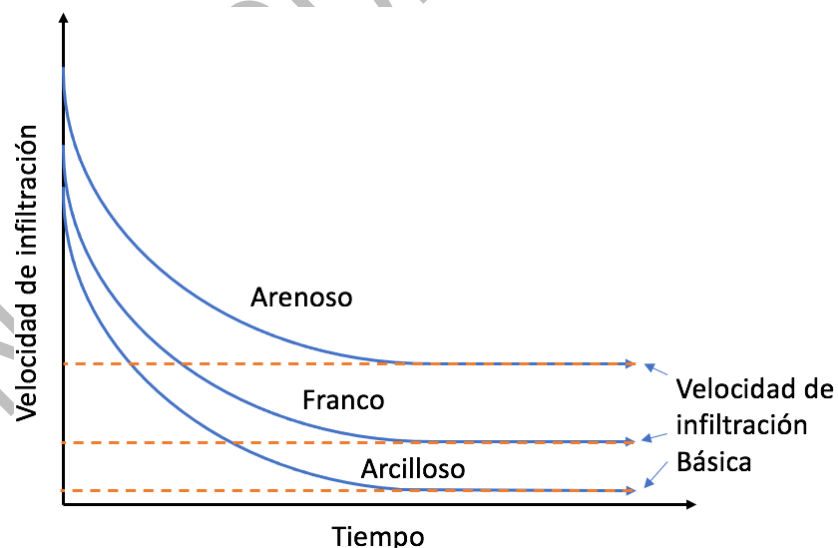


Figura 1: Velocidad de infiltración básica.

Fuente: propia, documento técnico de soporte de la Resolución 0699, (MADS, 2021).

- **Degradación del suelo:** es la reducción o pérdida total de la productividad física, química, biológica del suelo; disminuyendo con ello con ello la capacidad actual o futura de los suelos para seguir



Ambiente

desempeñando sus funciones características. Esto puede obedecer tanto a causas naturales como a causas antrópicas. Uno de los mayores inconvenientes de este problema es que las tasas de degradación suelen ser muy rápidas frente a las tasas de regeneración de este, por lo que se puede considerar, en la práctica, como un recurso no renovable. (MADS - PGSS, 2016), (CAR-Cundinamarca, 2018).

- **Nivel freático:** es la zona superior del suelo que permanece saturada por una duración mayor a un mes, su límite inferior puede coincidir con el límite superior de la zona saturada (FAO, 2017), las estimaciones del límite superior se basan principalmente en observaciones de agua subsuperficial o nivel freático en sitios seleccionados y en la evidencia de una zona saturada que presenta evidencias de condiciones redoximórficas (moteos color gris o gley) (IGAC, 2014).
- **Régimen de Humedad:** se refiere a la presencia o ausencia, ya sea del nivel freático o al agua retenida a una tensión menor de 1500 kPa en el suelo por periodos del año, En consecuencia, se considera un horizonte seco cuando la tensión de humedad es de 1500 kPa o más, y como húmedo si el agua está retenida a una tensión menor a 1500 kPa pero mayor que cero. (Soil Survey Staff & USDA, 2014).

2 Fundamento para el análisis

Con el fin de conservar y proteger el recurso natural suelo de condiciones de degradación irreversible y seguir las directrices para la gestión sostenible del suelo (FAO, 2016), se tiene en cuenta las condiciones intrínsecas de dicha matriz ambiental. Analizando sus características, para lo cual se planteó la Categorización de Suelos para un Vertimiento de ARnDT (CVS), en donde se expone a continuación las variables de cantidad de ARnDT, variables del suelo receptor y el cálculo del CVS para categorizarlo y así definir un límite máximo permisible más o menos estricto conforme a la vulnerabilidad de la matriz receptora.

La información con la cual se elabora la categorización es a partir la establecida en el Decreto único reglamentario 1076 de 2015 artículo 2.2.3.3.4.7, teniendo en cuenta que para Aguas Residuales No domésticas tratadas - ARnDT, se solicitó el levantamiento de línea base del suelo, con características físicas, químicas y biológicas; la línea base de agua subterránea, con nivel freático, parámetros físico-químicos, químicos y microbiológicos; el sistema de disposición de vertimientos, con modelación numérica de flujo y transporte de solutos en el suelo, análisis hidrológico, descripción del sistema de disposición del vertimiento, variación del nivel freático, y el mapa de vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación; área de disposición del vertimiento; plan de monitoreo. Mientras que para las Aguas Residuales Domésticas - ARDT de que trata la resolución 0699 del 2021, debido a su calidad



Ambiente

y cantidad de agua, solo se solicitó información de infiltración, sistema de disposición, área de disposición, y plan de cierre y abandono. Razón por la cual la categorización para ARnDT quedó en función de la infiltración básica, mientras que para las ARnDT se tenían más insumos para categorizar los suelos receptores de vertimientos.

2.1 Categorización de suelos para un vertimiento de ARnDT

Teniendo en cuenta que la finalidad de la presente normativa es definir los límites máximos permisibles (LMP), con los cuales se debe entregar el agua residual NO doméstica tratada al suelo, se tiene en cuenta la matriz receptora suelo de acuerdo con sus características. Para lo cual se propone una categorización del suelo para el vertimiento de ARnDT que determinará la condición de favorabilidad o desfavorabilidad en la que se encuentra el recurso para recibir un vertimiento en determinada calidad y cantidad, y conforme a esa categorización, se definen los LMP más estrictos para los parámetros de interés teniendo en cuenta el sector que produce el agua para un área de vertimiento, minimizando los impactos a la salud pública, el agua subterránea y la posible degradación irreversible, en la escala de tiempo humana, de la matriz suelo.

2.1.1 Variables

En este sentido, y teniendo en cuenta los requerimientos para vertimientos al suelo, se hace uso de variables de la caracterización de la línea base del suelo para las ARnDT, y se priorizaron las variables más sensibles con ayuda de la Mesa Nacional de Suelos. Se propusieron dos grupos de análisis de los parámetros para analizar y evaluar los posibles impactos que se pueden presentar en el área de vertimiento, como lo es la matriz agua, en calidad y cantidad, y la matriz suelos como receptora del vertimiento, como se define a continuación:

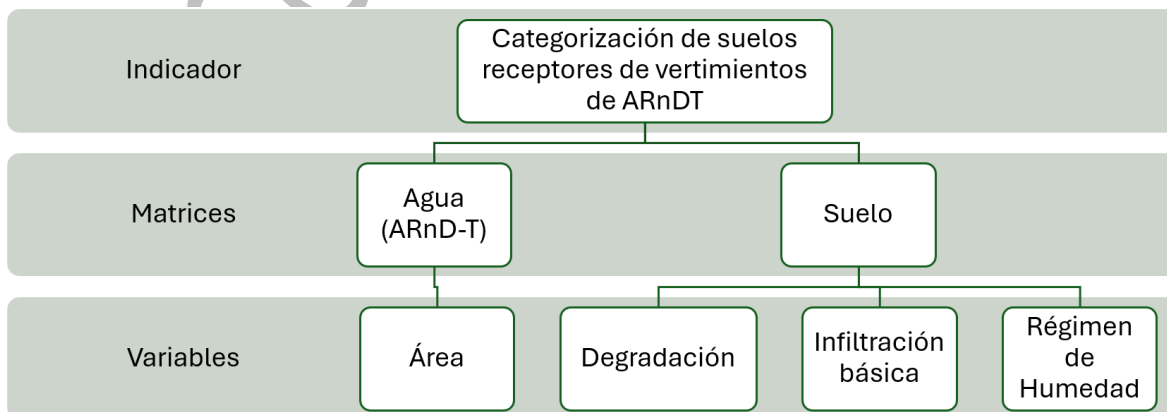


Figura 2: Variables para la categorización de suelos receptores de vertimientos de ARnDT

2.1.1.1 Variables del ARnDT

Esta variable está directamente relacionada con la cantidad de ARnDT que quiere ser vertida en el área de disposición y recopila la información necesaria a partir del proceso de modelación de flujo de agua y transporte de solutos, ya que depende del caudal a verter.

Área: variable que da cuenta de la escala a la cual se pueden llegar a impactar los servicios ecosistémicos específicos que el suelo presta al medio ambiente y al ser humano, donde se pueden presentar afectaciones a la biodiversidad por fragmentación de ecosistemas debido a su escala de impacto, así como posibles conflictos por cambio en el uso y vocación de las tierras.

2.1.1.2 Variables del Suelo

Las siguientes variables fueron seleccionadas por su importancia en la modelación del flujo y transporte de ARnDT en el suelo; además por ser variables sensibles a las características intrínsecas de los suelos, y su práctica medición ya sea en campo o en laboratorio.

- Degradación del suelo: esta variable se refiere a la disminución de la capacidad de producción del suelo o de cumplir con sus funciones ambientales, así como la disminución de su calidad. Los tipos de degradación pueden ser físicos, químicos o biológicos. Para el presente análisis debido a los posibles impactos en un área de vertimiento, se priorizó la degradación por *salinización* y por *erosión*, metodologías que se encuentran para consulta en las bases de datos del IDEAM.
- Infiltración básica: entendida como la variable que evidencia como entra el agua al suelo y su movimiento dentro de la misma matriz cuando alcanza el estado estable o condición de equilibrio del suelo, recopila información de las características del suelo en cuanto a textura, estructura, materia orgánica, procesos de compactación, entre otros, esta variable está articulada en su análisis con la Resolución 0699 del 2021 de vertimiento de ARDT.
- Régimen de Humedad: esta variable da información de la ausencia o presencia del nivel freático a lo largo del tiempo, puede estar asociada a procesos de acumulación de agua por inundaciones, encharcamientos, o por topografía, está relacionada con zonas de recarga de acuíferos y posibles afectaciones al agua subterránea, evidenciando donde el suelo permanece saturado y no tiene capacidad de recibir más agua en su espacio poroso.



Ambiente

2.1.2 Cálculo de Categoría de Vertimiento al Suelo (CVS)

Para llevar a cabo el cálculo del siguiente indicador, se realizó el análisis con profesionales afines al tema edafológico y pares académicos, a través de talleres, encuestas y formularios que recopilaron la información de los diferentes actores académicos, institucionales y gubernamentales que levantan, manejan y publican información de suelos en Colombia.

Como conclusión de ese análisis se hace necesario evidenciar las condiciones o escenarios favorables o desfavorables para llevar a cabo el vertimiento en cada una de las variables mencionadas anteriormente, con el supuesto de que el suelo no tenga condiciones en los cuales se prohíba el vertimiento, para lo cual se define:

- Condición (+), es aquella en la cual el suelo puede aceptar el vertimiento sin impactos irreversibles en la escala de tiempo humana.
- Condición (-), es aquella que evidencia ciertas características que hacen que el suelo sea más vulnerable y propenso a presentar procesos de degradación irreversible en la escala de tiempo humana.

Dichas condiciones se definen para cada variable de la siguiente forma:

Tabla 1: Condiciones para las variables de la CVS

Variable	Condición (+)	Condición (-)
A= Área	<5 ha	≥5 ha
D=Degradación (erosión, salinización)	No hay, muy ligero	Ligero, moderado, severo, muy severo
I =Infiltración básica	Valores entre 16 a 27 mm/h	Valores mayores o iguales a 27 o menores o iguales a 16 mm/h
RG =Régimen de Humedad	Údico, ústico, arídico, tórrido.	Ácuico, peráuico, perúdico

Para el caso del **área**, se establece como umbral una extensión de 5 hectáreas, debido a su relación con el caudal proyectado para el vertimiento. A partir de esta superficie, el volumen de agua dispuesto puede constituirse en un factor detonante que modifique la escala de los impactos generados, requiriéndose áreas de mayor extensión que podrían favorecer procesos de fragmentación de ecosistemas y aumentar la magnitud de los impactos sobre los ecosistemas circundantes.

Relacionado a la variable de **degradación**, sea por salinización o erosión, debido a la disponibilidad de información oficial, se separa la condición de desfavorabilidad desde la condición ligera, escogiendo la condición más desfavorable sea por erosión o salinización, debido a que la aplicación constante



Ambiente

de un vertimiento puntual de ARnDT puede acelerar rápidamente la degradación, según las características propias del área de vertimiento.

El análisis de la variable **infiltración básica**, va en línea con lo desarrollado en la Resolución 0699 del 2021, de vertimiento de ARDT al suelo, en la cual se separa las condiciones extremas de la infiltración básica, donde se pueden presentar procesos de encharcamiento cuando es muy baja la infiltración, o por el contrario, poner en riesgo la calidad del agua subterránea cuando la infiltración es muy alta.

Teniendo en cuenta que el **régimen de humedad** es la evidencia del suelo de la presencia o ausencia del agua en su espacio poroso, y en la misma línea de análisis de la Resolución 0699 del 2021, se separa la condición de desfavorabilidad, para el caso en el que el suelo se encuentra saturado por agua la mayor parte del año, revelando que no está disponible para recibir más agua de un vertimiento puntual.

Ahora bien, al tener las variables que hacen parte del cálculo para categorizar los suelos que reciben vertimientos, se presenta la ecuación preliminar que las reúne así;

$$CVS = A(\%) + D(\%) + I(\%) + RH(\%)$$

Asignando un valor de 0 para la condición favorable (+); y un valor de 1 para la condición desfavorable (-), según sean las características del área de vertimiento para la cual se quiere solicitar el permiso de vertimiento al suelo, valores con los cuales se inicia el cálculo de la categoría que le aplica para los valores de los límites máximos permisibles.

Evidenciando que cada una de las variables tiene una relevancia o participación particular para el escenario de un vertimiento, se realizó una ponderación de estas, asignando un porcentaje de importancia para el tema específico de vertimiento de ARnDT; información que fue sometida a revisión por pares expertos donde se definieron los siguientes porcentajes preliminares: área 30%, degradación por erosión o salinidad 28%, infiltración básica 23%, régimen de humedad 19%.

No obstante, al encontrar valores tan cercanos entre sí, y con el fin de hacer más práctico el indicador con el cual se obtenga un valor escalar para la categoría de vertimiento al suelo (CVS), se agruparon variables de la siguiente forma:

$$CVS = ((A + D) * 0,6) + ((I + RH) * 0,4)$$

Teniendo en cuenta que el CVS solo se puede encontrar en un rango entre 0 y 2 (adimensional), se procede a categorizarlo de acuerdo con la siguiente condición, teniendo en cuenta un factor de seguridad, en donde



Ambiente

aproximadamente el 60% de los resultados sean de las condiciones favorables para el suelo:



Figura 3: Rangos de categorización de vertimiento al suelo

Esto con el fin de ser más estrictos con los límites máximos permisibles de los compuestos analitos que podría tener el agua residual no doméstica que se va a verter en el suelo, sólo en el caso de que el suelo presente condiciones desfavorables para recibir el vertimiento, o que se puedan acelerar procesos de degradación de este disminuyendo los servicios ecosistémicos que este presta al ser humano y al medio ambiente.

Con el fin de mantener armonía normativa con lo establecido en la Resolución 699 de 2021, la cual contempla tres categorías para la definición de los valores límites máximos permisibles, para efectos del ámbito de aplicación del presente anexo se considera que las Categorías II y III definidas en dicha resolución son equivalentes a la Categoría II del presente documento. En consecuencia, a estas les serán aplicables los mismos valores límites máximos permisibles, correspondiendo a aquellos casos con valores mayores o iguales a 3 de CVS.

2.1.2.1 Ejemplo práctico

Ahora bien, se realiza un ejemplo en el cual se tiene el siguiente caso particular:

- Para el caudal proyectado de aguas residuales no domésticas tratadas, se cuenta con un área de vertimiento calculada de **3 hectáreas**.
- Según la búsqueda de información para el área georreferenciada, el IDEAM reporta **degradación moderada** por erosión, y no presenta degradación por salinización.
- Al realizar las pruebas en campo de infiltración básica, teniendo en cuenta que se debieron hacer en 12 lugares para las 3 ha, se encontró que la condición menos favorable fue **baja infiltración**.
- El régimen de humedad evidenciado por el suelo en 2 de sus 3 ha, fue **ácuico**.

Se reemplazan las variables por los valores que toma cada una de las condiciones (0 o 1) conforme a lo definido en la Tabla 2, se sustituye la información en la ecuación de CVS y se realiza el cálculo de la siguiente forma:

$$CVS = ((A + D) * 0,6) + ((I + RH) * 0,4)$$



Ambiente

$$CVS = ((0 + 1) * 0,6) + ((0 + 1) * 0,4)$$

$$CVS = 1$$

En línea con la Figura 2, el resultado del cálculo de CVS igual a 1 se encuentra en la Categoría II, con lo cual se aplicarán los límites máximos permisibles más estrictos para el vertimiento de aguas residuales no domésticas tratadas, con el fin de preservar los recursos suelo y agua subterránea.

3 Bibliografía

- CAR-Cundinamarca. (2018). *Metodologías De Toma De Muestras Para Degradación De Suelos Para Envío a Laboratorio Y/O in Situ Para Diagnóstico Rápido Dirección De Recursos Naturales-Drn*. 1–35.
- FAO. (2016). Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural. In *Boletín De La Tierra Y Su Uso Para La Agricultura Sostenible Y El Desarrollo Rural* (Vol. 5, p. pp.48-59). <http://www.fao.org/tempref/agl/agll/docs/lw5s.pdf>
- FAO. (2017). *Directrices voluntarias para la gestión sostenible de los suelos*. 1 a 15–15. <http://www.fao.org/3/i6874es/I6874ES.pdf>
- FAO, & ITPS. (2015). Chapter 12. Regional assessment of soil changes in Latin America and the Caribbean. In *Status of the World's Soil Resources* (p. 650).
- IGAC. (2014). *INSTRUCTIVO CÓDIGOS PARA LOS LEVANTAMIENTOS DE SUELOS*.
- MADS. (2021). *Resolución 0699 del 2021*.
- MADS - PGSS. (2016). *POLÍTICA PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL SUELO*.
- MADS, ANH, U. Nacional de Colombia, & FUCOLDE. (2020). *Guía para la modelación del flujo de contaminantes en la zona no saturada del suelo*.
- MADS, IDEAM, & U.D.C.A. (2015). *Estudio nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia*. <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023648/Sintesis.pdf>
- Porta Casanellas, J., López-Acevedo Reguerín, M., & Roquero de Laburu, C. (1994). *Edafología: para la agricultura y el medio ambiente* (Mundi-Pren).
- Soil Survey Staff, & USDA. (2014). Claves para la Taxonomía de Suelos (Décima segunda Edición). In Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Ed.), *Departamento de Agricultura de los Estados Unidos* (12th ed.). <https://www.uv.mx/iif/files/2014/10/Tesis-Elba-Pinus-teocote-MC.pdf>